

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ARTHUR PEDROSO VIÇOZZI

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS COM
MINERALIZAÇÕES DE FERRO NO GRUPO BOM JARDIM- CAÇAPAVA DO
SUL-RS-BR**

**Caçapava do Sul
2022**

ARTHUR PEDROSO VIÇOZZI

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS COM
MINERALIZAÇÕES DE FERRO NO GRUPO BOM JARDIM- CAÇAPAVA DO
SUL-RS-BR**

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

Orientadora: Cristiane Heredia Gomes

**Caçapava do Sul
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) .

V638p Viçozzi, Arthur Pedroso

Caracterização petrográfica de corpos com mineralizações de ferro no Grupo Bom Jardim- Caçapava do Sul-RS-BR/ Arthur Pedroso Viçozzi.
43 p.

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

"Orientação: Cristiane Heredia Gomes".

1. Formação Ferrífera Bandada. 2. Petrografia. I. Título.

ARTHUR PEDROSO VIÇOZZI

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DE CORPOS COM MINERALIZAÇÕES DE FERRO NO
GRUPO BOM JARDIM- CAÇAPAVA DO SUL-RS-BR**

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

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em:

23 de março de 2022.

Banca examinadora:

Profª. Drª. Cristiane Heredia Gomes
Orientador
UNIPAMPA

Profª. Drª. Délia Del Pilar Montecinos de Almeida
UNIPAMPA

Prof. Dr. Vinicius Matté
UNIPAMPA

Assinado eletronicamente por **VINICIUS MATTE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em



25/03/2022, às 11:08, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CRISTIANE HEREDIA GOMES, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/03/2022, às 11:22, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **DELIA DEL PILAR MONTECINOS DE ALMEIDA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/03/2022, às 22:08, 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 **0765453** e o código CRC **3B2354F9**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

Dedico este trabalho a minha vó Rosa e ao meu pai Antônio Pedro.

AGRADECIMENTOS

A lista de envolvidos, que contribuiu para este trabalho de conclusão de curso, é extensa. Primeiramente, sou grato a Universidade Federal do Pampa por me proporcionar um ensino de qualidade e gratuito, sempre focando no bem estar dos alunos, servidores e na comunidade em geral. Sou grato, também, aos programas de auxílio financeiro na Unipampa, sendo os de ajuda de custo e os de iniciação científica.

Agradeço, também, a minha família, principalmente a minha mãe Ana Aparecida por sempre acreditar em mim, mesmo depois de optar pela troca de curso, sempre me dando forças, auxílio e amor incondicional. Meu irmão Gabriel que sempre foi meu pilar, amigo e confidente. Meus avós Edson e Terezinha pelo apoio, amor e a dedicação deles por mim e por meu irmão. Meu pai Antônio Pedro que mesmo não estando mais fisicamente entre nós, sei que está orgulhoso de mim. Meu padrasto Volmir que considero meu pai de coração e tenho um enorme respeito e admiração. Agradeço a minha companheira Sabrina que sempre me incentiva a ser cada vez melhor, com seu amor, carinho e companheirismos. Agradeço, também, as minhas tias, primos e amigos que de certa forma contribuíram diretamente e indiretamente na minha formação.

Sou extremamente grato a minha orientadora Cristiane Heredia Gomes, é difícil descrever em palavras o quanto eu a admiro, por sua coragem, determinação, companheirismo e dedicação aos seus alunos, tanto dentro quanto fora da universidade. Os ensinamentos, que por ela me foram passados, nunca serão esquecidos. Mais uma vez, eu sou muito agradecido pelo destino ter cruzado os nossos caminhos.

Aos amigos Guilherme e Jean que a geologia me proporcionou, deixo meus agradecimentos sinceros. Estes facilitaram muito a minha jornada acadêmica através da ajuda nos trabalhos, provas e campos.

Agradeço, também, ao corpo docente do curso de Geologia da Unipampa, Campus Caçapava do Sul, pela dedicação e comprometimento em passar o conhecimento necessário aos seus alunos. Também, sou grato aos técnicos administrativos e aos colaboradores terceirizados que indiretamente contribuem para o bem estar e na formação dos alunos. Por fim, agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa que este trabalho está vinculado.

RESUMO

Neste trabalho será discutido a petrografia de rochas com mineralizações de ferro, inseridas no Grupo Bom Jardim (GBJ) em Caçapava do Sul (RS-BR). O GBJ uma unidade vulcanossedimentar, que ocupa cerca de 670 m de espessura na Sub-Bacia do Camaquã ocidental, neoproterozóica do Terreno São Gabriel (Cinturão Dom Feliciano Oeste). O GBJ é composto de rochas sedimentares e rochas ígneas intermediárias a básicas com afinidade alcalina potássica e piroclásticas. Esse grupo é subdividido em três formações a partir da base, Formação Cerro da Angélica, Formação Hilário e Formação Picada das Graças. O objetivo deste estudo é caracterizar petrograficamente as rochas com mineralizações de ferro do estudo no GBJ. Para que o objetivo proposto nesse estudo fosse alcançado se realizou uma etapa de pré-campo, onde foi realizada a revisão bibliográfica, uma etapa de campo, onde foram realizados três dias campo, dois de coleta de amostras para a confecção das lâminas petrográficas e um para identificação das rochas encaixantes, e uma etapa de pós-campo, onde foram realizadas as descrições macro e microscópicas. Os resultados da identificação das rochas encaixantes geraram um mapa de pontos e litológico onde é possível observar que as rochas do estudo afloram na drenagem e as rochas encaixantes da Formação Hilário e Formação Picada das Graças circundam as mesmas. Os resultados da petrografia, mostram que as rochas do estudo apresentam uma mineralogia composta principalmente de quartzo e hematita/magnetita intercalada entre micro a mesobandas. Foram identificadas duas fácies, a fácies óxido com predominância de hematita/magnetita em relação ao quartzo, que preservou o bandamento primário da rocha e a fácies silicato, que predomina o quartzo em relação a hematita/magnetita e apresenta um bandamento secundário gerado por metassomatismo e tectônica. Os resultados obtidos através da petrografia no estudo, sugerem que as rochas do estudo podem ser caracterizadas como FFB ou como uma mineralização de ferro nos arenitos da Formação Picada das Graças. Entretanto estudos geoquímicos de elementos maiores e menores, química mineral de detalhe (mev, microsonda), isotopia de estáveis e datação seriam necessários para comprovar realmente se essas rochas são FFB assim como o tipo de FFB. Deste modo a hipótese de ser uma mineralização de ferro na forma de veios de hematita/magnetita, intercaladas entre as bandas de quartzo seria a mais aceita neste estudo.

Palavras-Chave: Formação Ferrífera Bandada, Petrografia.

ABSTRACT

This paper will discuss the petrography of rocks with iron mineralization, inserted in the Bom Jardim Group (BJG) in Caçapava do Sul (RS-BR). The BJG is a volcanosedimentary unit, which occupies some 670 m thick in the western, Neoproterozoic Camaquã Sub-basin of the São Gabriel Terrane (Dom Feliciano West Belt). The BJG is composed of sedimentary rocks and intermediate to basic igneous rocks with potassic alkaline affinity and pyroclastics. This group is subdivided into three formations from the base, Cerro da Angelica Formation, Hilário Formation, and Picada das Graças Formation. The objective of this study is to petrographically characterize the rocks with iron mineralization from the study in the Bom Jardim Group. In order to reach the objective proposed in this study, there was a pre-field stage, where the bibliographical review was carried out, a field stage, where three field days were held, two for sample collection for the making of petrographic thin section and one for the identification of the surrounding rocks, and a post-field stage, where the macro and microscopic descriptions were made. The results of the identification of the surrounding rocks generated a point and lithological map where it is possible to observe that the rocks of the study outcrop in the drainage and the surrounding rocks of the Hilário Formation and Picada das Graças Formation surround them. The results of the petrography, show that the rocks of the study present a mineralogy composed mainly of quartz and hematite/magnetite intercalated between micro to mesobands. Two facies were identified, the oxide facies with predominance of hematite/magnetite over quartz, which preserved the primary banding of the rock and the silicate facies, which predominates quartz over hematite/magnetite and presents a secondary banding generated by metastomatism and tectonic. The results obtained through petrography in the study, suggest that the study rocks can be characterized as BIF's or as iron mineralization in the sandstones of the Picada das Graças Formation. However major and minor element geochemical studies, detailed mineral chemistry (mev, microprobe), isotopy of unstables and dating would be needed to really prove if these rocks are BIF's as well as the type of BIF's. Thus the hypothesis of being iron mineralization in the form of hematite/magnetite veins, intercalated between the quartz bands would be the most accepted in this study.

Keywords: Banded Iron Formation, Petrography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de detalhe da área do estudo	15
Figura 2 – Mapa geotectônico..	16
Figura 3 - Mapa geológico do TSG	18
Figura 4 - Mapa Geológico e de localização da área do estudo	21
Figura 5 - Seção esquemática de uma bacia hipotética, representando as zonas das fácies das FFB do tipo Lago Superior	23
Figura 6 - Ambientes deposicionais de formação das FFB	24
Figura 7 - Tipo de rochas encaixantes das FFB em relação a profundidade do ambiente deposicional	24
Figura 8 - Mapa de pontos	27
Figura 9 - Mapa litológico de detalhe da área do estudo	28
Figura 10 – Fotos das rochas do estudo no afloramento.	30
Figura 11 - Fotomicrografia da fácies óxido das rochas do estudo.	32
Figura 12- Fotomicrografia da fácies óxido das rochas do estudo..	33
Figura 13 - Fotomicrografia da fácies silicato das rochas do estudo.	34
Figura 14 - Fotomicrografia da fácies silicato das rochas do estudo.	35
Figura 15 - Fotomicrografia da fácies silicato das rochas do estudo	36

LISTA DE SIGLAS

BIFs- *Banded Iron Formation*

BP- Batólito Pelotas

BR- Brasil

CGCS- Complexo Granítico Caçapava do Sul

CPF- Complexo Passo Feio

ESRG -Escudo Sul-Rio-Grandense

FFB- Formações Ferríferas Bandadas

FS- Fácies silicato

FO- Fácies óxido

GBJ- Grupo Bom Jardim

RS- Rio Grande do Sul

TNP- Terreno Nico Perez

TSG- Terreno São Gabriel

TT- Terreno Tijucas

VMS- Sulfeto Massivo Vulcanogênico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	13
2.1. Geral	13
2.2. Específicos.....	14
3 JUSTIFICATIVA.....	14
4 ÁREA DE ESTUDO	14
5 CONTEXTO GEOLÓGICO	16
5.1. Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG).....	16
5.1.1. Terreno São Gabriel (TSG)	17
5.1.2. Complexo Passo Feio (CPF).....	19
5.1.3. Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS).....	19
5.2. Área do Estudo - Grupo Bom Jardim (GBJ).....	20
6. FORMAÇÕES FERRÍFERAS BANDADAS (FFB): ESTADO DA ARTE.....	22
7 MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
7.1. Etapa Pré-campo	25
7.1.1. Revisão Bibliográfica.....	25
7.2. Etapa de Campo.....	25
7.3. Etapa Pós-campo	26
7.3.1. Descrição Macroscópica.....	26
7.3.2. Descrição Microscópica.....	26
8 RESULTADOS	26
8.1. Identificação das Rochas Encaixantes	26
8.3. Petrografia macroscópica	29
Fonte: Autor.	30
8.3. Petrografia microscópica	30
9 DISCUSSÕES.....	37
10 CONCLUSÃO	39

1 INTRODUÇÃO

Metais base são essenciais para a sociedade moderna e industrializada. Desde o início da idade do Bronze, até os tempos atuais, as demandas por esses metais só aumentaram. A demanda de minério de ferro tem aumentado nas últimas décadas liderada pela China, essa que representa 55% do consumo mundial (Carvalho, 2014). Nesse sentido, estudos prospectivos técnico-científicos desse metal são de grande utilidade e relevância.

A principal fonte do minério de ferro utilizado atualmente são as formações ferríferas. Segundo Carvalho (2014), essas são divididas em cinco categorias principais: as sedimentares acamadadas; as formadas por soluções hidrotermais; as relacionadas a atividades vulcânicas; as relacionadas a processos de metamorfismo e/ou deformação; e as resultantes de alteração e acúmulo na superfície terrestre. Dentre essas, as que apresentam as concentrações mais elevadas de ferro são as sedimentares acamadadas, conhecidas, também, como Formações Ferríferas Bandadas (FFB) do inglês *Banded Iron Formation* (BIFs). Essas são geralmente de idades pré-cambrianas e são formadas a partir da deposição de sedimentos químicos ricos em ferro intercalados com quartzo, *chert*. (JAMES, 1966).

As principais FFB no Brasil estão localizadas no Quadrilátero Ferrífero, Província Mineral de Carajás e na região de Corumbá, sendo denominadas de Itabirito (ESCHWEGE, 1822).

No Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG), são encontradas Formações Ferríferas Bandadas no Complexo Coxilha do Batovi (SCHMITT, 1995; SALVI e PHILIPP, 2019) e no Complexo Metamórfico Arroio Marmeleiro (JACUNIAK, 2015). Em Caçapava do Sul, RS, Reischl et al. (1982), descreveram ocorrências de ouro em Formações Ferríferas entre os metamorfitos de fácies xistos verdes do Complexo Passo Feio (CPF). Entretanto, as informações sobre as Formação Ferríferas são pouco abordadas, apenas com uma breve descrição de campo.

2 OBJETIVOS

2.1. Geral

O objetivo geral deste estudo é caracterizar petrograficamente as rochas do estudo com mineralizações de ferro no Grupo Bom Jardim (GBJ) na região de Caçapava do Sul.

2.2. Específicos

Realizar trabalhos de campo para a identificação das rochas do estudo. Coletar amostras para realizar estudos petrográficos através de lâminas delgadas, buscando compreender a relação da mineralização nas rochas. Identificar as rochas encaixantes para entender o contexto geológico da região do estudo

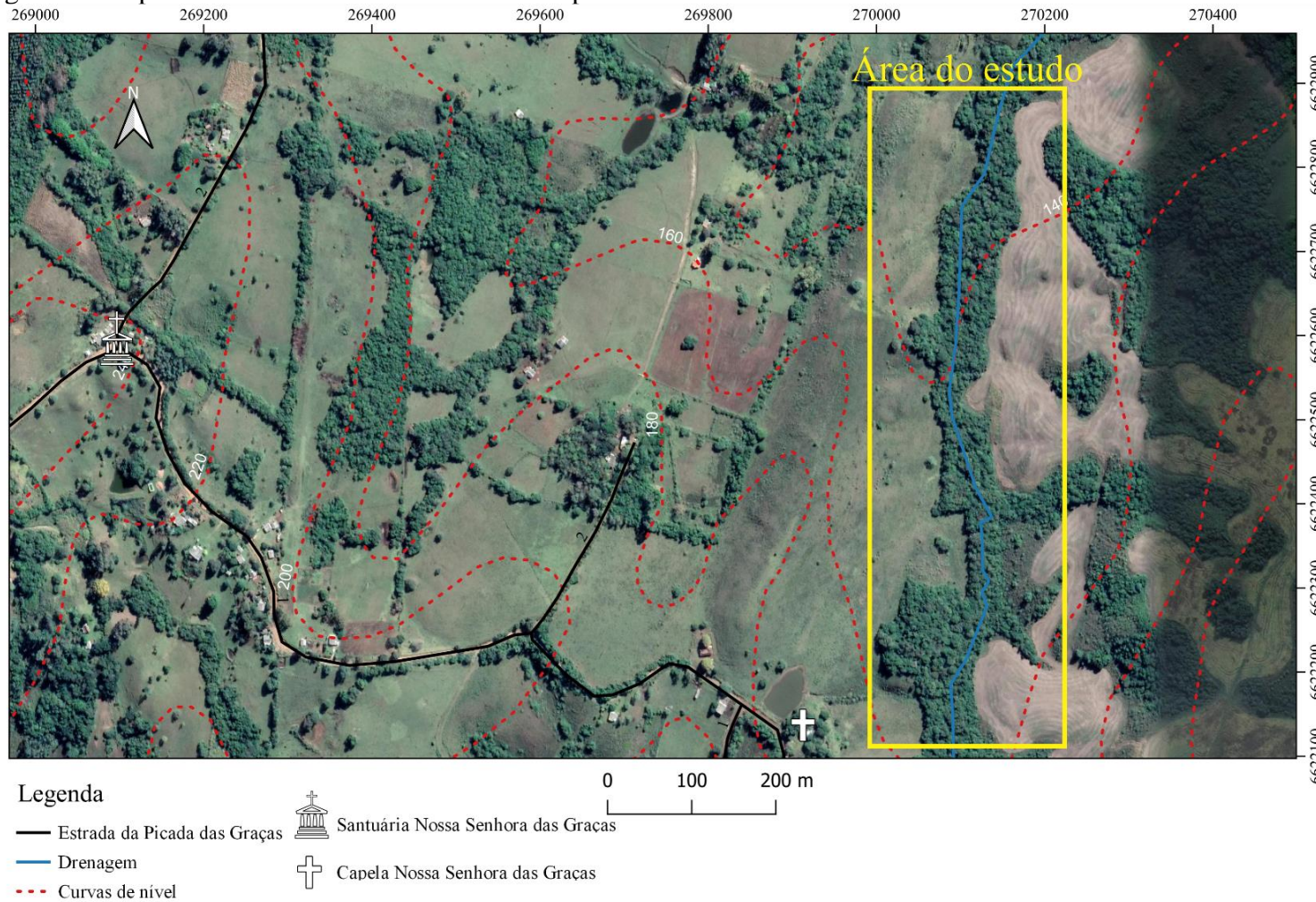
3 JUSTIFICATIVA

Esse trabalho se justifica por sua contribuição aos estudos técnico-científicos relacionados as mineralizações de ferro e outros metais base na região de Caçapava do Sul e no ESRG e pela proximidade da área do estudo em relação a UNIPAMPA, facilitando o deslocamento e a viabilidade da realização das atividades de campo.

4 ÁREA DE ESTUDO

A área do estudo se localiza na porção Centro-Sul do estado do Rio Grande do Sul. Saindo da capital Porto Alegre, percorre-se 240 km através da BR-290 até o entroncamento com a BR-392, seguindo a mesma por 15 km sentido sul, até a cidade de Caçapava do Sul. A área de estudo é situada a aproximadamente 11 km da cidade de Caçapava do Sul, na região da Picada das Graças (Figura 1). A partir da cidade de Caçapava do Sul, se dirige para leste, na estrada conhecida como estrada da Picada das Graças por 10 km até o Santuário Nossa Senhora das Graças. Deste ponto, continua-se na estrada principal por mais 1 km até a Capela Nossa Senhora das Graças. A área de estudo se localiza a aproximadamente 500 m no sentido nordeste a partir da capela, encaixada em uma drenagem (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de detalhe da área do estudo com aproximadamente 600 m²



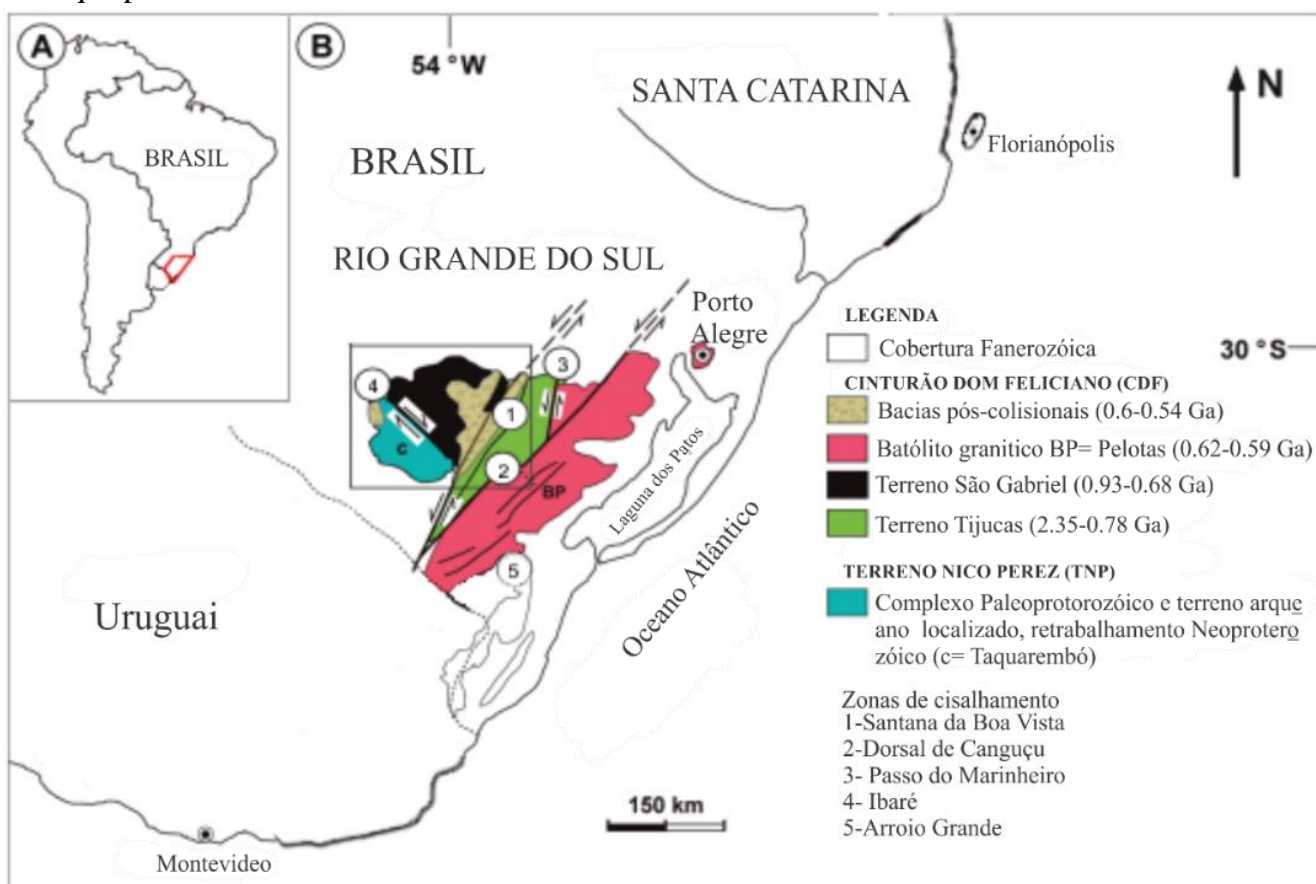
Fonte: Extraído e adaptado de Hasenack e Weber (2010) e Google Earth.

5 CONTEXTO GEOLÓGICO

5.1. Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG)

O Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG) situa-se na porção sul da Província Mantiqueira (Figura 2 B). O ESRG é representado pelo Terreno Nico Perez (TNP), a oeste, como sendo uma unidade paleoproterozoica. O TNP, também, denominado de Terreno Taquarembó (HARTMANN et al., 2000), é representado pelas rochas metamórficas paleoproterozóicas do Complexo Granulítico Santa Maria Chico, rochas metassedimentares paleoproterozóicas do Complexo Marmeleiro e Complexo Batovi, intrudidas e retrabalhadas pelo magmatismo Ediacarano das Suítes Saibro, Vauthier e Santo Afonso, e pela Formação Acampamento Velho (OYHANTÇABAL et al., 2011; RAPELA et al., 2011; PHILIPP et al., 2016a; LAUX, 2017; MATTÉ et al., 2021).

Figura 2 – Mapa geotectônico. A) Localização do CDF na América do Sul e no Rio Grande do Sul: B) Mapa geotectônico da porção sul da Província da Mantiqueira, destaque para as unidades do CDF e TNP.



Fonte: Adaptado de Philipp et al. (2018).

A porção leste do ESRG é composta pela unidade neoproterozoica Cinturão Dom Feliciano (CDF), subdividido em três principais unidades geotectônicas (Figura 2 B), sendo essas: Terreno Tijucas (TT), Terreno São Gabriel (TSG), onde se encontra a área de estudo, e Terreno Pelotas (TP)/Batólito Pelotas (BP) A construção do cinturão envolveu três eventos orogênicos, denominados de Passinho (0,9-0,85 Ga), São Gabriel (0,78-0,72 Ga) e Dom Feliciano (0,65-0,54 Ga) (CHEMALE et al., 1995; HARTMANN et al., 2000; SAALMANN et al., 2010; PHILIPP et al., 2018; PORCHER et al., 2021).

5.1.1. Terreno São Gabriel (TSG)

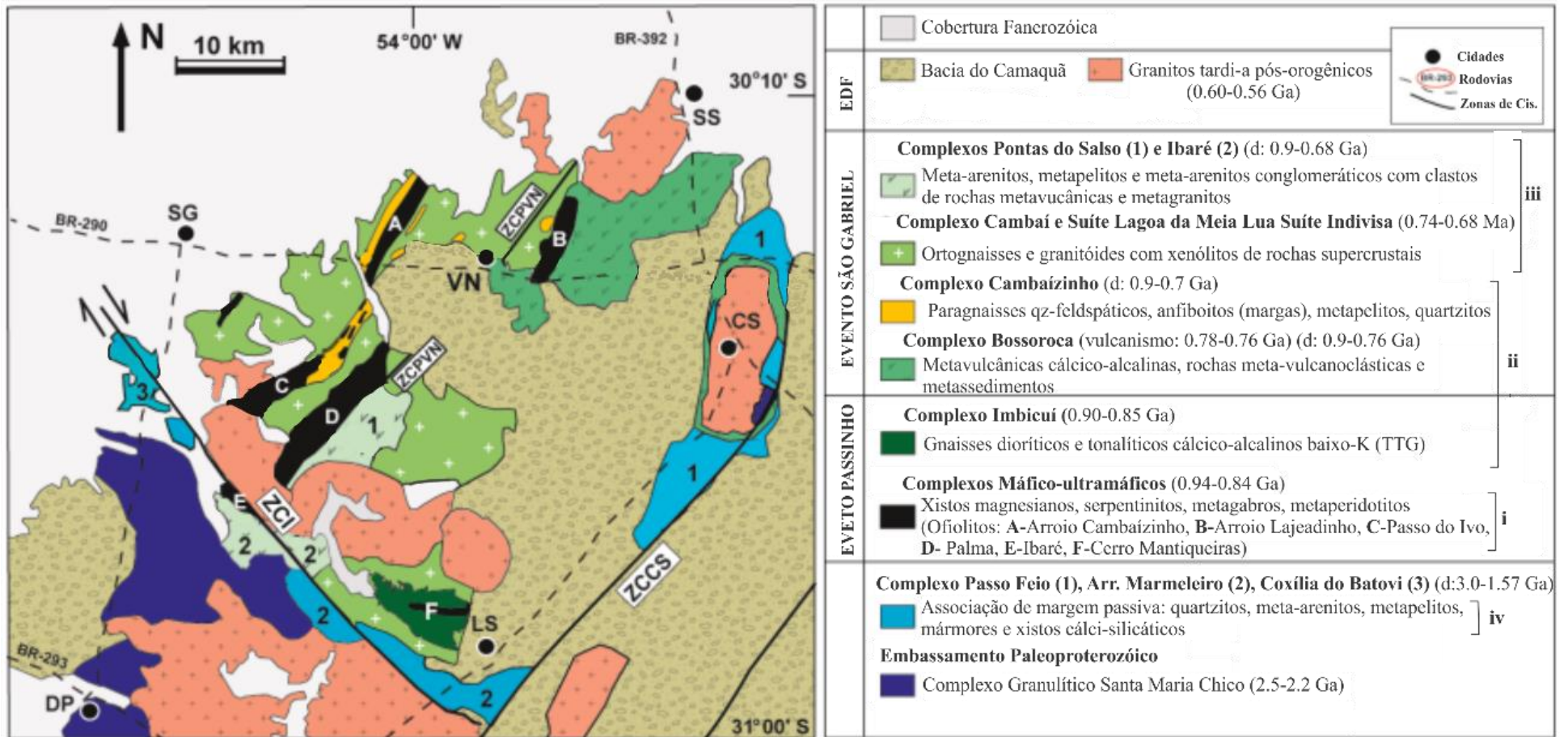
Existem diversos estudos geotectônicos no Terreno São Gabriel, os quais fomentaram a construção do conhecimento científico até hoje. Entre esses estudos se destacam os trabalhos de LEITE et al. (1998), Saalman et al. (2005, 2006,2010), Hartmann et al. (2011) Lena et al. (2014), Gubert et al. (2016), Philipp et al. (2016), Vedana et al. (2017), Laux et al. (2017), Philipp et al. (2018, 2021).

O TSG ocupa a porção oeste do CDF (Figura 3), apresentando dimensões de 100 por 60 km, aproximadamente. As porções oeste e norte são cobertas pelas unidades fanerozóicas da Bacia do Paraná. É limitado a sul pela Zona de Cisalhamento Ibaré (ZCI) e a leste pela Zona de Cisalhamento Caçapava do Sul (ZCCS) (CHEMALE, 2000; SAALMANN et al., 2010; PHILIPP et al., 2018).

O TSG é composto por dois arcos juvenis, de idade Toniana (Passinho, 879 Ma e São Gabriel, 758-700 Ma), intercalados com complexos ofiolíticos e com metassedimentares de margem passiva. Essas rochas são cobertas por sequências vulcânicas e sedimentares, de idades ediacaranas, da Bacia do Camaquã, intrudidas por granitos pós-tectônicos (PHILIPP et al., 2018,2021, KOESTER et al., 2021).

Em relação as diferentes unidades do TSG e como essas podem ser agrupadas em associações petroectônicas, existem certas discussões e distinções entre os trabalhos publicados já citados. Nesse sentido, nesse estudo optou-se pelo modelo de Philipp et al. (2021), que sugere a divisão do TSG em quatro associações petroectônicas: (i) Prisma Acrescionário da Palma; (ii) associações de arco magmático; (iii) magmatismo e sedimentação tardi-orogênica; (iv) associações de margem passiva (Figura 3).

Figura 3 - Mapa geológico do TSG (EDF-Evento Dom Feliciano). Zonas de cisalhamento: ZCCS-Caçapava do Sul, ZCDC-Dorsal do Canguçu, ZCI-Ibaré e ZCPVN-Palma-Vila Nova do Sul. Cidades: DP - Dom Pedrito, CS - Caçapava do Sul, LS - Lavras do Sul, VN - Vila Nova do Sul e SG - São Gabriel. Associações petrotectônicas: i- Prisma Acrecionário da Palma, ii- associações de arco magmático, iii- magmatismo e sedimentação tardi-orogênica, iv- associações de margem passiva.



Fonte: Adaptado de Philipp et al. (2021).

5.1.2. Complexo Passo Feio (CPF)

O Complexo Passo Feio tem sido descrito e estudado por diversos autores ao longo de décadas, sendo o primeiro estudo realizado por Ribeiro (1966). Algumas denominações para as rochas do CPF já foram utilizadas, “rochas da cabeceira do Vacacaí”, “Formação Vacacaí” (Goñi et al., 1962) e “Formação Passo Feio” (Remus et al., 2000). Entretanto, a mais conhecida e mais adotada pela comunidade acadêmica foi a definida por Bitencourt (1983) intitulado “Complexo Metamórfico Passo Feio”. Nesse estudo se optou em utilizar-se a denominação de “Complexo Passo Feio” definido por Lopes et al. (2015), que tem sido adotado por outros autores em trabalhos mais recentes.

O CPF ocupa a borda leste do Terreno São Gabriel, onde datações K/Ar realizadas em cristais de muscovita indicam idades entre 666 e 556 Ma (Soliani Jr., 1986). Esse foi intrudido pelo Complexo Granítico Caçapava do Sul em torno de 560 Ma (Remus et al., 2000).

O CPF é composto por sequências de metapelitos, anfibolitos, rochas metavulcanoclásticas, metavulcânicas, mármore, rochas calcissilicáticas, quartzitos, xistos magnesianos, rochas quartzo-feldspáticas, metagabros e rochas ultramáficas metamorfizadas (Figura 4) (Ribeiro et al., 1966; Bitencourt, 1983).

Estas rochas representam dois eventos metamórficos regionais M1 e M2, onde o primeiro atinge a fácies anfibolito inferior, zona da estauroлита, com caráter de baixa pressão devido a concentrações de andaluzita, e o segundo demonstra-se retrogressivo atingindo a fácies xisto verde com clímax associado a zona da biotita. Ambos associados a eventos dínamo-termiais acompanhados de duas fases deformacionais, D1 e D2, ocorrendo, também, uma terceira fase deformacional posterior, responsável pela geração da estrutura antiformal regional (Ribeiro et al, 1966; Bitencourt, 1983).

5.1.3. Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS)

O Complexo Granítico Caçapava do Sul foi denominado por Leinz et al. (1941) como Batólito Granítico de Caçapava do Sul. Posteriormente, Ribeiro et al. (1966) denomina de Granito de Caçapava e Bitencourt (1983) como Complexo Granítico de Caçapava do Sul.

O CGCS possui uma extensão de 25 km, em forma de corpo elíptico com o eixo maior orientado na direção N-S. NARDI e Bitencourt (1989) dividiram o CGCS em três fácies (Figura 4): biotita granitoides, granitoides bandados e leucogranitides. Remus et.

al (1999) e Remus et al. (2000) utilizando U-P (microsonda iônica sensível de alta resolução de massa) obteve idades de 565 ± 14 Ma e 589 ± 5 Ma respectivamente.

A fácies biotita granitoide apresenta cor acinzentada em face alterada e rosa em face sã, com teor de máficos maior que 10% e predominância de biotita em relação a anfibólio. Ocupa as porções sudoeste e oeste do complexo. A fácies leucogranitóide apresenta coloração rosada, com baixo teor de minerais máficos e predomínio de minerais de K-feldspato, quartzo e plagioclásio. Englobam a maior parte do complexo, principalmente a porção norte. A fácies granitoides bandados tem características intermediárias em relação as outras duas fácies e apresenta foliação milonítica. Ocupa predominantemente a porção oriental na borda do complexo em contato com as rochas do CPF (NARDI e BITENCOURT, 1989).

Machado (2017) identificou veios de hematita no Granito Santos Ferreira, gerados por forte controle estrutural e litológico, que ocorrem predominantemente encaixadas em estruturas rúpteis. O autor ainda sugere que essas mineralizações podem estar associadas a intrusão dos granitos Caçapava e Santo Ferreira.

5.2. Área do Estudo - Grupo Bom Jardim (GBJ)

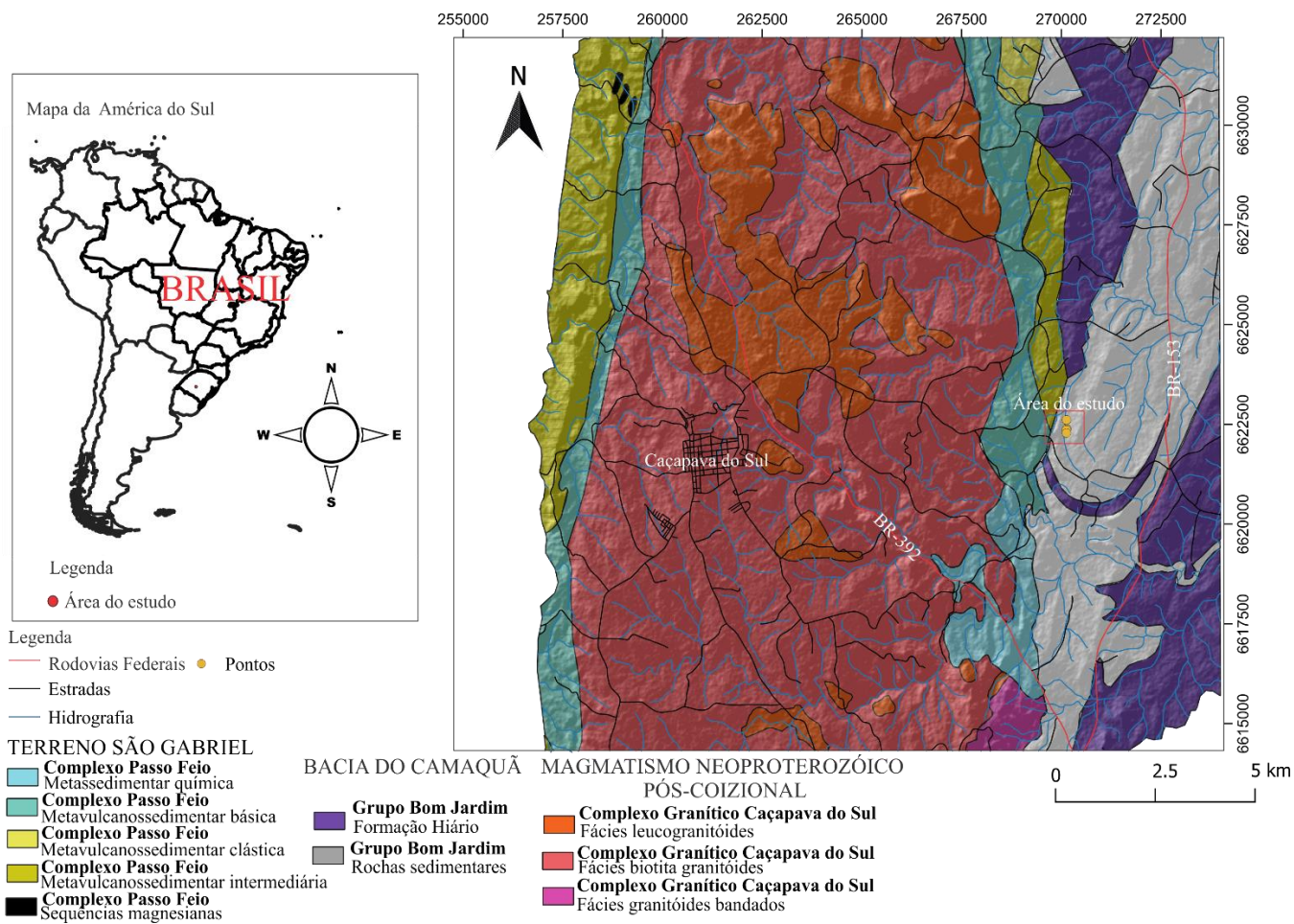
O Grupo Bom Jardim é onde a área do estudo está inserida. Esta é uma unidade vulcanossedimentar, que ocupa cerca de 670 m de espessura na Sub-Bacia do Camaquã ocidental (Janikian et al., 2005). É composto de ritmitos inferiores, conglomerados intermediários, arenitos e pelitos superiores e extrusivas latíticas, andesíticas e dacíticas, de composição intermediária a básica com afinidade alcalina potássica. Além de tufos grossos ricos em cristal e vítreos, lapili-tufos e brechas (Janikian et al., 2005).

Esse grupo, foi primeiramente dividido nos subgrupos Arroio dos Nobres e Crespos, constituídos pelos Membros Mangueirão e Vargas, e pela Formação Hilário, respectivamente (Ribeiro, 1966).

Entretanto Janikian (2003) abandona os termos Mangueirão e Vargas para as rochas sedimentares da unidade, na nova proposta que é a mais aceita hoje em dia. O GBJ foi subdividido em três formações a partir da base: (i) Formação Cerro da Angélica, que são as rochas sedimentares geradas em ambientes lacustres de leques subaquáticos, (ii) Formação Hilário como as rochas vulcânicas e vulcanoclásticas intermediárias e subordinadamente ácidas, colocadas em ambientes subaquáticos e subaéreos, com turbiditos deltaicos intercalados, e (iii) Formação Picada das Graças, composta por

depósitos areníticos e conglomeráticos de ambientes deltaicos e por depósitos conglomeráticos fluviais.

Figura 4 - Mapa Geológico e de localização da área do estudo



Fonte: Adaptado de UFRGS (1998).

A Formação Hilário (Figura 4) compreende rochas vulcânicas de composição básica, intermediária e ácida (basaltos, latito-basaltos, latitos, andesitos e riolitos) alocadas em ambiente subaquático, com rochas subordinadas piroclásticas (lapilli-tufos, tufos grossos líticos e vítreos) depositadas por processos de fluxos de gravidade ou decantadas em água (Janikian et al., 2003). Cordani et al. (1974) obteve idades de 510 e 535 Ma utilizando o método Rb/Sr. Dados de $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (microsonda iônica sensível de alta resolução de massa) foram utilizados no Andesito Hilário, por Remus et al. (2000) e se obteve a idade de 580 Ma. Janikian et al. (2008) obteve as idades de 590 a 585 Ma, que são interpretadas como representativas da extrusão da Formação Hilário, sendo a idade U-Pb de $590 \pm 5,7$ Ma obtida no Andesito Hilário, como a mais representativa.

Almeida et al, (2012), obteve a idade de $591,8 \pm 3,0$ Ma pelo método U/Pb em zircões. Esta idade define a idade lamprófira que pertence à manifestação do vulcanismo Hilário.

Em seu estudo Borba (2007) caracteriza a bacia deposicional do GBJ como uma bacia assimétrica, possivelmente relacionada a esforços compressoriais, com relevo mais significativo a leste e atividade vulcânica a oeste. No leste, predominariam áreas-fonte metassedimentares do Complexo Porongos, enquanto no oeste estariam representadas as rochas vulcânicas da Formação Hilário, que ocupava o cráton e os terrenos de acreção previamente estabilizados. Os detritos derivados das rochas vulcânicas da Formação Hiário, assim como fragmentos metamórficos e quartzo sugerem proveniência típica de “arco transicional”.

Lehn (2019) encontrou microfósseis presentes na Bacia do Camaquã de idades ediacaranas, nas rochas dos Grupos Maricá, Bom Jardim e Santa Bárbara. Esses microfósseis são restritos de ambiente marinho e lacustre, logo a autora sugere uma possível ligação entre ambiente marinho e lacustre durante a evolução da Bacia do Camaquã.

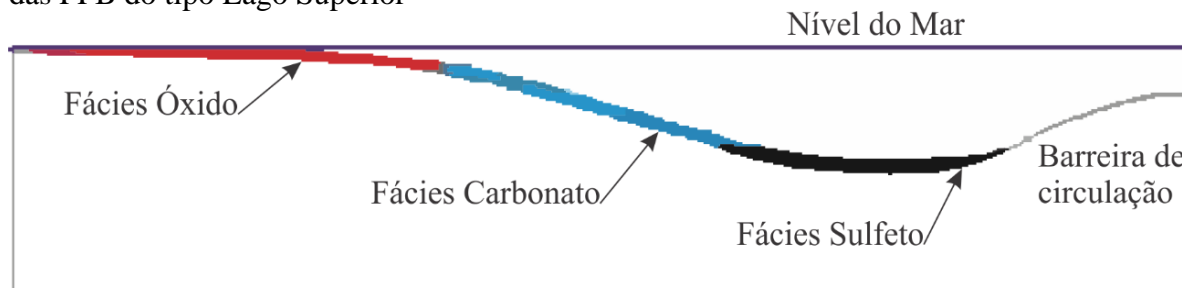
6. Formações Ferríferas Bandadas (FFB): Estado da Arte

Formação Ferrífera, do inglês “*iron formation*”, é um termo que foi formulado na região do Lago Superior nos EUA por James (1954) como um “sedimento químico bandado, com mais de 15% de ferro e não necessariamente contendo camadas de *chert*”. Anos mais tarde, Gross (1965) e James (1966) complementaram o conceito de JAMES (1954) acrescentando: “onde os minerais ferrosos são comumente intercalados com quartzo, *chert* ou carbonato, e as bandas de ferro são concordantes com as estruturas bandadas da rocha sedimentar, vulcânica ou metassedimentar encaixante”.

James (1954), a partir da variação lateral ao longo de uma mesma bacia deposicional, dependendo da profundidade, Ph e Eh e do estrato deposicional sugeriu uma divisão em três fácies para as FFB do tipo Lago Superior: óxido, carbonato e sulfeto (Figura 5). A fácies óxidos se deposita no topo da bacia, na parte mais rasa onde a disponibilidade de oxigênio é maior. Essa fácies se intercala entre minerais de hematita/magnetita e *chert*. Na base da bacia, ou seja, na zona mais profunda, a disponibilidade de oxigênio é mais escassa, não sendo possível a dissolução da matéria orgânica. Sendo assim, o enxofre proveniente dessa matéria orgânica se transforma em sulfeto de hidrogênio (H₂S), que reage com os íons de ferro presentes na água do mar e

precipita na forma de pirita, gerando assim a fácies sulfeto. Na transição entre a zona mais profunda e a mais rasa depositam-se as fácies carbonato na forma de siderita e ankerita (JAMES, 1954; GIACOMELI, 2011).

Figura 5 - Seção esquemática de uma bacia hipotética, representando as zonas das fácies das FFB do tipo Lago Superior



Fonte: Extraído e adaptado de James 1954 apud Giacomeli (2011).

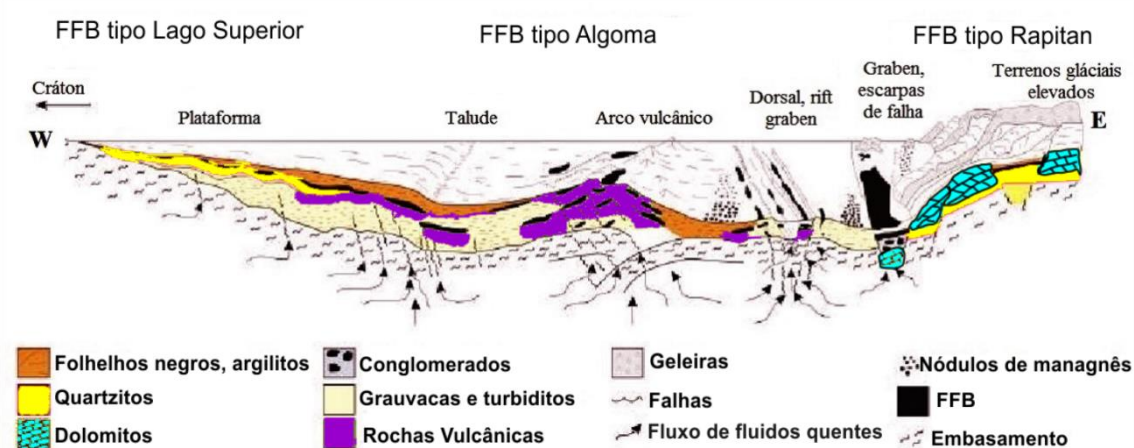
De acordo com Gross (1965, 1980, 1993) existem três principais classificações para as FFB: Tipo Algoma, Tipo Lago Superior e Tipo Raptan (Figura 6).

O Tipo Algoma se forma próximo a centros vulcânicos, iniciando a deposição próximo aos centros efusivos, exalativos e hidrotermais, e migrando para dentro da bacia, entre fluxos de lavas e complexos sedimentares de deltas. Está associado a rochas vulcânicas, grauvacas, turbiditos, folhelhos e rochas sedimentares de bacias arqueanas. Fácies óxido, silicato e carbonato são comuns nesse tipo, assim como no Tipo Lago Superior.

O Tipo Lago Superior é largamente depositado ao longo de plataformas relativamente rasas de bacias, entre as rochas proterozóicas. Está associado com quartzitos e folhelhos.

O Tipo Raptan ocorre em margens continentais, principalmente em grábens ou bacias sobre escarpas de falha, entre sequências de rochas neoproterozoicas a paleozoicas. Está associado com quartzitos, folhelhos e conglomerados.

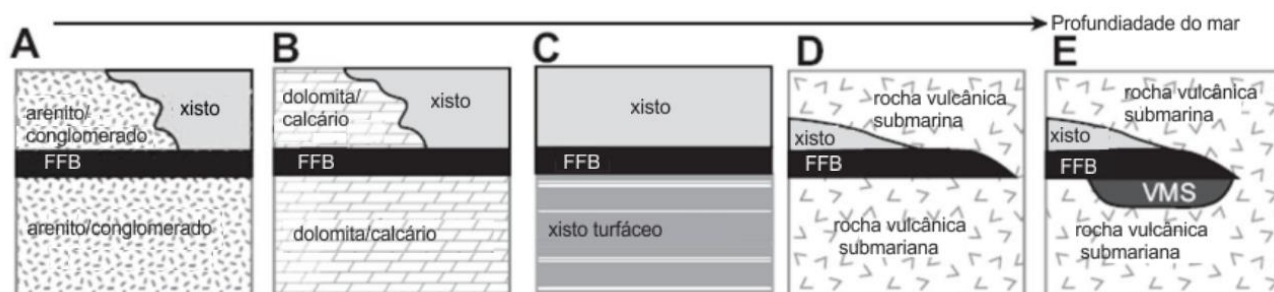
Figura 6 - Ambientes deposicionais de formação das FFB



Fonte: Extraído e adaptado de Gross (1993).

As rochas encaixantes, também, auxiliam na classificação, através da relação com o tipo de depósitos associados às FFB (Figura 7). Rochas encaixantes depositadas em ambiente profundo e próximas a fontes hidrotermais, geralmente estão relacionadas com depósitos tipo Sulfeto Massivo Vulcanogênico (VMS) e à Fácies sulfeto (OHMOTO et al., 2006).

Figura 7 - Tipo de rochas encaixantes das FFB em relação a profundidade do ambiente deposicional



Fonte: Adaptado de Ohmoto et al., (2006).

7 MATERIAIS E MÉTODOS

A petrografia das rochas do estudo envolveu uma gama de processos metodológicos quantitativos e qualitativos. Para que os objetivos propostos nesse estudo fossem alcançados foi proposta a execução em três etapas: 1- Pré-campo; 2- Campo; 3- Pós-campo.

Este estudo é vinculado ao projeto de pesquisa “A Nanogeoquímica no reconhecimento de Indicadores Prospectivos de Depósitos Minerais na região Centro-Sul

do Rio Grande do Sul” com apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e a Universidade Federal do Pampa, sob a coordenação da Prof. Dr^a Cristiane Heredia Gomes.

7.1. Etapa Pré-campo

7.1.1. Revisão Bibliográfica

Esta etapa foi realizada ao longo de todo o estudo, em decorrência de objetivar uma fundamentação teórica sólida. Foram buscados dados bibliográficos já publicados relacionados com mineralizações de ferro e FFB, tectônica regional e local, contexto geológico do ESRG, TSG, CPF, GBJ e CGCS. Juntamente com o levantamento de dados bibliográficos, foram verificadas imagens de satélite no programa Google Earth Pro e arquivos em formato *Raster* e *shapefile*, fornecidos por Hasenack e Weber (2010) e CPRM (2013). Foram gerados mapas de localização e geológico utilizando Datum Sirgas 2000, no programa Qgis Hannover 3.16.6.

7.2. Etapa de Campo

Consiste na obtenção de dados geológicos através do reconhecimento da área, descrição de rochas, fotografia dos afloramentos, coleta e identificação de amostras. Os pontos de coleta de amostras foram identificados com as siglas “BFxx”, onde “xx” representa o número do ponto em ordem crescente e os pontos de identificação das rochas encaixantes foram identificados com as siglas “BExx”, onde “xx” representa o número do ponto em ordem crescente. Essas técnicas de mapeamento foram executadas a partir das sugestões de Lisle et al. (2014) e Nadalin (2014).

Foram realizados no total três trabalhos de campos para coleta de dados para este estudo, cada trabalho de campo teve duração de um dia. O primeiro teve como objetivo o reconhecimento da área onde as rochas do estudo afloram, amostragem em quatro pontos mais representativos. Nesses pontos foram coletadas sete amostras para a confecção de lâminas delgadas, que foram enviadas para o Laboratório de Laminação da UNIPAMPA. O segundo trabalho de campo teve como objetivo a coleta de mais algumas para

laminação. Foram amostrados oito novos pontos na área do estudo, totalizando doze pontos de amostragem no geral. O terceiro e último trabalho de campo teve como objetivo a identificação das rochas encaixantes na área do estudo. Foram visitados dez pontos ao redor da área do estudo. As rochas encontradas nesses pontos foram descritas com o auxílio de lupa de mão e posteriormente comparadas com as descrições já realizadas em trabalhos anteriores.

7.3. Etapa Pós-campo

A partir dos dados obtidos na etapa de pré-campo e as amostras coletadas no campo foi possível realizar as descrições macro e microscópica.

7.3.1. Descrição Macroscópica

A descrição macroscópica foi realizada, tanto em campo quanto no Laboratório de Mineralogia e Petrografia da UNIPAMPA - Campus Caçapava do Sul. Essa foi executada através da descrição mineralógica, utilizando os princípios básicos como cor da rocha, tamanho dos minerais, forma, hábito etc. Foi utilizado tanto a lupa de mão quanto a lupa de mesa. Neste momento foram descritas as rochas que são o alvo do estudo e as rochas encaixantes.

7.3.2. Descrição Microscópica

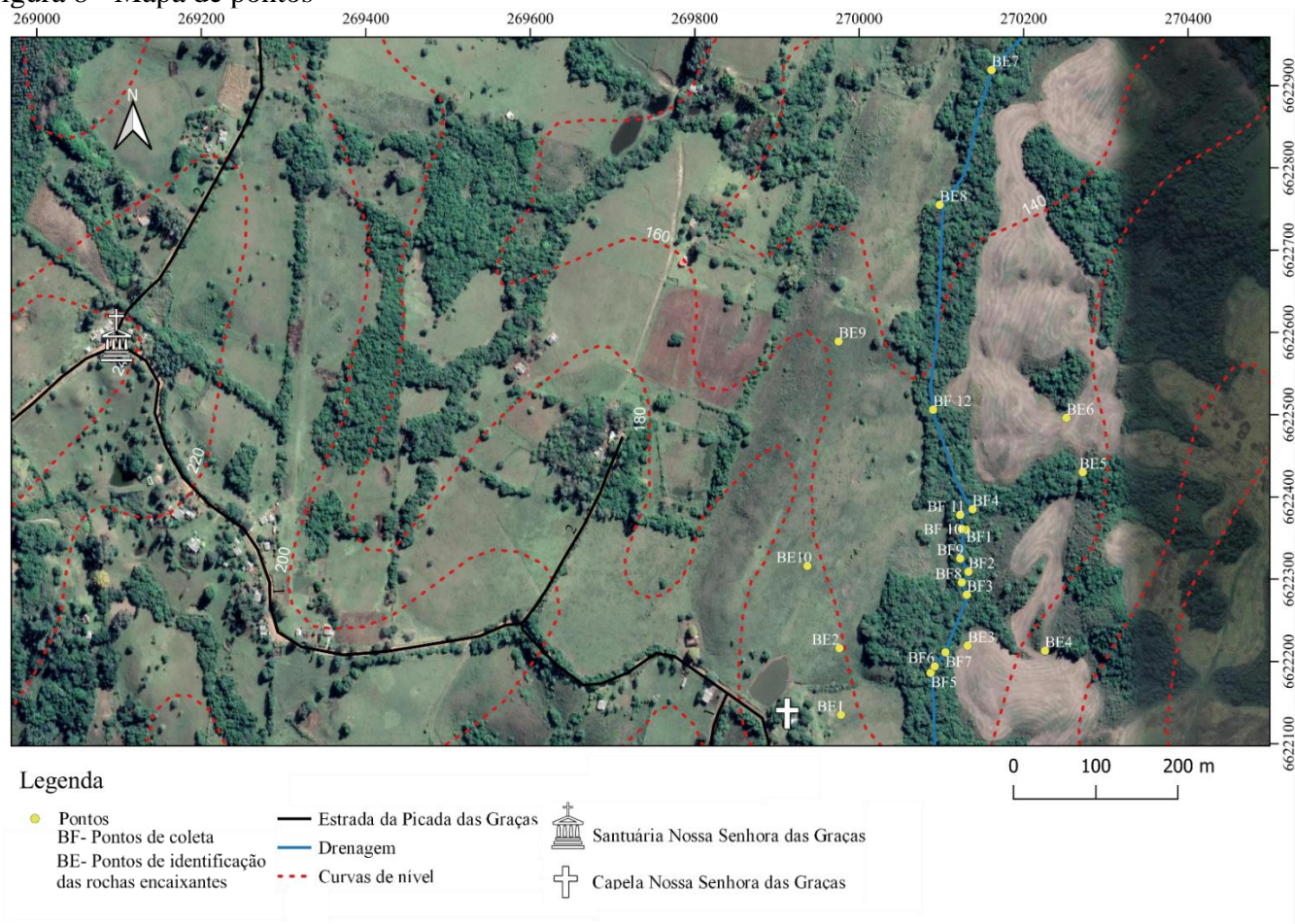
As descrições microscópicas foram realizadas a partir de sete lâminas delgadas, os códigos das mesmas são: B1-1; B1-2; B2-1; B2-2; B2-3; B3 e B4. Foram descritos os aspectos mineralógicos, composição, texturas e proporção principalmente entre óxidos de ferro e quartzo. Essas foram efetuadas no microscópio Nikon 50/ Pol, onde é possível a descrição a partir da luz refletida e luz transmitida, do Laboratório de Mineralogia Óptica da UNIPAMPA - Campus Caçapava do Sul. As feições mais representativas foram fotografadas com o auxílio de uma câmera acoplada do próprio aparelho e do programa Toup View 3.7

8 RESULTADOS

8.1. Identificação das Rochas Encaixantes

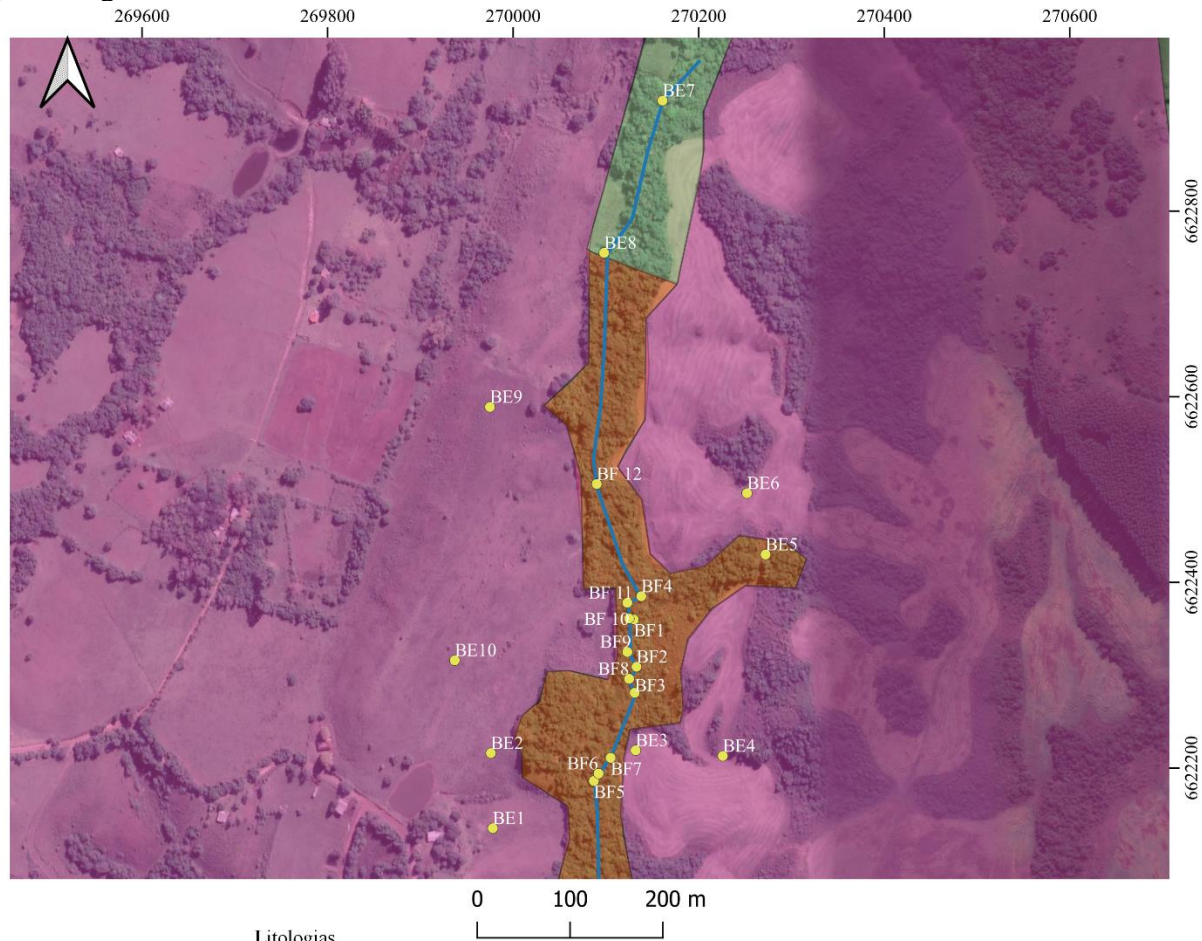
Os dados obtidos nos trabalhos de campo foram integrados, tendo como resultado um total de vinte e dois pontos de coleta (Figura 8), doze sendo pontos de coleta de amostra, para confecção de lâminas delgadas e dez pontos de identificação das rochas encaixantes (Figura 9).

Figura 8 - Mapa de pontos



Fonte: Autor.

Figura 9 - Mapa litológico de detalhe da área do estudo



- Pontos
- BF- Pontos de Coelta
- BE- Pontos de identificação das rocha encaixantes

— Drenagem

Litologias

- Rochas do estudo
- Andesito Hilário
- Arenitos da Formação Picada da Graças

Fonte: Autor.

8.3. Petrografia macroscópica

As rochas do estudo são encontradas na forma de leito de drenagem, aflorando principalmente nos meandros. Essas rochas estão bastante alteradas na superfície aflorante, devido a constante atividade da água, com a presença de musgos e oxidação (Figura 10 C e D). A coloração varia de marrom avermelhado nas zonas mais alteradas a marrom escuro nas menos alteradas. Em face fresca e/ou pouco alterada (interna), a rocha apresenta coloração avermelhada a marrom claro. A rocha apresenta bandamento, constituído por bandas alternadas de quartzo (bandas mais claras) e hematita-magnetita (bandas avermelhadas), sendo designadas aqui como fácies óxido e silicato. A fácies óxido têm espessuras variáveis entre 0,01 e 5,0 mm e a silicato entre 0,5 e 2,0 cm. A fácies óxido é vermelha ou marrom avermelhada, tornando-se mais clara à medida que o quartzo se mostra recristalizado. Já a fácies silicato é mais clara devido à presença mais abundante de quartzo que empresta às bandas uma cor branca. O contato entre essas bandas é predominantemente brusco. Todavia, ocorrem também sob forma de lentes alinhadas e contínuas, mostrando limites irregulares e ondulados. Também é possível observar algumas deformações geradas por esforço tectônico, principalmente dobramentos localizados (Figura 10 A e B).

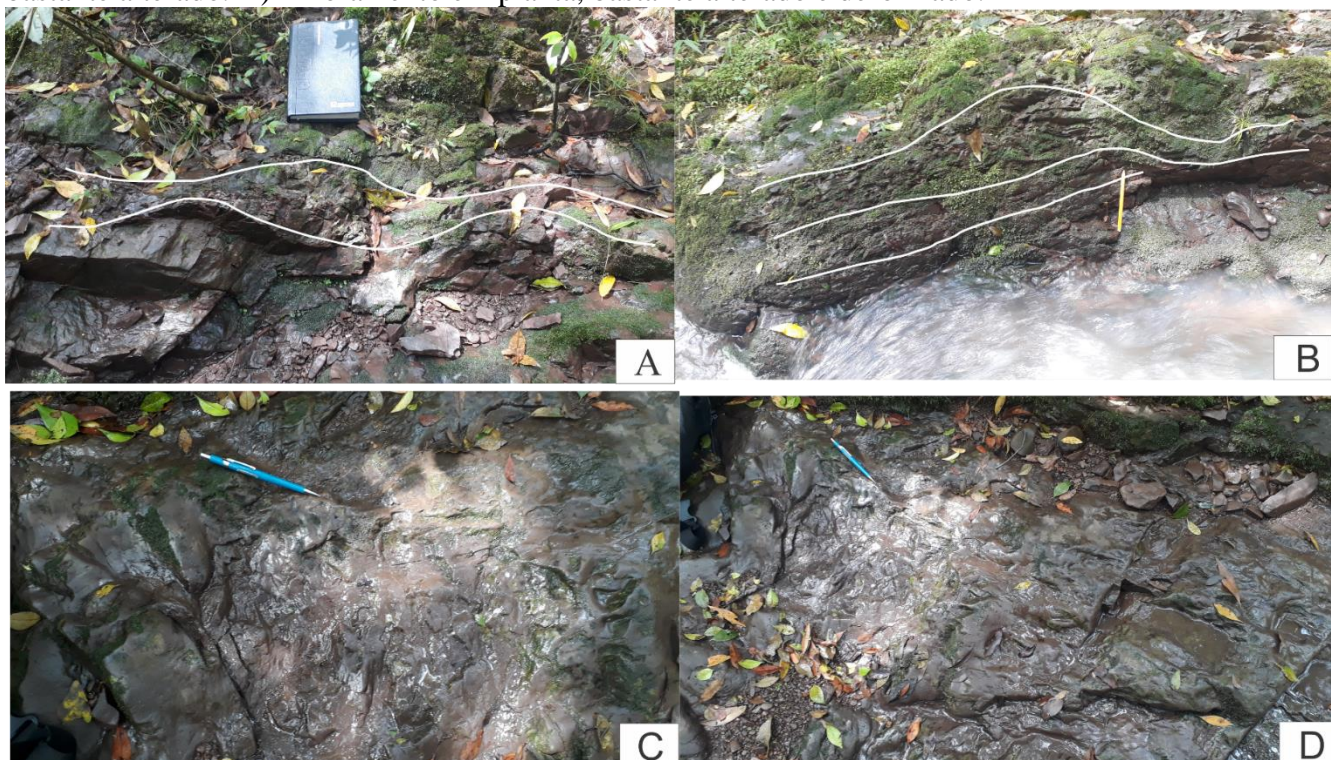
O contato entre as rochas do estudo e as encaixantes ocorre de maneira abrupta, as rochas do estudo estão restritas a drenagem na parte mais baixa da topografia e as encaixantes circundam a drenagem nas partes mais elevadas e na porção norte da drenagem. As rochas encaixantes identificadas em campo pertencem ao GBJ, sendo elas o Andesito Hilário e os arenitos da Formação Picada das Graças corroborando com Ribeiro (1966); Cordani et al. (1974); Remus et al. (1999); Janikian et al. (2004, 2005), Almeida et al, (2012) e Matté et al. (2021).

As rochas vulcânicas da área de estudo são classificadas petrograficamente como andesitos e relacionadas ao Andesito Hilário. Macroscopicamente a apresentam coloração arroxeadas a avermelhada. Mostram textura porfírica com fenocristais de plagioclásio. Esses são prismáticos com tamanho variando de 2 a 5 mm e frequentemente com textura traquítica. Vesículas arredondadas a subarredondadas, com dimensões milimétricas a centimétricas, preenchidas por clorita microcristalina e carbonatos são comuns (pontos BE1 a BE6, BE9 e BE10, Figura 9).

Os arenitos da Formação Picada das Graças mostram granulação muito fina a fina com diâmetro dos grãos de 0,08 a 0,1 mm, moderadamente a bem selecionados. Os grãos

são subarredondados a subangulares. Apresentam coloração amarelada que varia para amarronzada em algumas porções. A mineralogia é composta principalmente de quartzo, feldspato e litoclastos de andesito (pontos BE7 e BE8, Figura 9). O ponto BE8 marca o contato entre as rochas do estudo e os arenitos da Formação Picada das Graças no leito da drenagem.

Figura 10 – Fotos das rochas do estudo no afloramento. A) Afloramento em perfil, linhas brancas representando as bandas deformadas. B) Afloramento em perfil, bandamento bem marcado e deformado, representado pelas linhas brancas. C) Afloramento em planta, bastante alterado. D) Afloramento em planta, bastante alterado e deformado.



Fonte: Autor.

8.3. Petrografia microscópica

As rochas do estudo microscopicamente apresentam composição mineralógica modal constituída principalmente por: quartzo (40-50%) e hematita/magnetita (40-53%), e em menores proporções, plagioclásio (oligoclásio) (2-3%), anfibólio (grunerita) (3%), clorita (2-5%) e minerais acessórios (<1%). Esses minerais estão distribuídos em microbandas e mesobandas intercaladas. As rochas do estudo apresentam duas fácies representativas, a fácies óxido (FO) e a fácies silicato (FS)

A fácies óxido (Figura 11) apresenta uma proporção maior (>50%) de hematita em relação ao quartzo. A granulometria é fina, variando de 0,06 até 0,01mm. Os minerais

estão orientados no sentido do bandamento, esta é penetrativa e marcada pelas microbandas e mesobandas de quartzo e hematita/magnetita.

O quartzo ocorre em aglomerados policristalinos (Figura 12 A e B). Os grãos de quartzo são hipidiomórficos e variam de angulares a semi-arredondados. Apresentam contatos pontuais entre si e com a hematita.

A hematita está presente de duas formas, a primeira como constituinte do bandamento da rocha na forma de massas disformes de coloração avermelhada a alaranjada (Figura 12 A e B). A segunda são de microplacas de martita entre as camadas e o quartzo, onde apresenta grãos hipidiomórficos com dimensões médias de 0,1 a 0,2mm (Figura 12 A e B). Ela ocorre como cristais prismáticos muito finos, considerada de origem primária e formada precocemente, talvez parcialmente durante o processo de sedimentação. Em algumas amostras, um alinhamento paralelo de cristais de hematita prismática exibe uma quase textura “xistosa” com considerável magnetita disseminada.

O oligoclásio (An 20) é angular, com dimensões de 0,1 a 0,1mm. A grunerita está presente na forma de agregados prismáticos, associada a hematita. Estes foram observados raramente. Essa associação com minerais aluminosos poderia sugerir a presença de contribuição terrígena. Por outro lado, a associação dessa estrutura com lentes de quartzo, portadoras de textura "em pente", com uma cavidade no núcleo e circundadas por filmes de óxido de ferro alaranjados, pode também indicar uma recristalização intempérica.

A fácies silicato (Figura 13) apresenta uma proporção maior de quartzo (> 50%) em relação a hematita. O resultado são bandas de quartzo microcristalino distribuídos aleatoriamente a hematita especular sob forma de cristais placóides. Lentes ocasionais de quartzo límpido e recristalizado também ocorrem.

A granulometria é muito fina, mas é um pouco maior em relação a fácies óxido, em média de 0,1 mm. A mineralogia é praticamente a mesma da fácies FO, entretanto apresenta uma proporção maior de magnetita e clorita.

A magnetita além da forma disseminada da fácies óxido, apresenta pequenos cristais prismáticos, próximos as injeções de hematita, entre as camadas de quartzo. Esta se concentra principalmente nas bordas dessas injeções (Figura 14 A e B), algumas magnetitas apresentam alteração nas bordas para hematita (martitização).

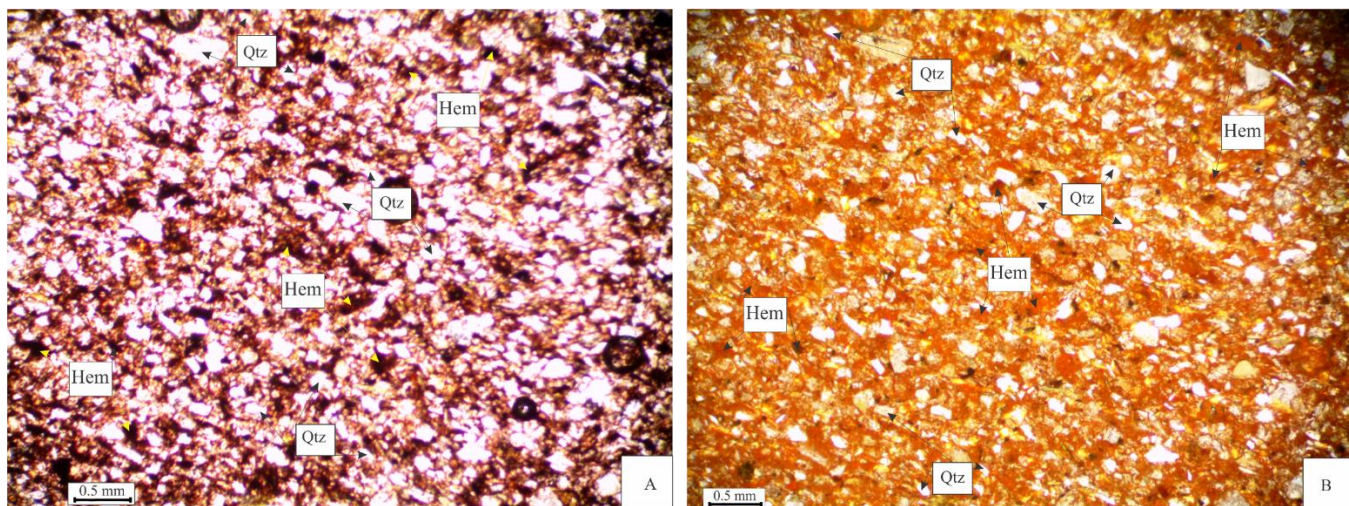
A clorita tem hábito lamelar, lepidobásticas (Figura 15) e associadas aos plagioclásios. Em algumas porções é possível observa o contato suturado e com dissolução dos plagioclásios para clorita.

Nesta fácies ainda estão pirita, na forma de mineral acessórios. A pirita é subédrica e por vezes euédrica, estando geralmente associada às injeções. Mostram crescimento concordante com o microbandamento e englobam cristais de hematita, indicando sua origem secundária.

A petrografia microscópica das rochas encaixantes foi realizada nos trabalhos de Ribeiro (1966); Cordani et al. (1974); Remus et al. (1999); Janikian et al. (2004, 2005), Almeida et al, (2012) e Matté et al. (2021).

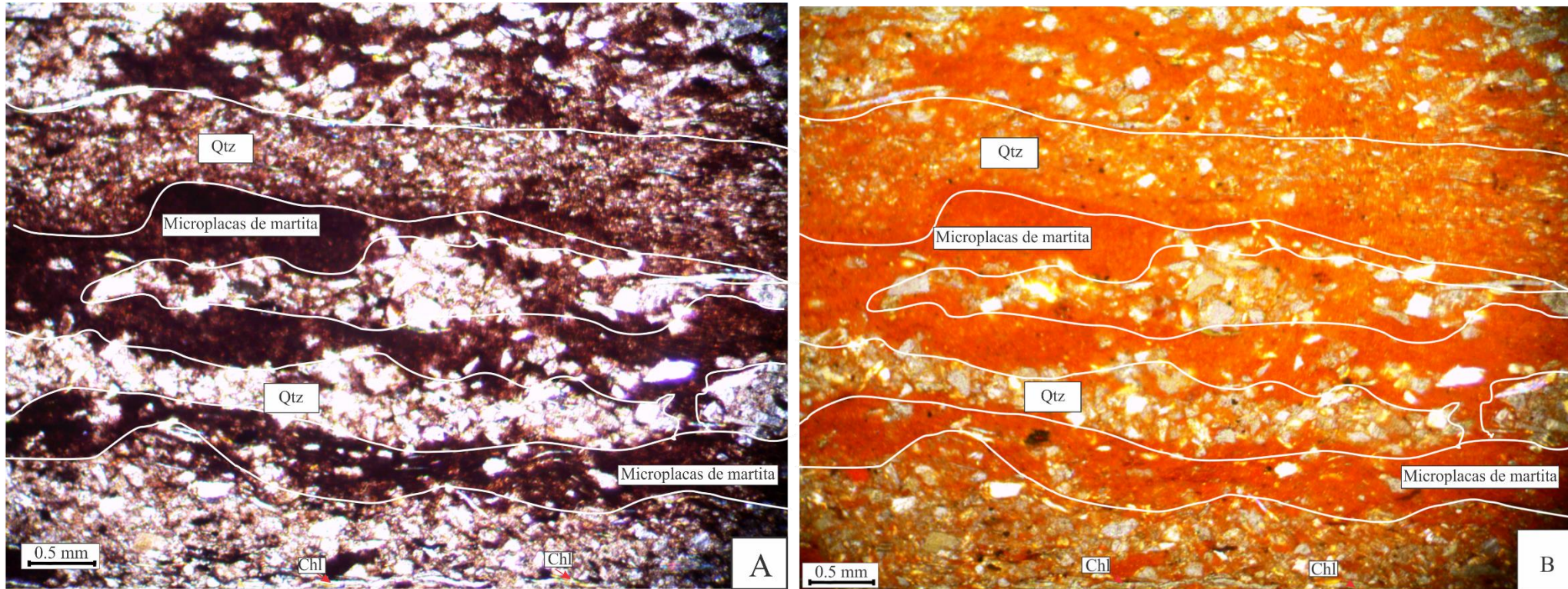
Esses descrevem microscopicamente o Andesito Hilário contendo fenocristais de plagioclásio que se apresentam fraturados e, por vezes, corroídos pelas reações de reequilíbrio com a matriz traquítica. Ainda como fenocristais, ocorrem pseudomorfos de minerais máficos menores que 1,0 mm, possivelmente de piroxênio, e/ou olivina, transformados para clorita e óxidos de ferro, isolados ou glomeroporfíricos com o plagioclásio. Os fenocristais estão envolvidos numa matriz vítrea, parcialmente devitrificada a microcristalina, com os resíduos vítreos de cor amarronada.

Figura 11 - Fotomicrografia da fácies óxido das rochas do estudo. A) Fácies óxido observada a LN. B) Fácies óxido observada a LR. Legenda: Hem= Hematita, LN= Luz natural, LR= Luz refletida.



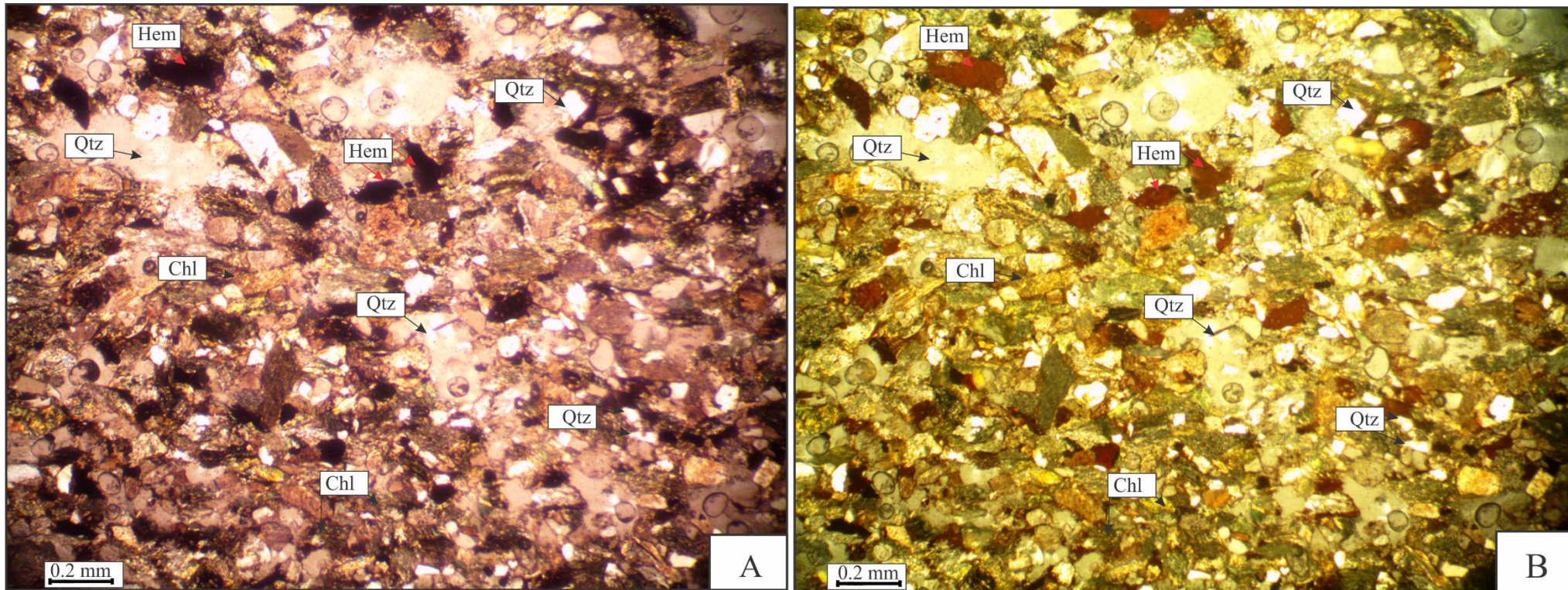
Fonte: Autor.

Figura 12- Fotomicrografia da fácies óxido das rochas do estudo. A) Linhas brancas representando as microplacas de martita, intercaladas com as bandas de quartzo a LN. B) Observação a LR microplacas de martita entre as bandas de quartzo. Legenda: Chl= Clorita, LN= Luz natural, LR= Luz refletida, Qtz= Quartzo.



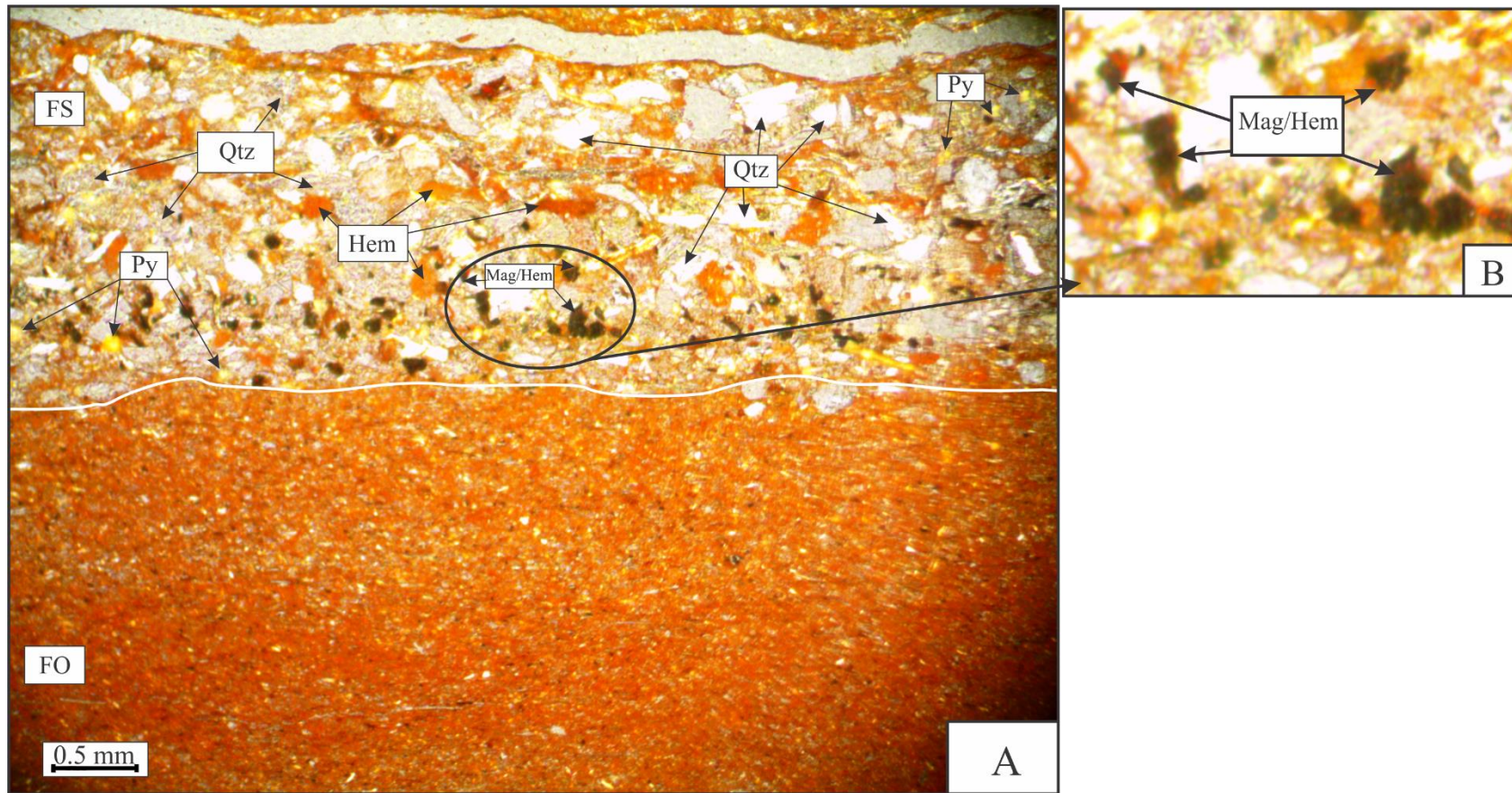
Fonte: Autor.

Figura 13 - Fotomicrografia da fácies silicato das rochas do estudo. A) Fácies silicato observada a LN. B) Fácies silicato observada a LR. Legenda: Chl= Clorita, Hem= Hematita, LN= Luz natural, LR= Luz refletida, Qtz= Quartzo.



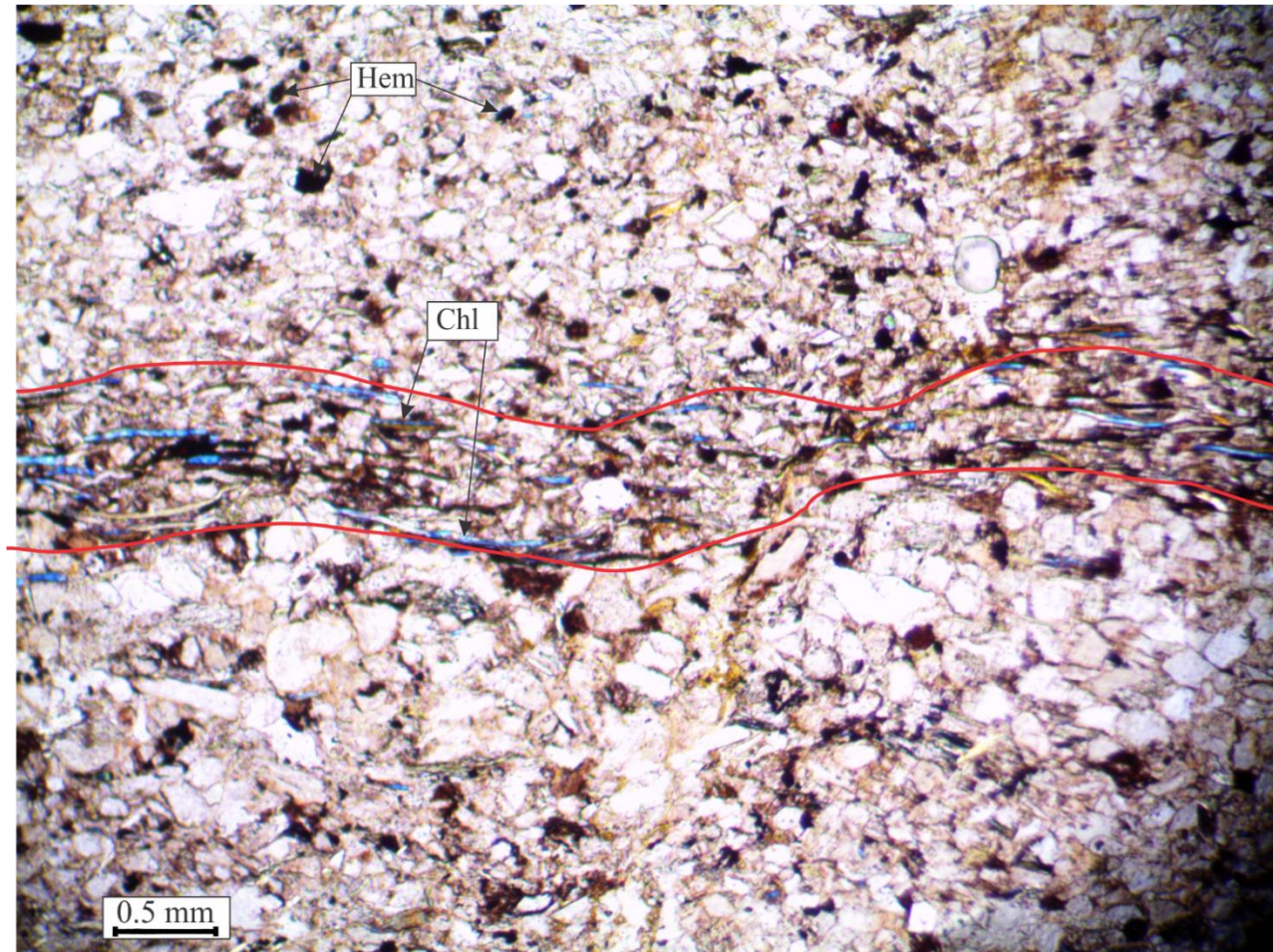
Fonte: Autor.

Figura 14 - Fotomicrografia da fácies silicato das rochas do estudo. A) Transição entre a FO e a FS a LR. B) Destaque para as magnetitas se alterando para hematita nas bordas.. Legenda: FO= Fácies óxido, FS= Fácies silicato, Hem= Hematita, LR= Luz refletida, Mag= Magnetita, Py= Pirita, Qtz= Quartzo.



Fonte: Autor.

Figura 15 - Fotomicrografia da fácies silicato das rochas do estudo. Destaque em vermelho mostrando as cloritas com textura lepidoblásticas acompanhando o sentido do bandamento a NC. Legenda: Chl= Clorita, Hem= Hematia, NC= Nicóis cruzados



Fonte: Autor.

9 DISCUSSÕES

Os resultados do trabalho de campo de identificação das rochas encaixantes mostram que as rochas do estudo estão principalmente aflorando na drenagem, com exceção do ponto BE5 da Figura 9. O Andesito Hilário aflora ao redor da drenagem, nas zonas onde a topografia é mais elevada e os arenitos da Formação Picada das Graças também afloram na drenagem, na porção norte da área do estudo. Essas rochas foram descritas e caracterizadas nos trabalhos de Ribeiro (1966); Cordani et al. (1974); Remus et al. (1999); Janikian et al. (2004, 2005) e Almeida et al. (2012), sendo parte do GBJ. Assim, é possível correlacionar as rochas do estudo, que afloram juntamente com essas, ao GBJ.

Os resultados da petrografia macroscópica mostram que as rochas do estudo apresentam um bandamento que varia de milímetros a centímetros. Seguindo a classificação de Treandall (2002) essas oscilam de micro a macrobandas (microbandas: 0,317mm; mesobandas: 1,7254mm; macrobandas: >2,57mm).

As deformações observadas em campo podem estar associadas aos esforços compressoriais descritos no estudo de Borba (2007). Deste modo, esses processos de tectônica compressional acabaram deformando as rochas do estudo, que já estavam depositadas nos terrenos de acreção previamente estabilizados.

Outra hipótese é que as deformações podem estar associadas a intrusão do CGCS no CPF (Remus et al., 2000). Essa hipótese se baseia pela proximidade das rochas do estudo com CPF, concomitantemente com a intrusão, pode ter gerado um metamorfismo de baixo a médio grau nas mesmas.

As descrições das rochas correspondentes ao Andesito Hilário e aos arenitos da Formação Picada das Graças corroboram com os trabalhos de Ribeiro (1966); Janikian (2004;2005;2008) e Almeida et al. (2012), onde descrevem essas rochas como andesitos de textura porfirítica e fenocristais de plagioclásio e como arenitos finos de sistemas lacustres profundos.

A presença de microfósseis na Bacia do Camaquã, nas rochas dos Grupos Maricá, Bom Jardim e Santa Bárbara, restritos de ambiente marinho e lacustre (LEHN, 2019). Sugere que as rochas do GBJ possam ter tido uma interação com ambiente marinho durante a evolução da Bacia do Camaquã, podendo assim conter rochas de ambiente marinho e lacustre.

Os resultados da petrografia microscópica mostram que a composição mineralógica é principalmente de quartzo e hematita/magnetita dispostos em micro e mesobandas. Gross (1965); James (1966); Giacomeli (2011) e Silva Filho (2017) descreveram composições mineralógicas semelhante as das rochas do estudo e sua distribuição em bandas intercaladas, sendo características de Formações Ferríferas Bandadas.

A presença de microplacas, segundo Morris (2012), sugere que formação dessas microplacas a partir da martitização das magnetitas, se dá pela alteração supergênica. Ramanidou e Wells (2014), sugerem, ainda, que a preservação de um bandamento primário é característico de hematitas na forma de microplacas de martita.

Essas microplacas também podem ser veios de hematita, semelhantes aos encontrados no estudo de Machado (2017), relacionados a intrusão dos granitos Caçapava e Santos Ferreira, onde líquidos hidrotermais oriundos da intrusão, podem ter migrado para as rochas do estudo, devido à proximidade delas com o CPF e CGCS.

Nas rochas do estudo foi observado um bandamento primário, regular e retilíneo entre as bandas de quartzo e hematita/magnetita, em algumas porções, principalmente na fácies óxido (Figura 14 A).

Um bandamento secundário pode ser observado principalmente na fácies silicato (Figura 14 B). Ele é marcado pela orientação da hematita alongada e da clorita lepidoblásticas, no sentido do bandamento. Isto sugere influência de metassomatismo e processos tectônicos que devem ter afetado a região.

Segundo Klein (2005), o metamorfismo regional de baixo a médio grau em FFB, é caracterizado pelo aumento do tamanho dos grãos de quartzo, ou seja, o quartzo recristaliza e gera grãos maiores de, assim como o a quantidade de hematita em relação a magnetita.

Evidências de microestruturas como textura lepidoblástica nas cloritas, granoblástica poligonal nos agregados policristalinos de quartzo, martitização nas bordas das magnetitas e hematita na forma de microplacas, possivelmente de martita, nas rochas estudadas, sugerem um processo de metamorfismo que afetou a região. Processos tecno-metamórficos hidrotermais semelhantes foram observados e descritos por Kein (2005); Morris (2012); Ramanidou e Wells (2014) e Silva Filho (2017).

Os resultados obtidos sugerem duas hipóteses: (i) As mineralizações de ferro presentes na rocha podem ser características de Formações Ferríferas, devido ao bandamento intercalado de quartzo e hematita/magnetita, presença das microplacas de

martita e das fácies óxido e silicato, assim como uma possível interação marinha e lacustre no GBJ, onde as rochas do estudo foram depositadas em ambiente marinho e com a evolução da bacia as rochas do GBJ migraram para um ambiente lacustre. (ii) As mineralizações de ferro são veios de hematita oriundos da intrusão do CGCS no CPF, que devido à proximidade com rochas do estudo, um líquido hidrotermal rico em ferro, migrou para os arenitos da Formação Picada das Graças e aproveitou as estruturas sedimentares na hora da percolação.

10 CONCLUSÃO

Levando em consideração os resultados obtidos sobre as rochas encaixantes e a petrografia das rochas do estudo, se pode concluir alguns resultados importantes para caracterizar as rochas do estudo:

- Bandamento intercalado entre quartzo e hematita/magnetita;
- Presença de hematitas na forma de microplacas de martita, ou na forma de veios de hematita
- Presença de duas fácies distintas, fácies óxido e fácies silicato;
- O bandamento original está preservado nas fácies óxido e o bandamento secundário gerado pelo metamorfismo e hidrotermalismo presente na fácies silicato.

Os resultados obtidos através da petrografia no estudo, sugerem que as rochas do estudo podem ser caracterizadas como FFB ou como uma mineralização de ferro nos arenitos da Formação Picada das Graças. Entretanto estudos geoquímicos de elementos maiores e menores, química mineral de detalhe (mev, microsonda), isotopia de instáveis e datação seriam necessários para comprovar realmente se essas rochas são FFB assim como o tipo de FFB. Deste modo a hipótese de ser uma mineralização de ferro na forma de veios de hematita/magnetita, intercaladas entre as bandas de quartzo seria a mais aceita neste estudo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Delia del Pilar Montecinos de; CHEMALE JR, Farid; MACHADO, Adriane. Late to post-orogenic Brasiliano-Pan-African volcano-sedimentary basins in the Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil. **Petrology–New Perspectives and Applications**, v. 5, p. 73-105, 2012.
- BASTA, Fawzy F. et al. Petrology and geochemistry of the banded iron formation (BIF) of Wadi Karim and Um Anab, Eastern Desert, Egypt: implications for the origin of Neoproterozoic BIF. **Precambrian Research**, v. 187, n. 3-4, p. 277-292, 2011.
- BITENCOURT, M. F. Metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS: geologia e relações com o corpo granítico. **Simpósio Sul-brasileiro de Geologia**, v. 1, p. 37-48, 1983.
- BORBA, André Weissheimer de et al. Provenance of the sedimentary rocks of the Bom Jardim Group (Neoproterozoic, southern Brazil): evidence from petrography, geochemistry and Neodymium isotopes. **Latin American journal of sedimentology and basin analysis**, v. 14, n. 1, p. 25-42, 2007.
- CARVALHO, Pedro Sérgio Landim de et al. Minério de ferro. 2014.
- CHEMALE JR, F.; HARTMANN, L. A.; SILVA, LC da. Stratigraphy and tectonism of the Brasiliano Cycle in southern Brazil. **Communications of the Geological Survey of Namibia**, v. 10, p. 151-166, 1995.
- CHEMALE JR, Farid. Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense. **Geologia do Rio Grande do Sul**, p. 13-52, 2000.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM) – Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Escala 1:750.000. 2013.
- CORDANI, U. G.; HALPERN, M.; BERENHOLC, M. Comentários sobre as determinações geocronológicas da Folha Porto Alegre. In: DNPN, Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Texto Explicativo da Folha Porto Alegre e Lagoa Mirim.
- ESCHWEGE, Wilhelm Ludwig. **Geognostische Gemälde von Brasilien und wahrscheinliches Muttergestein der Diamanten**. 1822.
- GIACOMELI, Henrique. **As formações ferríferas bandadas de Piumhi: geologia, petrografia e caracterização tecnológica**. 2011. 142 f. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2011.
- GOÑI, J. C.; GOSO, H.; ISSLER, R. S. Estratigrafia e geologia econômica do Pré-Cambriano e Eo-Paleozóico Uruguaio e Sul-riograndense. **Avulso da Escola de Geologia da UFRGS**, v. 3, p. 1-105, 1962.
- GROSS, Gordon. A. Geology of iron deposits in Canada. **Geol. Surv. Can. Econ. Geol. Rep.**, v. 22, 1965.
- GROSS, Gordon. A. A classification of iron formations based on depositional environments. **The Canadian Mineralogist**, v. 18, n. 2, p. 215-222, 1980.
- GROSS, Gordon. A. Industrial and genetic models for iron ore in iron-formations. **Mineral Deposit Modelling; Geol. Assoc. Canada, Spec. Paper**, v. 40, p. 151-170, 1993.
- GUBERT, Mauricio Lemos; PHILIPP, Ruy Paulo; BASEI, Miguel Angelo Stipp. The Bossoroca Complex, São Gabriel Terrane, Dom Feliciano Belt, southernmost Brazil: UPb geochronology and tectonic implications for the neoproterozoic São Gabriel Arc. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 70, p. 1-17, 2016.

- HARTMANN, L. A. et al. Advances in SHRIMP geochronology and their impact on understanding the tectonic and metallogenic evolution of southern Brazil. **Australian Journal of Earth Sciences**, v. 47, n. 5, p. 829-844, 2000.
- HARTMANN, L. A. et al. Time frame of 753–680 Ma juvenile accretion during the São Gabriel orogeny, southern Brazilian Shield. **Gondwana Research**, v. 19, n. 1, p. 84-99, 2011.
- HASENACK, Heinrich; WEBER, Eliseu. Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul-escala 1: 50.000. **Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia**, v. 1, 2010.
- JACUNIACK, Natassja Caroline Costa. **Caracterização de ocorrência de minério de ferro bandado por meio de integração geofísica no complexo metamórfico Arroio Marmeleiro–município de Bagé-RS**. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Universidade Federal do Pampa, 2015.
- JAMES, Harold Lloyd. Sedimentary facies of iron-formation. **Economic Geology**, v. 49, n. 3, p. 235-293, 1954.
- JAMES, Harold Lloyd. **Chemistry of the iron-rich sedimentary rocks**. US Government Printing Office, 1966.
- JANIKIAN, Liliane et al. Redefinição do Grupo Bom Jardim (Neoproterozóico III) em sua área-tipo: litoestratigrafia, evolução paleoambiental e contexto tectônico. **Brazilian Journal of Geology**, v. 33, n. 4, p. 349-362, 2003.
- JANIKIAN, Liliane. **Seqüências deposicionais e evolução paleoambiental do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho, Supergrupo Camaquã, Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2004.
- JANIKIAN, Liliane et al. Evolução paleoambiental e seqüências deposicionais do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho (Supergrupo Camaquã) na porção norte da Sub-Bacia Camaquã Ocidental. **Brazilian Journal of Geology**, v. 35, n. 2, p. 245-256, 2005.
- JANIKIAN, Liliane et al. The continental record of Ediacaran volcanosedimentary successions in southern Brazil and their global implications. **Terra Nova**, v. 20, n. 4, p. 259-266, 2008.
- KLEIN, Cornelis. Some Precambrian banded iron-formations (BIFs) from around the world: Their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origins. **American Mineralogist**, v. 90, n. 10, p. 1473-1499, 2005.
- LAUX, Jorge Henrique. **Geologia e recursos minerais da folha Lagoa da Meia Lua, SH. 21-ZB-VI: estado do Rio Grande do Sul**. CPRM, 2017.
- LEHN, Ilana; HORODYSKI, Rodrigo Scalise; PAIM, Paulo Sérgio Gomes. Marine and non-marine strata preserving Ediacaran microfossils. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2019.
- LEITE, Jayme AD et al. SHRIMP U/Pb zircon geochronology of Neoproterozoic juvenile and crustal-reworked terranes in southernmost Brazil. **International Geology Review**, v. 40, n. 8, p. 688-705, 1998.
- LEINZ, Viktor; BARBOSA, Alceu Fábio. **Mapa Geológico Caçapava-Lavras**. Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, Indústria e Comércio. Seção de Informações e Propaganda Agrícola, 1941.
- LENA, Luís Otávio Fortes et al. 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**, v. 247, p. 126-138, 2014.
- LISLE, Richard J.; BRABHAM, Peter J.; BARNES, John W. **Mapeamento Geológico Básico:- Guia Geológico de Campo**. Bookman Editora, 2014.

- LOPES, Carina Graciniana et al. Provenance of the Passo Feio Complex, Dom Feliciano Belt: implications for the age of supracrustal rocks of the São Gabriel Arc, southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 58, p. 9-17, 2015.
- KOESTER, Edinei et al. A evolução crustal do Escudo Sul-Rio-Grandense sob a perspectiva dos sistemas isotópicos Sr-Nd. **Contribuições à geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2021. p. 13-27, 2021.**
- MACHADO, Bruno Nunes et al. **Geologia e paragênese mineral das mineralizações no granito Santo Ferreira, Sudeste de Caçapava do Sul-RS.** Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Universidade Federal do Pampa. 2017.
- MATTÉ, Vinicius; SOMMER, Carlos Augusto; LIMA, Evandro Fernandes de. O vulcanismo ediacarano-cambriano da Bacia do Camaquã. **Contribuições à geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2021. p. 129-147, 2021.**
- MORRIS, R. C. Microplaty hematite—its varied nature and genesis. *Australian Journal of Earth Sciences*, v. 59, n. 3, p. 411-434, 2012.
- NADALIN, Rubens José. **Tópicos especiais em cartografia geológica.** Universidade Federal do Paraná, 2014.
- NARDI, Lauro Valentim Stoll; BITENCOURT, Maria de Fátima. Geologia, petrologia e geoquímica do Complexo Granítico de Caçapava do Sul, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, n. 2, p. 153-169, 1989.
- NARDI, L. V. S.; LIMA, E. F. O magmatismo Shoshonítico e Alcalino da Bacia do Camaquã-RS. **Geologia e Estratigrafia do Rio Grande do Sul. Editora Gráfica da UFRGS, Porto Alegre, RS Brasil**, p. 119-131, 2000.
- OHMOTO, Hiroshi et al. Chemical and biological evolution of early Earth: constraints from banded iron formations. **MEMOIRS-GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA**, v. 198, p. 291, 2006.
- OYHANTÇABAL, Pedro; SIEGESMUND, Siegfried; WEMMER, Klaus. The Río de la Plata Craton: a review of units, boundaries, ages and isotopic signature. **International Journal of Earth Sciences**, v. 100, n. 2, p. 201-220, 2011.
- PHILIPP, Ruy Paulo; PIMENTEL, Marcio Martins; CHEMALE, Farid. Tectonic evolution of the Dom Feliciano Belt in Southern Brazil: geological relationships and U-Pb geochronology. **Brazilian Journal of Geology**, v. 46, p. 83-104, 2016a.
- PHILIPP, Ruy Paulo; PIMENTEL, Marcio Martins; BASEI, Miguel Angelo Stipp. The tectonic evolution of the São Gabriel terrane, Dom Feliciano belt, southern Brazil: the closure of the Charrua ocean. In: **Geology of Southwest Gondwana.** Springer, Cham, 2018. p. 243-265.
- PHILIPP, Ruy Paulo; BASEI, Miguel Angelo Stipp. O magmatismo toniano do terreno São Gabriel e a evolução do cinturão Dom Feliciano. **Contribuições à geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2021. p. 43-59, 2021.**
- PORCHER, Carla Cristine et al. O terreno Pelotas e a orogênese Pinheiro Machado: uma revisão da estratigrafia, da evolução magmática e tectônica. **Contribuições à geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2021. p. 29-42, 2021.**
- RAMANAIDOU, E. R.; WELLS, M. A. Sedimentary hosted iron ores, treatise on geochemistry. 2014.
- RAPELA, Carlos W. et al. The Rio de la Plata craton and the adjoining Pan-African/brasiliano terranes: their origins and incorporation into south-west Gondwana. **Gondwana research**, v. 20, n. 4, p. 673-690, 2011.

REISCHL, J. L.; KOLLING, S. L.; FELDMANN, E. Ocorrências de ouro em formações ferríferas pré-cambrianas, Caçapava do Sul, RS. In: **Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia**. 1982. p. 912-921.

REMUS, M. V. D. et al. Gold in the Neoproterozoic juvenile Bossoroca Volcanic Arc of southernmost Brazil: isotopic constraints on timing and sources. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 12, n. 4, p. 349-366, 1999.

REMUS, M. V. D. et al. The link between hydrothermal epigenetic copper mineralization and the Caçapava Granite of the Brasiliano Cycle in southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 13, n. 3, p. 191-216, 2000.

RIBEIRO, Mauricio et al. Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. **Boletim do DNPM**, v. 127, p. 19-231, 1966.

SAALMANN, K. et al. Sm–Nd isotope geochemistry of metamorphic volcano-sedimentary successions in the São Gabriel Block, southernmost Brazil: evidence for the existence of juvenile Neoproterozoic oceanic crust to the east of the Rio de la Plata craton. **Precambrian Research**, v. 136, n. 2, p. 159-175, 2005.

SAALMANN, K.; REMUS, M. V. D.; HARTMANN, L. A. Tectonic evolution of the Neoproterozoic São Gabriel block, southern Brazil: constraints on Brasiliano orogenic evolution of the Rio de La Plata cratonic margin. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 21, n. 3, p. 204-227, 2006.

SAALMANN, K. et al. Multiple accretion at the eastern margin of the Rio de la Plata craton: the prolonged Brasiliano orogeny in southernmost Brazil. **International Journal of Earth Sciences**, v. 100, n. 2, p. 355-378, 2010.

SALVI, Maurício; PHILIPP, Ruy Paulo. Geologia e significado tectônico das rochas metavulcanossedimentares do Complexo Coxilha do Batovi, Cinturão Dom Feliciano (São Gabriel, RS). **Pesquisas em Geociências**, v. 46, n. 2, 2019.

SCHMITT, R. S. Evolução tectono-metamórfica do complexo metavulcano-sedimentar Coxilha do Batovi, São Gabriel, RS. **Porto Alegre**, 1995.

SILVA FILHO, Carlos Victor Rios da. **Geologia isotópica das formações ferríferas bandadas do Cratón São Francisco na transição arqueano paleoproterozóico**. 2017. Dissertação – (doutorado) - Universidade de Brasília, Instituto de Geociências 2017.

SOLIANI JÚNIOR, Enio. **Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica**. Dissertação - (Doutorado) - Universidade de São Paulo. 1986.

TRENDALL, A. F. The significance of iron-formation in the Precambrian stratigraphic record. **Precambrian sedimentary environments: A modern approach to ancient depositional systems**, p. 33-66, 2002.

UFRGS. **Mapeamento Geológico 1:25000: Projeto Caçapava do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

VAN DE KAMP, Peter C.; LEAKE, Bernard E. Petrology and geochemistry of siliciclastic rocks of mixed feldspathic and ophiolitic provenance in the Northern Apennines, Italy. **Chemical Geology**, v. 122, n. 1-4, p. 1-20, 1995.

VEDANA, Luiz Alberto; PHILIPP, Ruy Paulo; BASEI, Miguel Angelo Stipp. Tonian to early cryogenian synorogenic basin of the São Gabriel terrane, Dom Feliciano belt, southernmost Brazil. **International Geology Review**, v. 60, n. 1, p. 109-133, 2017.