



Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Graduação em Geologia

TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO - 2020

PROJETO UNAÍ - MG

SUBÁREA XI

João Gabriel Cavalcante Vieira

Manoel Lázaro Frazão Júnior

Orientadores:

José Eloi Guimarães Campos (Coordenador)

Eliza Inez Nunes Peixoto

Martino Giorgioni

Lucas Santos Batista Teles

Banca Examinadora:

José Eloi Guimarães Campos (Orientador)

Claudinei Gouveia de Oliveira

Tiago Luis Reis Jalowitzki

Brasília, DF

Novembro de 2021.

João Gabriel Cavalcante Vieira - 16/0009651

Manoel Lázaro Frazão Júnior - 15/0138644

PROJETO UNAI

SUBÁREA XI

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção de título de Bacharel em Geologia pela Universidade de Brasília – UnB.

Orientador: José Eloi Guimarães Campos

Brasília, DF

Novembro de 2021.



“Assim como os pássaros, precisamos aprender a superar os desafios que nos são apresentados, para alçarmos voos mais altos.”

(Dirk Wolter)

Agradecimentos

Como é difícil agradecer a todos que contribuíram na minha jornada. Gostaria de citar todos que participaram, mas é uma tarefa quase impossível. Por isso, comentarei sobre aqueles que me acompanharam recentemente. Caso seu nome não esteja aqui peço desculpas, mas não fique triste, guardo todos em meu coração.

Em primeiro lugar, agradeço a minha família, especialmente a minha mãe por toda paciência e compreensão.

Agradeço ao meu grande amigo e companheiro de equipe, Manoel. Realizamos algo incrível e foi um enorme prazer trabalhar contigo.

Sem o professor Eloi não teríamos essa oportunidade, assim, sou extremamente grato a ele. Agradeço imensamente aos professores, Martino e Eliza, e ao grande Boi (quando eu crescer quero ser igual a ele), que integraram nossa equipe e contribuíram muito com todo o projeto.

Agradecimentos especiais aos motoristas Amadeu, Mendes, Serjão, Péricles e Marcos.

Agradeço aos meus amigos João Carlos e Luiza, que me acompanharam de forma mais próxima durante todo o projeto. Agradeço a Gaby por ser incrível e ter um enorme coração. Agradeço a Raylline pelas ajudas e fotos. Agradeço a todos meus amigos da Van do Sul, Bianca, Cíntia, Lívio, Mariana, Ricardo Avelino e Ricardo Vida.

Agradeço a todos os professores que participaram da minha formação, em especial a Adriana Maria Coimbra Horbe, que me acolheu como orientando, mesmo eu tendo reprovado sua disciplina.

João Gabriel

Durante esses anos de graduação, o incessável apoio da minha família e de amigos foi essencial para o meu sucesso nessa longa jornada, desta forma o meu agradecimento vai a muitas pessoas.

Inicialmente eu agradeço a minha mãe, Maria, a qual se dedicou a minha criação por todo esse período da minha vida, e me deu apoio e todo suporte que sempre precisei, sem me deixar faltar nada. Às minhas irmãs Leydiane e Ray pelo apoio dado a mim desde o início dessa empreitada.

Agradeço em especial ao professor Dr. José Eloi Guimarães Campos, o qual tornou a realização desse trabalho possível. Serei eternamente grato a ele por todo esforço e dedicação aos alunos deste projeto. Agradeço também aos professores doutores Eliza Inez Nunes Peixoto e Martino Giorgioni, ao doutorando Lucas Santos Batista Teles e aos motoristas Mendes, Amadeu, Serjão, Péricles e Marcos, os quais foram cruciais para a realização deste trabalho.

Agradeço aqui as minhas amizades construídas durante o curso e espero levá-las até o fim da vida. À Cat, Gisão, Jess e Ana Flávia pela inúmeras conversas e conselhos, saibam que vocês são tudo para mim. Agradeço também aos amigos Bianca Licassali, Palloma Azevedo, Ingrid Eva (Ingreds), Hanna Costa, Gaby Patriota, Ricardo Avelino, Lívio Reily, Filipe Machado (Bira), Linda Beatriz, Raylline Ferreira e Paula Thaís, cujos me encorajaram a seguir em frente e foram parceiros durante as saídas de campo, atividades e aulas.

*Por fim e não menos importante, agradeço ao meu grande parceiro de equipe **João Gabriel** por ter me dado a oportunidade de desenvolver este trabalho junto a ele. Você é o cara. E a todos os professores que participaram da minha formação, em especial Elder Yokoyama, Maria Emilia e Adriana Horbe.*

Manoel Lázaro

Resumo

O Projeto Unaí corresponde ao trabalho final do curso em Geologia da Universidade de Brasília, que consistiu no mapeamento geológico em escala 1:50.000 de uma área de 651 km², na região de Unaí, noroeste do estado de Minas Gerais. O presente trabalho traz os resultados de dados levantados por treze subáreas, com ênfase na cartografia da Subárea XI, utilizando-se de dados de sensoriamento remoto, aerogeofísicos, petrográficos, estratigráficos e estruturais. A região de estudo está inserida no contexto geológico da Província Tocantins, na Zona Externa da Faixa Brasília, em seu setor meridional. Na área mapeada afloram rochas das formações Quilombo, Córrego do Barreiro, Serra do Landim e Sete Lagoas. As litofácies variam de anquimetamórficas a fácies xisto-verde, zona da clorita, no caso da Formação Serra do Landim. O arcabouço estrutural se desenvolveu em um regime dúctil-rúptil, caracterizado por deformação supracrustal, estilo pelicular. As litofácies encontradas registram duas fases deformacionais, pertencentes ao mesmo evento tectônico, a Orogênese Brasileira. Propõe-se um modelo de evolução tectônica em que, o embasamento, resultado da Colagem Riacciana, passou por sucessivas reativações de zonas de fraqueza. Neste contexto de sucessivas extensões crustais, depositaram-se as megassequências paleo-mesoproterozoicas do Supergrupo Veadeiros. Durante o Brasileiro, ocorre a exumação e transporte da Formação Serra do Landim, o imbricamento tectônico das unidades alóctones, formações Quilombo e Córrego do Barreiro, e a deposição do Grupo Bambuí.

Palavras-chave: Formação Quilombo, Formação Córrego do Barreiro, Formação Serra do Landim, Formação Sete Lagoas, Mapeamento Geológico.

Abstract

The Unaí Project refers to the final undergraduate report of the Geology course of the University of Brasília, which consisted of geological mapping of 1:50,000 scale in a 651 km² area, in the region of Unaí, northwest of Minas Gerais State. The work brings the results of data collected by thirteen subareas, with emphasis on the cartography of the Subarea XI, using remote sensing, aerogeophysical, petrographic, stratigraphic and structural data. The study region relates to the geological setting of the Tocantins Province, in the External Zone of the Brasília Belt, in its Southern Segment. In the study area, there were identified rocks from The Quilombo, Córrego do Barreiro, Serra do Landim and Sete Lagoas formations. Metamorphism ranges from anchimetamorphic (the majority of the units) to green schist facies (chlorite zone), in the case of the Serra do Landim Formation. The structural framework is developed in the ductile-brittle regime, characterized by supracrustal thin-skinned deformation. The rocks record deformational phases, belonging to the same tectonic event, the Brasiliano Orogenesis. The tectonic evolution model considers the basement, resulting from the Rhyacian Collage, underwent successive reactivations of weakness zones. In this context of successive crustal extension, the paleo-mesoproterozoic megasequences of the Veadeiros Supergroup were deposited. During the Brasiliano, occurs exhumation and transport of the Serra do Landim Formation, the tectonic imbrication of the allochthonous units, Quilombo and Córrego do Barreiro formations, and the deposition of the Bambuí Group.

Keywords: Quilombo Formation, Córrego do Barreiro Formation, Serra do Landim Formation, Sete Lagoas Formation, Geological Mapping.

Lista de Figuras

1 Introdução

- Figura 1.1:** A) Mapa de localização e principais vias de acesso partindo de Brasília (DF) até Unai. B) Mapa detalhando as principais vias de acesso, bem como a articulação das áreas do Projeto Unai. Destaque para Subárea XI. Fonte dos dados espaciais: IBGE 14
- Figura 1.2:** Mapa-base mostrando as principais vias de acesso, drenagens e pontos de apoio (latifúndios) da Subárea XI, destacada em vermelho. A Subárea XI é delimitada pelas coordenadas UTM: 290000/8147000; 290000/8144000; 305000/8144000 e 305000/8144000 Fonte dos dados espaciais: IBGE. 15
- Figura 1.3:** Mapa de pontos realizados na etapa campo pela equipe da Subárea XI 16
- Figura 1.4:** Paisagem local da Subárea XI. Em 1, o relevo é fortemente ondulado a montanhoso, com vegetação predominante de Campo Cerrado. Em 2, o relevo é aplainado a ondulado nos vales, que caracterizam a Depressão Sanfranciscana, com predomínio de vegetação Cerrado. As Veredas estariam em depressões e próximas a cursos d'água, dentro dos vales de fundo plano a suavemente ondulado..... 18
- Figura 1.5:** Mapa de uso e ocupação do solo, elaborado a partir dos dados de classificação de mosaicos Landsat do ano de 2019, Coleção 5, MapBiomias. Escala 1:150.000 20
- Figura 1.6:** Modelo digital de elevação (MDE), obtido a partir de dados SRTM, com a sobreposição de relevo sombreado. Escala 1:150.000. A imagem exhibe as feições de relevo na área do Projeto Unai. Dentre elas estão as cristas ou serras, os vales de fundo plano e, à oeste, os planaltos 21

2 Geologia Regional

- Figura 2.1:** Mapa geológico simplificado da porção centro-leste da Província Tocantins Pimentel *et al.* (2004) 22
- Figura 2.2:** Mapa tectônico e localização da área. (A) Localização da Faixa Brasília no contexto do cráton São Francisco (limite cratônico compilado de Alkmim e Teixeira, 2017); (B) arcabouço geotectônico da Faixa Brasília (Dardenne, 2000) e compartimentação tectônica proposta por Fuck *et al.* (2005) 23
- Figura 2.3:** Coluna estratigráfica da Formação Quilombo. As sucessões mostram cerca de 400 m de espessura aparente. Adaptado de Campos *et al.*, 2021..... 25
- Figura 2.4:** Coluna estratigráfica do Grupo Paranoá na área-tipo de Alto Paraíso de Goiás/Distrito Federal (modificada de Faria, 1995) 27
- Figura 2.5:** Coluna estratigráfica dos grupos Canastra, retirada de Moura (2018) e adaptada de Rodrigues (2008) e Dardenne (2000) 29
- Figura 2.6:** Coluna estratigráfica do Grupo Vazante, retirada de Moura (2018) e adaptada de Dardenne (2000) 31
- Figura 2.7:** Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí, retirada de Moura (2018) e adaptada de Dardenne (2000) 35

3 Geotecnologias Aplicadas

- Figura 3.1:** *Hillshades* gerados a partir de ângulos de iluminação distintos, ambos em com altitude de 45 m, para a Subárea XI 39
- Figura 3.2:** Imagem do satélite Sentinel-2 na composição de banda RGB 4/3/2. O polígono em vermelho respresenta a Subárea XI..... 41
- Figura 3.3:** Imagem do satélite Sentinel-2 na composição de banda RGB 8/4/3, destacando a vegetação (em vermelho). O polígono em preto respresenta a Subárea XI 41
- Figura 3.4:** Mapa base utilizado pela Subárea XI (polígono em vermelho), com as principais vias de acesso, drenagens e pontos de apoio..... 41
- Figura 3.5:** Detalhamento dos lineamentos morfoestruturais na Subárea XI. O diagrama de roseta em laranja evidencia uma direção preferencial NNW-SSE (335°) das estruturas, por outro lado o diagrama de roseta referente a Subárea XI mostra uma direção preferencial quase N-S 42

Figura 3.6: Fluxograma com as etapas de processamento dos dados aerogeofísicos realizados pela Lasa Engenharia e Prospecções S.A (Lasa, 2001)	44
Figura 3.7: Fluxograma dos produtos gamaespectométricos. porcentagem do potássio (K), equivalente de tório (eTh), equivalente de urânio (eU), composição ternária CMY (CMY) e composição ternária RGB (RGB)	45
Figura 3.8: Mapas gamaespectométricos da porcentagem do potássio (K), equivalente de tório (eTh), equivalente de urânio (eU), composição ternária CMY (CMY) e composição ternária RGB (RGB) ..	46
Figura 3.9: Mapa de composição ternária RGB com os domínios gamaespectométricos interpretados ..	47
Figura 3.10: Fluxograma dos produtos magnetométricos. Campo magnético anômalo (CMA), derivadas horizontais (DX e DY, produtos não elaborados), derivada vertical (DZ), amplitude do sinal analítico (ASA) e derivada TILT (TILT)	49
Figura 3.11: Mapas magnetométricos de campo magnético anômalo (CMA), derivada vertical (DZ), amplitude do sinal analítico (ASA) e derivada TILT (TILT)	49
Figura 3.12: Mapa de amplitude do sinal analítico (ASA) com os domínios magnéticos interpretados .	51
Figura 3.13: Modelo representando a aquisição sísmica. (Adaptada de Gerhrdt, 1988)	53
Figura 3.14: Modelo esquemático demonstrando a velocidade da onda sísmica em três camadas distintas	53
Figura 3.15: Linha sísmica R0240_São_Francisco_045_PSTM em amarelo intersectando a área do Projeto Unai em vermelho. Os pontos vermelhos se referem aos poços próximos, que podem ser utilizados na amarração estratigráfica da seção sísmica	54
Figura 3.16: Seção sísmica interpretada.....	55

4 Estratigrafia, Petrografia e Sistemas Depositionais

Figura 4.1: Mapa geológico simplificado da Subárea XI, demonstrando as unidades litológicas que ocorrem na mesma. A) Mapa integrado do Projeto Unai destacando a Subárea XI em vermelho; B) Mapa geológico da Subárea XI	57
Figura 4.2: Afloramento na base da estrada. Ritmito, caracterizado pela intercalação de pacotes psamíticos, entre 0,5 e 1 m, e pelíticos, de poucos centímetros até 75 cm. Ponto 95, coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.144.244, E 300.540	59
Figura 4.3: Ritmito pelítico, caracterizado pela intercalação de pacotes de siltitos, entre 15 e 70 cm, e níveis psamíticos entre 10 e 20 cm. Ponto 96, Coordenadas UTM: Zona 23S, N 8143859, E 300714	59
Figura 4.4: Ritmito psamítico, caracterizado pela intercalação de camadas de arenitos, de 20 a 30 cm, e camadas pelíticas de 15 a 40 cm. Ponto 105, Coordenadas UTM: 23 S, N 8.146.654, E 302.183 ...	60
Figura 4.5: Coluna estratigráfica de afloramento. Ponto 157, Coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.145.783, E 298.298	60
Figura 4.6: Coluna estratigráfica esquemática da Formação Quilombo, sem distinção dos arenitos e lamitos. A espessura da unidade não foi colocada devido ao intenso dobramento observado em campo das suas rochas. Segundo Campos <i>et al.</i> (2021) a sucessão teria aproximadamente 400 metros de espessura aparente	61
Figura 4.7: Pacote métrico de folhelho bem preservado. Ponto 116 (na Subárea X), Coordenadas UTM: 23 S, N 8147300, E 297748	61
Figura 4.8: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-VI-110, classificada como litoarenito, constituída essencialmente por grãos de quartzo (Qtz) de areia média arredondados e fragmentos líticos pelíticos deformados (FL). B) Amostra TF20-VI-110	63
Figura 4.9: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-IX-42 que mostram o arcabouço, constituído por grãos de areia fina a muito fina e lama. B) Amostra TF20-IX-42	64
Figura 4.10: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-XI-116, composta essencialmente por grãos de areia fina e lama. B) Amostra TF20-XI-116	65

Figura 4.11: A) Fotomicrografias da lâmina TF-20-XI-110, classificada como grauvaca lítica, constituída essencialmente por grãos de quartzo (Qtz) de areia média, alguns fragmentos líticos (FL) de granulometria maior e lama. B) Amostra TF20-XI-110	66
Figura 4.12: Modelo deposicional de leque submarino dominado por areia e lama para a Formação Quilombo. 1 - Deposição em leque superior/canal; 2 - deposição em leque médio; 3 - deposição em leque inferior/planície	68
Figura 4.13: Ocorrência dos diferentes tipos petrográficos da Formação Córrego do Barreiro e os respectivos contextos fisiográficos de ocorrência	69
Figura 4.14: Coluna estratigráfica esquemática da Formação Córrego do Barreiro	69
Figura 4.15: A) Principal forma de exposição de siltitos em drenagem. Esse tipo de afloramento impede que algumas feições possam ser observadas. B) Afloramento de siltito em corte de estrada, localizado na subárea VIII	70
Figura 4.16: A) Fotomicrografias da lâmina TF-20-XIV-32a, evidenciando a relação mineralógica e textural entre os domínios da rocha. B) Amostra TF-20-XIV-32a, demonstrando o contato entre o D1 referente a fácies Arenito fino a médio e o D2 associado a fácies Arenito grosso a conglomerático	71
Figura 4.17 - Amostra de dololutito estromatolítico planar, demonstrando feições de recristalização de carbonato (porções esbranquiçadas)	72
Figura 4.18: Fotomicrografias da lâmina TF-20-XIII-32B evidenciando feições de recristalização (Rc). B) Amostra de dolarenito maciço extraclástico	73
Figura 4.19: Amostra de dololutito maciço	73
Figura 4.20: Amostra de fácies brecha maciça em que é possível observar os fragmentos de rocha carbonática, e os bolsões de recristalização da micrita (porções claras)	74
Figura 4.21: A) Amostra que representa a zona de interdigitação de sedimentos terrígenos e carbonáticos (os pontos escuros arredondados representam extraclastos de quartzo). B) coluna do afloramento do Ponto 125, Coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.145.404, E 296.055	75
Figura 4.22: Modelo deposicional da Formação Córrego do Barreiro	76
Figura 4.23: Foto panorâmica da escarpa da Serra Alto da Mangabeira. Ponto 72, Coordenadas UTM: 23 S, N 8.145.526, E 291.958	77
Figura 4.24: Coluna estratigráfica esquemática da Formação Serra do Landim.	77
Figura 4.25: A) Exposição de uma grande sucessão filítica às margens de um córrego seco. As camadas têm espessuras de 1 a 10 cm aproximadamente. B) Sucessão filítica com uma camada de maior contribuição quartzosa destacada. Ponto 140, Coordenadas UTM: Zona 23S, N 8.146.665, E 290.398	78
Figura 4.26: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-XIII-33, composta por fengita e clorita, apresenta granulação fina e textura lepidoblástica. B) Amostra TF20-XIII-33	79
Figura 4.27: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-XIV-28, classificada como filito, mostrando os pseudomorfos de pirita, compostos por óxidos de ferro, e a matriz fina muito alterada. B) Amostra TF20-XIV-28	80
Figura 4.28: A) Afloramento de mármore dolomítico em morrote no sopé de uma serra, rodeado por blocos rolados da mesma litofácies. B) Cavidade ou fenestra preenchida por quartzo, é possível observar o relevo contrastante entre o cimento e o carbonato. Ponto 67, Coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.145.108, E 291.091	81
Figura 4.29: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-X-117, composta essencialmente por carbonato e quartzo e amostra, mostrando uma porção brechada. B) Amostra TF20-X-117	82

5 Geologia Estrutural

Figura 5.1: Mapa geológico do Projeto Unai	84
Figura 5.2: Estereogramas das medidas integradas de S0, Sp e Ss, das formações Quilombo, Córrego do Barreiro e Serra do Landim, respectivamente	85
Figura 5.3: Afloramento em drenagem de ritmito psamítico, pertencente ao Membro Ribeirão da Porteira, Formação Quilombo. As dobras são assimétricas, cilíndricas, suavemente inclinadas para NE e vergem para E. A ilustração também mostra a relação entre o acamamento, S0, e a foliação	

- principal, Sp, representada pela superfície axial das dobras, que mergulha em alto ângulo para oeste. Ponto 107, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.146.457, E 302.018 **86**
- Figura 5.4:** Dobras em afloramentos de filitos da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra. A) Afloramento em corte de estrada. Ponto 72, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.145.526, E 291.958. B) Afloramento em corte de estrada. Ponto 73, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.145.583, E 292.011. **87**
- Figura 5.5:** Afloramento em corte de estrada de filito quartzoso da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra. A figura evidencia a relação de corte em alto ângulo entre Sp e Ss. O maior conteúdo de quartzo do filito torna a expressão de Sp bem espaçada. Na parte superior da figura podemos ver uma pequena dobra suave rompida por Sp. Ponto 72, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.145.526, E 291.958 **88**
- Figura 5.6:** Roseta das medidas dos planos de fratura de todo o projeto **89**
- Figura 5.7:** Afloramento em drenagem de ritmito pelítico, pertencente ao Membro Ribeirão do Franco. A figura mostra a relação entre uma camada de grauvaca e suas fraturas preenchidas por cimento silicoso. Ponto 157, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.145.783, E 298.298. Medidas referte a cada fratura: **1)** 126/45, **2)** 030/35, **3)** 076/34 e **4)** 008/71 **89**
- Figura 5.8:** Ilustração da relação entre o acamamento e as clivagens espaçadas (Sp), desenvolvidas em arenitos da Formação Quilombo A) Afloramento em drenagem de ritmitos psamítico, pertencente ao Membro Ribeirão da Porteira. Ponto 106, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.146.611, E 302.018. B) Afloramento na base de estrada de camada métrica de arenito, pertencente ao Membro Ribeirão do Franco. Ponto 95, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.144.017, E 300.540 **90**
- Figura 5.9:** Afloramento em morrote de dolomito com abundantes extraclastos de quartzo. A relação entre o alto ângulo entre S0 e Sp é ilustrada à direita. Ponto 50, Coordenadas UTM: 23 S, N 8.144.561, E 296.900 **90**
- Figura 5.10:** Afloramento em drenagem de fengita clorita filito, com duas direções de fraturas com abertura milimétrica. Ponto 71, Coordenadas UTM: 23 S, N 8.145.530, E 291.875 **91**
- Figura 5.11:** A) *Slickenside* e *slickenlines* (ranhuras) em arenito. B) *Slickensteps*. Subárea IX, Ponto 72, Coordenadas UTM: 23 S, N 8.150.576, E 298.292 **91**

6 Zoneamento Hidrogeológico

- Figura 6.1:** A) Gráfico de balanço hídrico climatológico – exhibe a relação mês (eixo X) e o volume de água em mm (eixo Y) retirado, repostado, em deficit e em excesso. B) Gráfico de armazenamento de água no solo com normal realizado a partir da capacidade de água disponível (CAD - solo argiloso) igual a 100 entre 2019 e 2021. Fonte: INMET, 2021..... **94**
- Figura 6.2:** Mapa de Zoneamento Hidrogeológico do Projeto Unai **96**
- Figura 6.3:** Perfil construtivo do poço tubular UNA-262 (SIAGAS – CPRM) **98**
- Figura 6.4:** Afloramento em drenagem de ritmito psamo-pelítico. Na foto tem-se uma camada psamítica, classificada como grauvaca, bem alterada, que mostra um sistema de fraturas. Ponto 114, coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.146.907, E 298.543 **99**
- Figura 6.5:** Poço tubular sem proteção sanitária adequada, não cadastrado no SIAGAS. Ponto 123, coordenadas UTM: Zona 23S, N 8.144.323, E 297.549 **100**

7 Evolução Geológica

- Figura 7.1:** Rifting do embasamento e deposição do Grupo Araí, durante o Estateriano, com sedimentação continental incluindo sistemas de leques aluvionares, fluviais entrelaçados, eólicos, lacustres e vulcanismo bimodal **103**
- Figura 7.2:** Evolução do sistema para uma bacia tipo *SAG*, com a deposição do Grupo Traíras, durante o Calaminiano **103**
- Figura 7.3:** Deposição da Formação Quilombo em bacia tipo *SAG*, no início do Ectasiano **104**
- Figura 7.4:** Deposição do Grupo Paranoá, no Esteniano. A bacia tipo *SAG* evoluiria inicialmente de um mecanismo de subsidência mecânica, e passaria por termo-flexural e flexural, sendo preenchida em sua etapa final de deposição por uma plataforma mista siliciclástica-carbonática **105**

Figura 7.5: Durante a Orogênese Brasileira ocorreria a exumação e transporte da *nappe* do Grupo Canastra, depositada a maior distância do Cráton São Francisco. Em seguida, ocorreriam as falhas reversas e os empurrões. Na bacia de antepaís da Faixa Brasília, se depositaria o Grupo Bambuí . **106**

8 Potencias Econômicos

Figura 8.1: Arcabouço geotectônico da porção centro-sul da Faixa Brasília com localização da Província Vazante-Paracatu, destaque para as áreas dos projetos realizados no Distrito Zíncífero de Vazante (Dias *et al.*, 2015) e Distrito Mineral (Zn-Pb-Cu) de Paracatu-Unaí. O polígono em vermelho representa a área do Projeto Unaí. (Adaptado de Heineck *et al.*, 2004 e Valente *et al.*, 2004) **107**

Figura 8.2: Mapa de localização. A) Exibe as principais vias de acesso até a área do Projeto Unaí. B) expõe os principais pontos turísticos da área do Projeto Unaí, bem como as vias de acesso **111**

Figura 8.3: Vista do salão do salão principal da cavidade natural conhecida como Lapa do Sapezal e do lago de origem freática, em Unaí (MG). Estalactites e estalagmites representam os principais espeleotemas encontrados na cavidade. Coordenadas UTM: Zona 23S, N 8141431 / E 297893 ... **112**

Figura 8.4: Imagens da queda d'água conhecida por Água Boa e Doce. Coordenadas UTM: Zona 23S, N 8136314 / E 293092 **112**

Figura 8.5: Fotografias orbitadas na Subárea XI na Formação Quilombo. **A)** Vista para o nascer do Sol. Ponto indicado para observar estrelas ou realizar acampamentos. Coordenadas UTM: Zona 23S, N 81346552 / E 295930. **B)** Estrada de terra com declividade elevada. Indicada para trilhas ou para outros esportes **113**

9 Conclusões e Recomendações

Figura 9.1: Figura comparativa entre o mapa integrado do Projeto Unaí (A) e as folhas Unaí e Serra da Aldeia (B) (CPRM, 2015) **115**

Lista de Quadros

2 Geologia Regional

Quadro 2.1: Compartimentação tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília proposta pelos autores citados..... **24**

Quadro 2.2: Principais unidades que afloram na região do estudo e os principais tipos petrográficos de cada formação (baseada em Dardenne, 2000; Moura, 2018; Campos *et al.*, 2021) **25**

3 Geotecnologias Aplicadas

Quadro 3.1: Síntese dos *hillshades* gerados a partir de ângulos de iluminação distintos **39**

Quadro 3.2: Faixas espectrais e resoluções das bandas do sensor MSI do satélite Sentinel-2. Fonte: ESA. **40**

Quadro 3.3: Informações técnicas dos instrumentos **44**

Quadro 3.4: Descrição dos domínios gamaespectométricos **48**

Quadro 3.6: Descrição dos domínios gamaespectométricos **52**

4 Estratigrafia, Petrografia e Sistemas Depositionais

Quadro 4.1: Fácies sedimentares da Formação Quilombo, observadas em toda a área do Projeto Unaí. *Fácies não observadas na Subárea XI **67**

Quadro 4.2: Fácies sedimentares da Formação Córrego do Barreiro observadas em toda a área do Projeto Unai. *Fácies não observadas na Subárea XI **74**

6 Zoneamento Hidrogeológico

Quadro 6.1: Dados de vazões e hidráulicos de poços tubulares na área do projeto **98**

Sumário

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 APRESENTAÇÃO.....	13
1.2 JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS	13
1.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	14
1.4 MATERIAIS E MÉTODOS	15
1.4.1 Etapa Pré-Campo.....	15
1.4.2 Etapa de Campo	16
1.4.3 Etapa Pós-campo.....	16
1.5 CRITÉRIOS PARA DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA DAS ROCHAS	17
1.6 CRITÉRIOS PARA DESCRIÇÃO ESTRUTURAL.....	17
1.7 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	17
1.7.4 Clima	17
1.7.5 Cobertura Vegetal	18
1.7.6 Solos	18
1.7.7 Uso e Cobertura do Solo	19
1.7.8 Hidrografia.....	19
1.7.9 Geomorfologia.....	19
2 GEOLOGIA REGIONAL.....	22
2.1 INTRODUÇÃO	22
2.2 COMPARTIMENTAÇÃO E EVOLUÇÃO DA FAIXA DE DOBRAMENTO BRASÍLIA	23
2.3 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
2.3.1 Formação Quilombo.....	24
2.3.2 Grupo Paranoá.....	26
2.3.3 Grupo Canastra.....	29
2.3.4 Grupo Vazante.....	31
2.3.5 Grupo Bambuí	34
3 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS.....	37
3.1 INTRODUÇÃO	37
3.2 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A CARTOGRAFIA GEOLÓGICA	37
3.2.1 Imagem ALOS (<i>Advanced Land Observing Satellite</i>).....	38
3.2.1.1 MDE e Hillshade (relevo sombreado).....	38
3.2.2 Imagens Sentinel-2	39
3.2.2.1 Confecção do Mapa Base.....	40
3.2.3 Mapa de Lineamentos Morfoestruturais	40
3.2.4 Aplicativos de Navegação.....	42
3.2 AEROGEOFÍSICA	43
3.2.1 Gamaespectometria.....	44
3.2.2 Magnetometria.....	48
3.3 SÍSMICA DE REFLEXÃO	52
3.3.1 Aquisição dos Dados Sísmicos da Área de Estudo.....	53
3.3.2 Interpretação	54
4 ESTRATIGRAFIA, PETROGRAFIA E SISTEMAS DEPOSICIONAIS	56
4.1 INTRODUÇÃO	56
4.2 GEOLOGIA DO PROJETO UNAI	56
4.3 GEOLOGIA LOCAL - SUBÁREA XI.....	58
4.3.1 Formação Quilombo.....	58
4.3.1.1 Lamitos.....	61
4.3.1.2 Litoarenitos.....	62
4.3.1.3 Grauvaca.....	63
4.3.1.4 Grauvaca Lítica	66
4.3.1.5 Discussão.....	66
4.3.2 Grupo Paranoá - Formação Córrego do Barreiro	68

4.3.2.1 Siltito	69
4.3.2.2 Arenito Fino a Médio	70
4.3.2.3 Arenito grosso a Conglomerático	70
4.3.2.4 Dololutito Estromatolítico Planar	71
4.3.2.5 Dolarenito Maciços Extraclástico e Intraclástico	72
4.3.2.6 Dololutito	73
4.3.2.7 Brecha Maciça	74
4.3.2.8 Discussão	74
4.3.3 <i>Grupo Canastra</i>	76
4.3.3.1 Filitos	77
4.3.3.2 Quartzitos	80
4.3.3.3 Mármore	81
4.3.3.4 Discussão	82
5 GEOLOGIA ESTRUTURAL	83
5.1 INTRODUÇÃO	83
5.2 ARCABOUÇO ESTRUTURAL	83
5.3 ESTRUTURAS DE CARÁTER DÚCTIL	86
5.4 ESTRUTURAS DE CARÁTER RÚPTIL	89
5.5 DISCUSSÃO	92
6 ZONEAMENTO HIDROGEOLOGICO	94
6.1 INTRODUÇÃO	94
6.2 UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS	95
6.2.1 <i>Domínio Freático ou Intergranular</i>	95
6.2.2 <i>Domínio Fraturado</i>	95
6.2.3 <i>Domínio Físsuro-Cárstico</i>	97
6.3 POÇOS TUBULARES	97
6.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
7 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA	101
7.1 INTRODUÇÃO	101
7.2 GEOLOGIA NÃO AFLORANTE	101
7.3 GEOLOGIA AFLORANTE	101
7.4 DISCUSSÃO	102
8 POTENCIAL ECONÔMICO	107
8.1 INTRODUÇÃO	107
8.2 POTENCIALIDADES GEOECONÔMICAS MINERAIS	108
8.2.1 <i>Potencial Pb e Zn ± Cu</i>	108
8.2.2 <i>Potencial para Dolomito Agrícola e Agregados</i>	109
8.2.3 <i>Potencial para Fosfato</i>	109
8.2.4 <i>Potencial para Argila</i>	109
8.2.5 <i>Potencial para Ouro</i>	110
8.3 POTENCIALIDADES GEOECONÔMICAS NÃO MINERAIS	110
8.3.1 <i>Potencial para Geoturismo</i>	110
8.3.2 <i>Potencial para atividades ao Ar Livre</i>	113
9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	114
9.1 PRINCIPAIS RESULTADOS	114
9.2 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	117
REFERÊNCIAS	118

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

O Projeto Unaí corresponde ao conjunto de atividades realizadas nas disciplinas “Preparação para Mapeamento Geológico Final - IGD0114” e “Trabalho de Mapeamento Geológico Final - IGD0179” do curso de graduação em Geologia do Instituto de Geociências - IG da Universidade de Brasília - UnB. O projeto é referente ao ano de 2020 e foi realizado durante o ano de 2021, devido a Pandemia de COVID-19 ter impossibilitado sua realização anteriormente.

O projeto consistiu no mapeamento geológico na escala 1:50.000 de uma área de 651 km², localizada na região noroeste do estado de Minas Gerais, entre os municípios de Unaí e Paracatu. A área está inserida na Zona Externa do Seguimento Meridional da Faixa Brasília Sul, Província Tocantins.

O Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos coordenou o projeto com auxílio dos professores orientadores Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto, Dr. Martino Giorgioni e do doutorando Lucas Santos Batista Teles. A área do projeto foi dividida em treze subáreas designadas a doze duplas e um trio de estudantes para o mapeamento geológico. Ao longo deste relatório será dado enfoque às feições observadas e descritas na Subárea XI, bem como em aspectos gerais da área do projeto.

1.2 Justificativas e Objetivos

A área estudada tem questões geológicas de interesse, que necessitam de atenção. Dentre elas, destacam-se a qual ou quais unidades pertenceriam as sequências psamo-pelito-carbonáticas aflorantes, e a caracterização da recém-proposta Formação Quilombo (Moura, 2018; Campos *et al.*, 2021), que corresponde essencialmente a sequências rítmicas turbidíticas com restritas ocorrências de rochas vulcânicas. Assim, o projeto pretende estabelecer um quadro litoestratigráfico e contribuir com a compreensão da evolução geológica regional.

Os principais objetivos do projeto foram a confecção do mapa geológico integrado de semidetalhe na escala 1:50.000 e elaboração de relatórios para cada subárea. Os objetivos específicos incluem: refinar a cartografia da Formação Quilombo; sugerir um quadro litoestratigráfico para região; caracterizar o arcabouço geológico estrutural; individualizar unidades hidrogeológicas; avaliar o potencial econômico da área; e discutir a evolução geológica regional. O trabalho também compreende a aplicação e refinamento dos conhecimentos e técnicas estudadas ao longo do curso de graduação em Geologia, num exercício multidisciplinar, que avalia a aptidão dos alunos da disciplina de Trabalho de Mapeamento Geológico Final.

1.3 Localização e Vias de Acesso

A área do Projeto Unai está inserida nas folhas Unai (SE.23-V-A-III) e Serra da Aldeia (SE.23-V-A-VI), que recobrem uma região entre os municípios de Unai e Paracatu, na porção noroeste do estado de Minas Gerais, à aproximadamente 165 km de Brasília - DF. A principal rota de acesso à área, a partir do estacionamento do ICC Sul (Universidade de Brasília), se dá por meio da DF-001, que passa pelas regiões administrativas do Lago Sul, Jardim Botânico e de São Sebastião. Em seguida, deve-se acessar a DF-140 e posteriormente seguir pela BR-251 até Unai (Fig. 1.1).

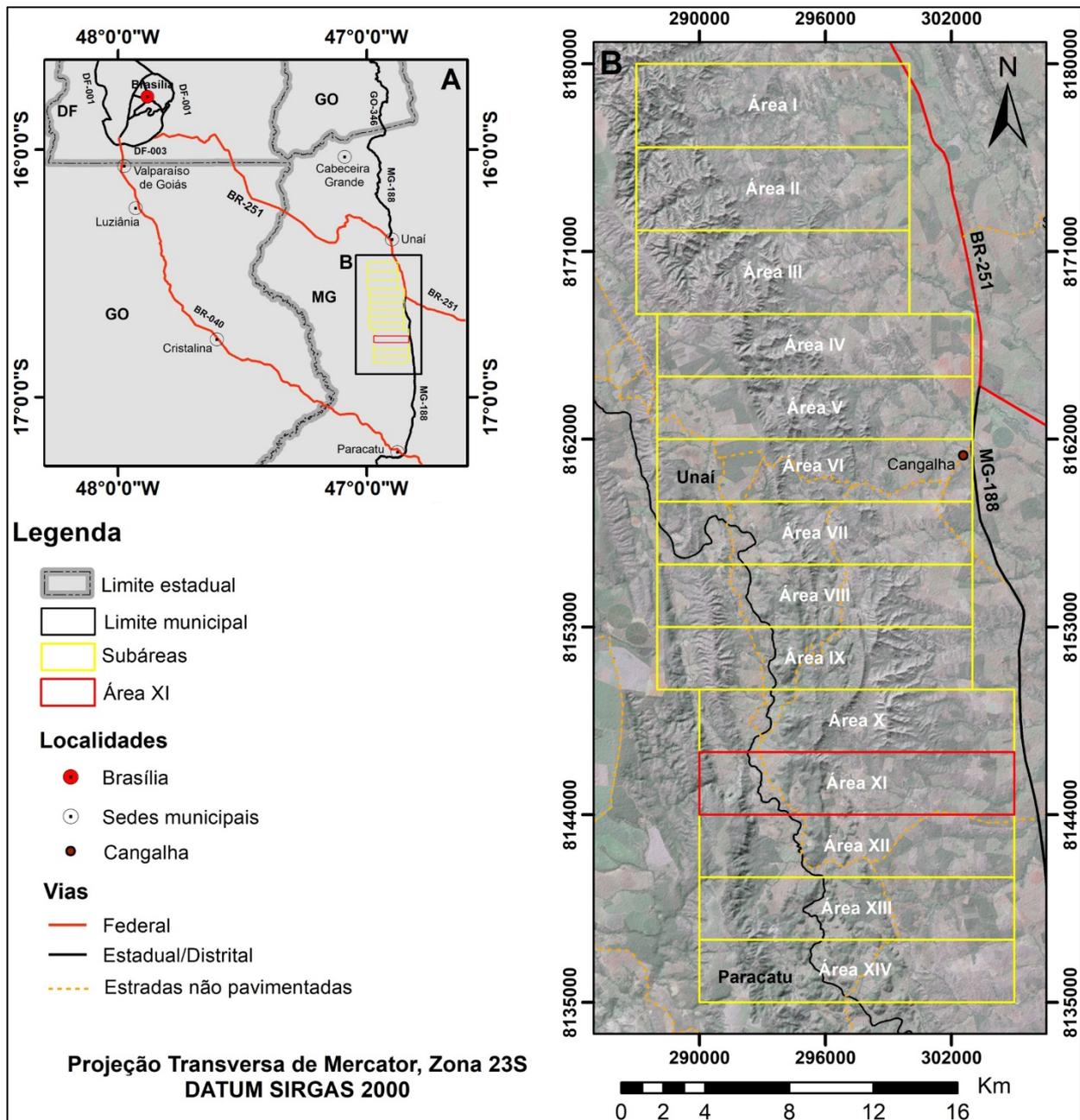


Figura 1.1: A) Mapa de localização exibindo as principais vias de acesso partindo de Brasília (DF) até Unai. B) Mapa detalhando as principais vias de acesso, bem como a articulação das áreas do Projeto Unai. Destaque para Subárea XI. Fonte dos dados espaciais: IBGE.

O principal acesso à Subárea XI, a partir da base do projeto na “Pousada/Hotel Recanto Estrela Kamayura”, em Unai, se dá pela BR-251/MG-188, seguindo por aproximadamente 45 km sentido Paracatu. Além das rodovias, a Subárea XI conta com uma malha de vias não pavimentadas e trilhas que possibilitaram o acesso amplo por todo seu perímetro durante a etapa de campo. Essa rede de vias de acesso é detalhada na Fig. 1.2.

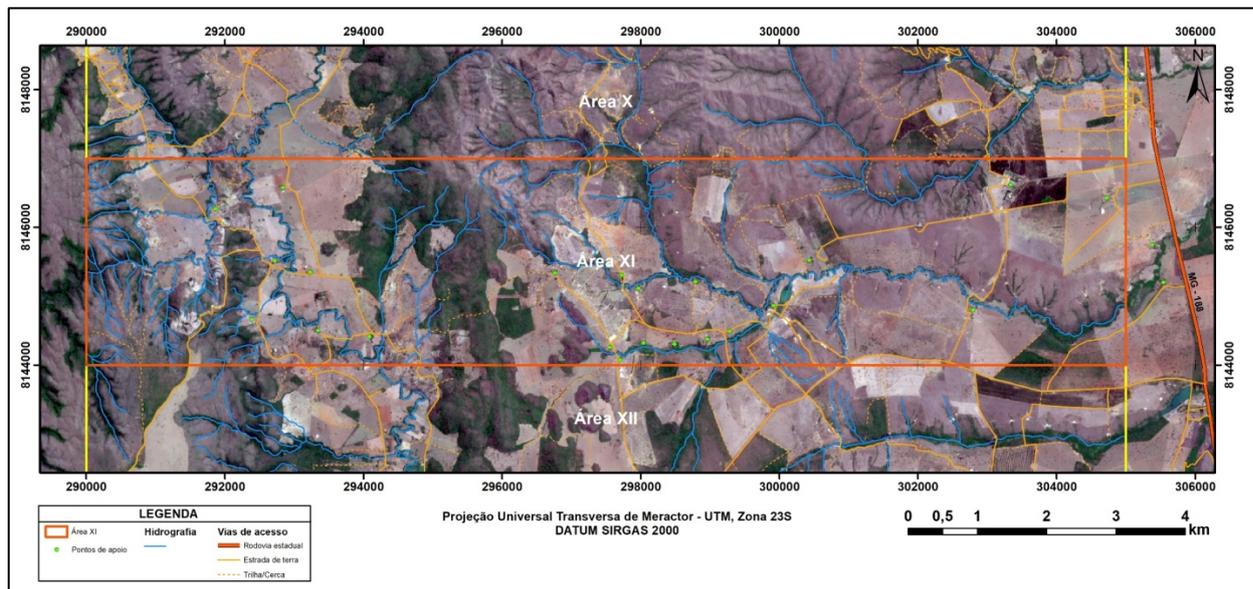


Figura 1.2: Mapa-base mostrando as principais vias de acesso, drenagens e pontos de apoio (sedes de fazendas) da Subárea XI, destacada em vermelho. A Subárea XI é delimitada pelas coordenadas UTM: 290000/8147000; 290000/8144000; 305000/8144000 e 305000/8144000. Fonte dos dados espaciais: IBGE.

1.4 Materiais e Métodos

O desenvolvimento do mapeamento geológico do Projeto Unai foi realizado em três etapas: preparação para as atividades de campo (ou etapa pré-campo), de campo e a de pós-campo. Os materiais e métodos utilizados serão detalhados a seguir.

1.4.1 Etapa Pré-Campo

A etapa pré-campo foi realizada entre os meses de maio e junho de 2021, consistindo em atividades e elaboração de produtos que auxiliam as etapas posteriores. Nessa etapa, foram consultados artigos científicos e trabalhos acadêmicos para melhor compreensão do arcabouço geológico da área do projeto. A partir do levantamento bibliográfico, o contexto geológico em que se insere a área foi inicialmente descrito e posteriormente refinado para compor o capítulo de **Geologia Regional**. Ademais, foram elaborados mapas-base, mapas geofísicos e fotointerpretados, compostos por lineamentos morfoestruturais. Os mapas-base (Fig. 1.2) e o fotointerpretado foram confeccionados na escala 1:50.000 com auxílio do software ESRI® ArcGIS™ 10.8.1.

1.4.2 Etapa de Campo

A etapa de campo ocorreu entre os dias 05 e 21 de julho de 2021, entre os municípios de Unai e Paracatu, MG. O mapeamento da área contou com uma equipe de 30 integrantes, dentre eles, estudantes, professores e monitores. Perfis estratégicos de caminhada foram realizados com objetivo de coletar dados distribuídos por toda a área, para a confecção do mapa geológico final. Os dados incluem informações estruturais, petrográficas em escala macroscópica, pedológicas, e geomorfológicas, além da coleta de amostras para confecção de lâminas petrográficas. Na Subárea XI constam 181 pontos marcados durante o campo (Fig. 1.3). Dentre os pontos temos: 71 afloramentos, 11 pontos onde foram encontrados blocos *in loco*, 33 pontos com blocos rolados descritos e 66 pontos de controle.

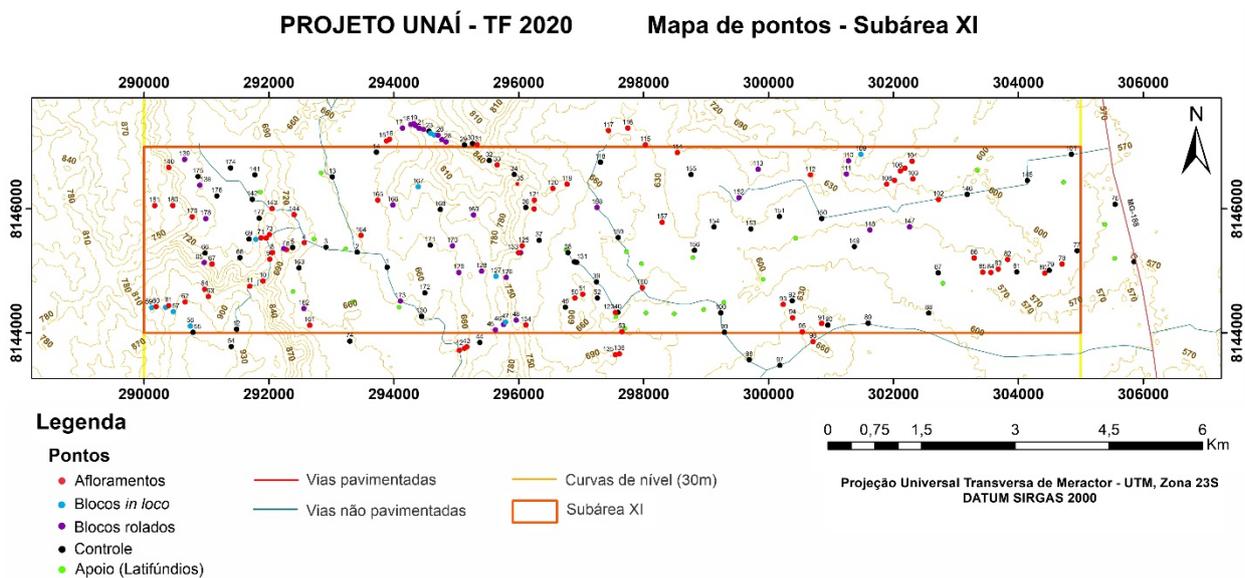


Figura 1.3: Mapa de pontos da Subárea XI.

Os instrumentos utilizados nesta etapa foram os EPI's, bússola tipo Brunton DQL-8, aparelho de GPS (*Global Positioning System*) Garmin eTrex, marreta, martelo geológico, lupa, caneta magnética e mapas produzidos na etapa pré-campo, os quais foram utilizados com auxílio de aplicativos para *smartphones*, como o Map Plus v 2.8.11.1 e Avenza v 3.14.

Após a realização dos perfis de caminhada diários, houve reuniões para discussão das observações de campo, atualização do banco de dados individuais e tomada de decisões quanto a logística dos caminhamentos seguintes. No último dia, o mapa geológico integrado preliminar e um perfil geológico esquemático de cada subárea foram concluídos.

1.4.3 Etapa Pós-campo

A etapa de pós-campo ocorreu no segundo semestre letivo de 2021 na Universidade de Brasília, entre os dias 28 de agosto e 06 de novembro. O objetivo desta etapa consistiu em

agrupar, editar e refinar os dados supracitados para produção dos relatórios de cada subárea e do mapa geológico final integrado.

Nessa etapa, foram descritas quinze lâminas petrográficas, realizadas análises sistemáticas de dados estruturais para interpretação do modelo de evolução tectônica da área e a interpretação de difratogramas de raios-x. As lâminas petrográficas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação (LABLAM - UnB), a partir de amostras selecionadas, dentre todo o conjunto do projeto. Somente alguns exemplares de rochas não alteradas para cada litofácies foram utilizados, incluindo arenitos, conglomerados, dolomitos, vulcânicas, filitos, quartzitos e mármores. As lâminas foram descritas no Laboratório de Microscopia M-3, do Instituto de Geociências.

1.5 Critérios para Descrição Petrográfica das Rochas

Barroso *et al.* (2017) assume que as rochas do Grupo Paranoá (Formação Córrego do Barreiro), na zona externa da Faixa Brasília, estariam no estágio de diagênese a anquizona, não atingindo fácies metamórfica. Assim, neste trabalho as rochas pertencentes à unidade são tratadas como sedimentares, principalmente devido à preservação de estruturas sin-deposicionais e ausência de texturas e paragêneses metamórficas. Analogamente, as rochas da Formação Quilombo são consideradas como sedimentares. Nas unidades citadas, utilizou-se a classificação de Folk (1980) para as litofácies siliciclásticas, e a de Dunham (1962) para as carbonáticas. Somente as rochas da Formação Serra do Landim são caracterizadas como metassedimentares.

1.6 Critérios para Descrição Estrutural

Foram coletadas medidas de acamamento, foliação e fraturas em formato “direção do mergulho/mergulho” e “direção do caimento/caimento” no caso das lineações. A declinação magnética considerada para a região na época do trabalho foi de 22° para oeste.

1.7 Aspectos Fisiográficos

A área do projeto situa-se na Microrregião de Unaí. A seguir estão detalhados os aspectos fisiográficos desta Microrregião com enfoque na área do projeto.

1.7.4 Clima

Segundo o Sistema de Classificação Climática de Köppen, que utiliza os dados de médias mensais de temperatura do ar e precipitação para definir os limites climáticos, a área do projeto está inserida em uma região de clima Aw, que corresponde à clima tropical com inverno seco (Martins *et al.*, 2018). A precipitação pluvial média anual é de 1.400 mm. A temperatura média

anual é de 24°C, com temperaturas médias máximas e mínimas de 31 e 18°C, respectivamente (INMET, 2021).

1.7.5 Cobertura Vegetal

O bioma local é o Cerrado, onde são identificados três principais tipos de vegetação: Cerrado, Campo-Cerrado e Veredas (Pinto, 2001).

O Cerrado é composto por árvores baixas, tortuosas e inclinadas, de ramificações irregulares e retorcidas, com a presença de estrato arbustivo e subarbustivo denso. Esse tipo de vegetação é presente nas porções de relevo plano a suavemente ondulado, em direção às porções mais baixas no geral.

O Campo-Cerrado é dominado por gramíneas, arbustos e pequenas árvores esparsas e isoladas entre si, presente principalmente entre relevo suave ondulado e no topo das serras.

As Veredas são constituídas por árvores e arbustos de folhas sempre verdes encontradas em depressões, vales e acompanhando cursos d'água. Algumas dessas relações entre o relevo e a cobertura vegetal podem ser observadas na Fig. 1.4.



Figura 1.4: Paisagem local da Subárea XI. Em 1, o relevo é fortemente ondulado a montanhoso, com vegetação predominante de Campo Cerrado. Em 2, o relevo é aplainado a ondulado nos vales, que caracterizam a Depressão Sanfranciscana, com predomínio de vegetação Cerrado. As Veredas estão em depressões e próximas a cursos d'água, dentro dos vales de fundo plano a suavemente ondulado.

1.7.6 Solos

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos *et al.*, 2018), os solos presentes na área do projeto são essencialmente: Neossolos Litólicos, Cambissolos, Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Nitossolos ou Argissolos, subordinadamente

ocorrem Gleissolos e Plintossolos. Os diferentes solos estão intimamente associados aos tipos de relevo e às litologias sobre os quais se formam.

Os Neossolos Litólicos e Cambissolos ocorrem normalmente em áreas de relevo ondulado a montanhoso, nos quais é possível observar muitos blocos, fragmentos de rocha e desmantelado de lateritos (ou petroplintita). Os Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos predominam sobre áreas com padrão de relevo plano a suave ondulado. Os perfis dos Latossolos são profundos e afloramentos são dificilmente observados. Os solos podzolizados, aqui referidos como Nitossolos/Argissolos, ocorrem associados a relevos suave ondulado a ondulado. Os Gleissolos ocorrem associados às drenagens. E por fim, os Plintossolos estão associados a superfícies elevadas e aplainadas, que sustentam o relevo.

1.7.7 Uso e Cobertura do Solo

Na Fig. 1.5, tem-se um mapa de uso e cobertura do solo. O solo da área do projeto é utilizado principalmente na pastagem, lavouras temporárias e na silvicultura (Floresta Plantada), nesta ordem de predomínio.

Os pastos são para pecuária de corte e em menor escala para pecuária de leite. Na região, pivôs de irrigação são muito utilizados nas plantações temporárias, que incluem principalmente a soja. A silvicultura basicamente se restringe à pequenas áreas onde plantam-se eucaliptos. A cobertura natural do solo abrange formações florestais, savânicas e campestres, localizadas principalmente nas porções de relevo com padrão forte ondulado a montanhoso, onde a ocupação é restrita.

1.7.8 Hidrografia

A Microrregião de Unai está inserida, em sua maior parte, na Região Hidrográfica São Francisco, mais precisamente na Unidade Hidrográfica São Francisco Médio. Os rios Preto e São Marcos são os principais cursos d'água que cortam o município, sendo o Rio Marcos pertencente à Região Hidrográfica Paraná.

A área do projeto contém alguns dos ribeirões e córregos afluentes do Rio Preto, dentre eles os ribeirões da Aldeia e do Franco, o último destaca-se por dar nome a um dos membros da Formação Quilombo.

1.7.9 Geomorfologia

Com base nas formas, estruturas e topografia são identificadas três grandes unidades geomorfológicas na Microrregião de Unai: Planaltos do São Francisco, Depressão Sanfranciscana e Cristas de Unai (Naime *et al.*, 2014).

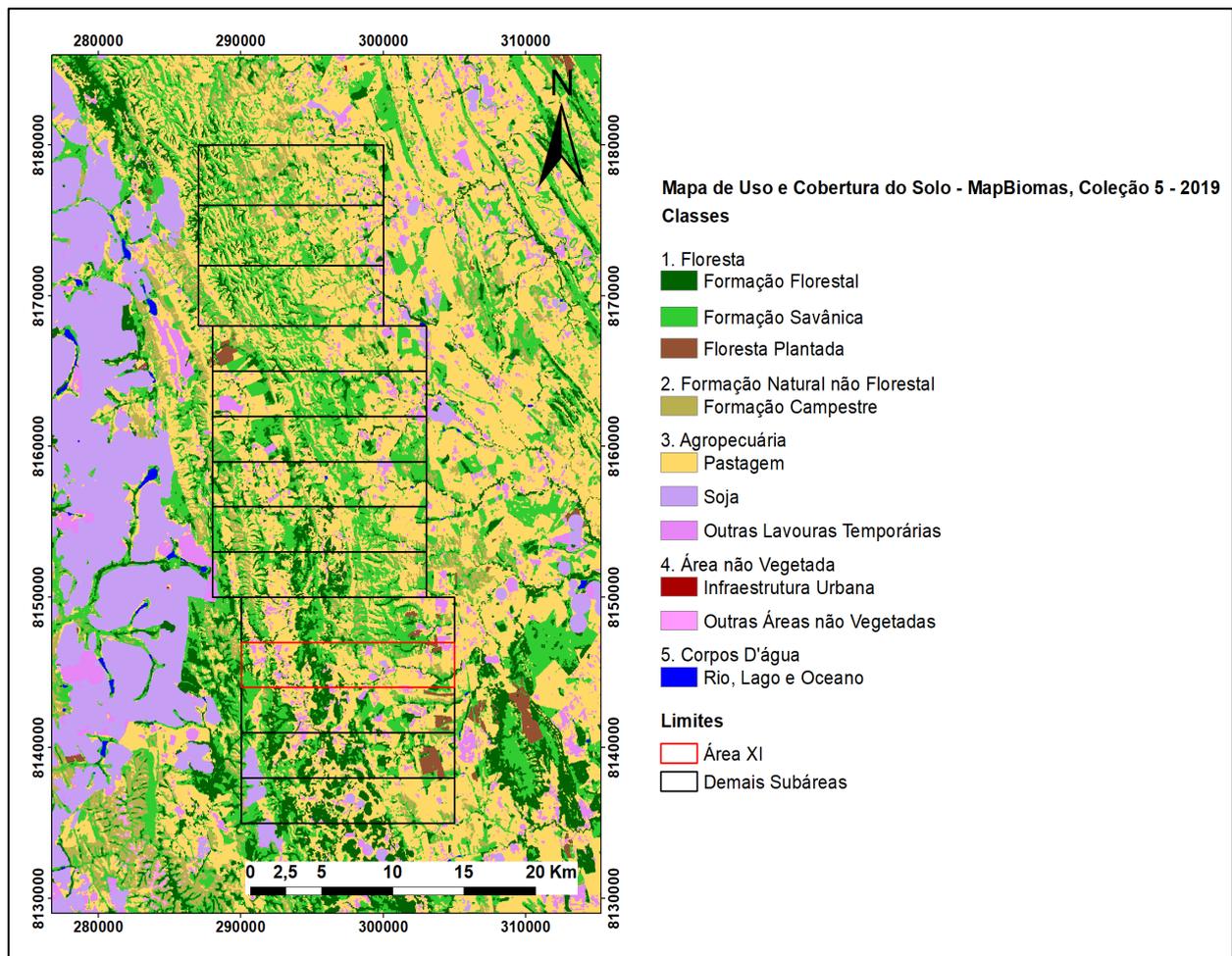


Figura 1.5: Mapa de uso e ocupação do solo, elaborado a partir dos dados de classificação de mosaicos Landsat do ano de 2019, Coleção 5, MapBiomias. Escala 1:150.000.

Os Planaltos do São Francisco são constituídos por extensos e elevados interflúvios dos afluentes do Rio São Francisco, com formas principalmente tabulares, entre as cotas de 800 a 1000 metros.

A Depressão Sanfranciscana corresponde as extensas áreas rebaixadas e aplainadas, com cotas entre 400 e 600 m, distribuídas no entorno do rio São Francisco e seus afluentes. É representada por superfícies aplainadas, onduladas, pedimentos ravinados e subordinadamente por áreas cársticas.

As Cristas de Unai ocorrem na porção oeste da Microrregião e são constituídas por alinhamentos de cristas orientadas NNW-SSE, intercaladas por áreas rebaixadas e aplainadas. As áreas rebaixadas são muitas vezes cobertas por colúvios e constituem prolongamentos da Depressão Sanfranciscana.

Na Fig. 1.6, observa-se o relevo da área do projeto. O relevo varia entre plano, suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso. Na Subárea XI (destacada em vermelho), ocorre uma variação altimétrica de aproximadamente 300 metros, com intervalo de cota entre 600 e 900 metros. As serras, que atravessam toda a área estudada, estariam incluídas

nas Cristas de Unáí e as porções mais baixas, planas a onduladas, em cotas de aproximadamente 600 m, corresponderiam as extensões da Depressão Sanfranciscana. No oeste da área, onde ocorrem terrenos tabulares nas maiores cotas, por volta de 900 m, tem-se o Planalto do São Francisco.

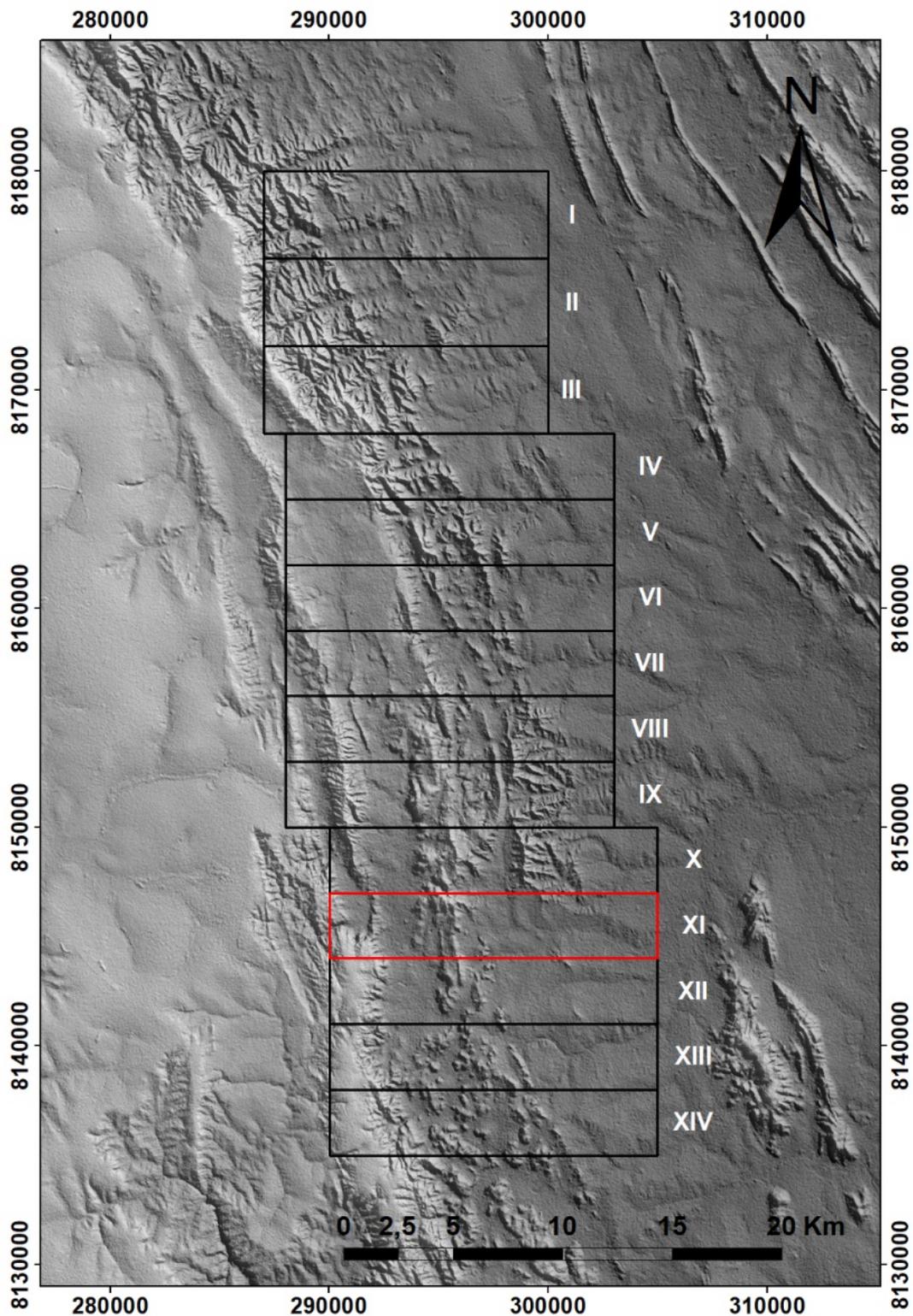


Figura 1.6: Modelo digital de elevação (MDE), obtido a partir de dados SRTM, com a sobreposição de relevo sombreado. Escala 1:150.000. A imagem exhibe as feições de relevo na área do Projeto Unáí. Dentre elas estão as cristas ou serras, os vales de fundo plano e, à oeste, os planaltos. Fonte: Satélite *Alos Palsar*, data: 26/04/2021.

2 GEOLOGIA REGIONAL

2.1 Introdução

Eventos orogenéticos que afetaram três importantes unidades geotectônicas durante o Ciclo Brasileiro (Neoproterozoico) foram responsáveis pelo desenvolvimento de uma série de estruturas compostas por um amplo sistema de faixas de dobramentos (Almeida *et al.*, 1981). Essas unidades geotectônicas são representadas pelos crátons: Amazônico a nordeste, São Francisco a leste e Paranapanema (ou Rio de La Plata) ao sul. Estes terrenos foram sobrepostos pela Bacia do Paraná a sudoeste e pela Bacia do Parnaíba na sua porção norte.

Dentre essas estruturas se destaca a Província Tocantins (Fig. 2.1), uma unidade geotectônica situada na porção central do Brasil, sendo constituída pelas faixas Araguaia e Paraguai, que bordejam o Cráton Amazônico a leste e a sul, respectivamente, e pela Faixa Brasília que se desenvolveu na margem oeste do Cráton São Francisco (Dardenne, 2000).

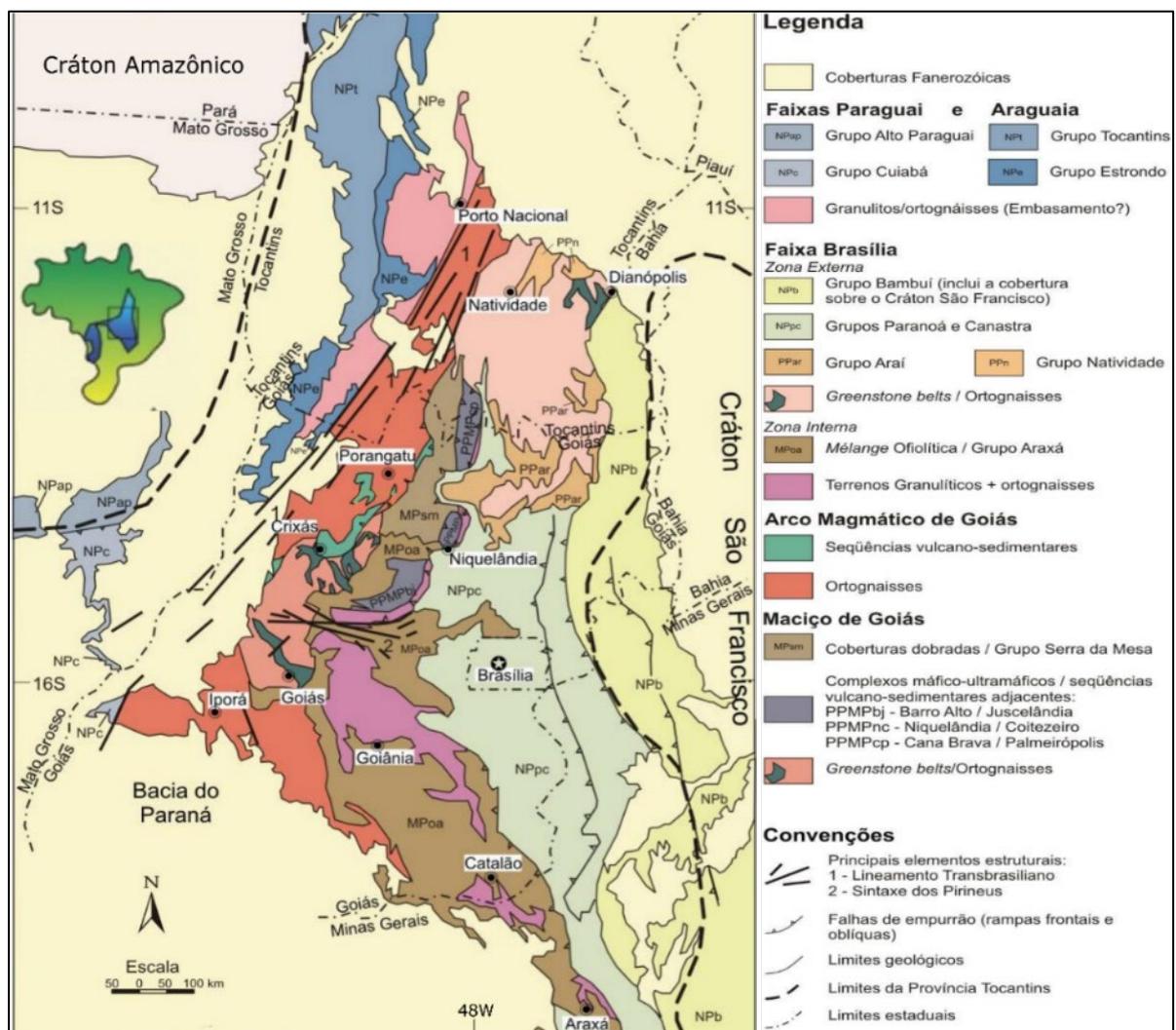


Figura 2.1: Mapa geológico simplificado da porção centro-leste da Província Tocantins Pimentel *et al.* (2004).

A compartimentação Leste-Oeste (Quadro 2.1) é tradicionalmente representada pelas zonas cratônicas, interna, externa e pelas unidades geotectônicas do Arco Magmático de Goiás e o Microcontinente de Goiás (Fuck *et al.*, 1994). Em trabalhos posteriores, Fuck *et al.* (2005) dividiram a Faixa Brasília de leste a oeste em quatro unidades tectônicas, o Arco Magmático de Goiás, o Maciço de Goiás, o Núcleo Metamórfico e o Cinturão de dobras e empurrões (Fig. 2.2).

Quadro 2.1: Compartimentação tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília (Fuck *et al.*, 1994, 2005).

Zonas (Fuck <i>et al.</i> , 1994)	Unidade Tectônica (Fuck <i>et al.</i> , 2005)
Arco Magmático de Goiás	Arco Magmático de Goiás
Interna	Maciço de Goiás
	Núcleo metamórfico
Externa	Cinturão de dobras e empurrões
Cratônica	

2.3 Unidades Estratigráficas da Área de Estudo

A área do Projeto Unai situa-se ao sul da sede do Município de Unai - MG e está inserida no seguimento meridional, no contexto geológico do cinturão de dobras e empurrões da Faixa Brasília Sul (Fuck *et al.*, 2005). Esse seguimento é marcado por processos metamórficos mais intensos, se comparados ao seguimento norte, e apresenta extensas *nappes* de cavalgamento sub-horizontais geradas pela intensa atividade tectônica, que causou a obliteração das relações estratigráficas entre as diversas unidades (Dardenne, 2000; Valeriano *et al.*, 2008).

Na região em questão, a estratigrafia aflorante é interpretada como pertencente aos grupos Canastra, Vazante, Paranoá, Bambuí e a Formação Quilombo (Moura, 2018). O Quadro 2.2 apresenta de forma sintetizada os principais tipos petrográficos representativos de cada unidade (Dardenne, 2000; Campos *et al.*, 2013; Campos *et al.*, 2021), distribuídas de acordo com a sua idade de deposição estimada e relações tectonoestratigráficas.

As descrições regionais dessas unidades são apresentadas a seguir, com destaque para os tipos de litofácies, dados geocronológicos e ambientes deposicionais.

2.3.1 Formação Quilombo

A Formação Quilombo compreende rochas sedimentares ou metassedimentares associadas a processos de deposição turbidítica, composta essencialmente por sequências de ritmitos argilosos, arenosos e raras contribuições de níveis conglomeráticos. Ademais, ocorrem rochas vulcânicas intermediárias a ácidas em porções do topo desta unidade. A unidade inclui os membros: Ribeirão do Franco e Ribeirão da Porteira (Moura, 2018; Campos *et al.*, 2021) (Fig.

2.3).

Quadro 2.2: Principais unidades que afloram na região do estudo e os principais tipos petrográficos de cada formação (baseada em Dardenne, 2000; Moura, 2018; Campos *et al.*, 2021).

Grupo	Formação	Composição litológica predominante	Idade estimada de deposição
-	Quilombo	Ritmitos e vulcânicas intermediárias a ácidas	Ectasiano (máxima)
Paranoá	Córrego do Barreiro	Metassiltitos e metargilitos com lentes calcárias e participação arenosa	Steniano
	Córrego do Sansão	Ritmitos com quartzitos muito finos subordinados	
	Ribeirão Contagem	Quartzitos com intercalações argilosas laminares	
Canastra	Chapada dos Pilões	Filitos e/ou xistos carbonáticas	Toniano
	Paracatu	Filitos carbonosos	
	Serra do Landim	Filitos e Quartzitos	
Vazante	Serra da Lapa	Ardósia carbonáticas e dolomitos	Cryogeniano
	Morro do Calcário	Carbonatos estromatolíticos e dolarenitos	
	Serra do Poço Verde	Dolomitos estromatolíticos, dolarenitos e ardósias	
	Serra do Garrote	Ardósias	
	Lagamar	Conglomerados, carbonatos e dolomitos	
	Rocinha	Ritmitos e ardósias	
	Retiro	Quartzitos, diamictitos, fosforitos e ardósias	
Bambuú	Serra da Saudade	Pelitos, siltitos e arenitos	Ediacariano
	Lagoa do Jacaré	Margas e calcarenitos oolíticos e oncolíticos	
	Serra de Santa Helena	Pelitos dos tipos folhelhos, ardósias e margas	
	Sete Lagoas	Siltitos, calcarenitos, pelitos e dolomitos	
	Jequitai	Diamictitos e conglomerados	

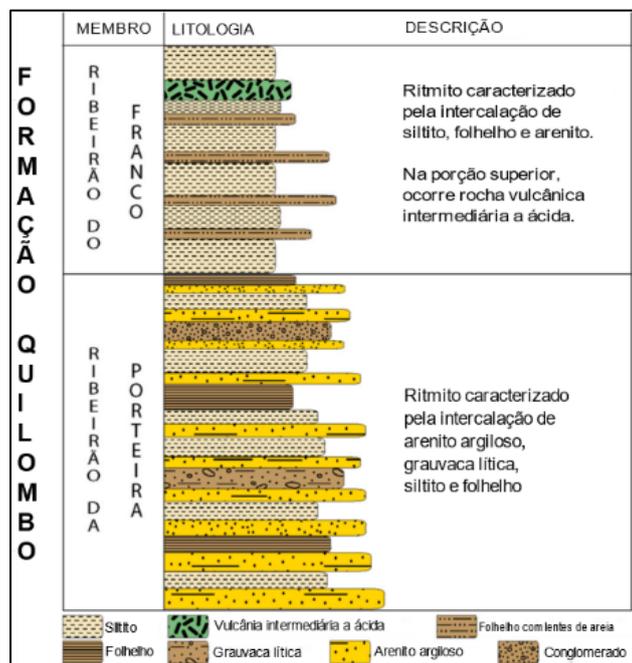


Figura 2.3: Coluna estratigráfica da Formação Quilombo. A sucessão tem cerca de 400 m de espessura aparente. Adaptado de Campos *et al.* (2021).

O Membro Ribeirão da Porteira consiste em uma sequência rítmica de maior contribuição psamítica, composta por grauvacas líticas e litoarenitos, maciços (mais comumente) ou com

laminação plano-paralela interna. Os grãos de quartzo desses arenitos são de granulometria areia média a grossa, moderadamente arredondados e fraturados, e de areia fina, moderadamente anguloso e pouco ou não fraturados. A matriz presente é argilosa com caráter petrográfico similar aos fragmentos líticos que são de granulometria areia fina a média originários de rochas sedimentares e ígneas.

No membro raramente ocorrem pacotes de arenitos com laminação truncada, intercalados entre siltitos e folhelhos; raras camadas de conglomerados polimíticos finos, em formas lenticulares e tabulares, matriz-suportados e clasto-suportados, com arcabouço constituído predominantemente de grânulos; e seixos em meio a uma matriz argilosa, associados a áreas irregulares e erodidas.

O Membro Ribeirão do Franco é caracterizado majoritariamente por rochas pelíticas e pela presença de sequências rítmicas pelíticas formadas por camadas delgadas de arenitos finos maciços ou laminados, compostos por grãos de quartzo sub-arredondados a angulosos e mal selecionados. Os pelitos incluem folhelhos, siltitos, argilitos siltosos e argilitos estratificados plano-paralelamente. De forma restrita, há rochas vulcânicas intermediárias a ácidas classificadas como dacitos, andesitos e riolitos (Moura, 2018; Campos *et al.*, 2021). Ocorrem também lamelas levemente arredondadas de muscovita e clorita de dimensões areia fina e uma matriz com domínios siltosos e argiloso.

Moura (2018) e Campos *et al.* (2021) interpretam os membros da Formação Quilombo como associados a um sistema deposicional turbidítico profundo, sendo que o Membro Ribeirão da Porteira é entendido como de deposição proximal em relação ao Membro Ribeirão do Franco, devido à presença de fácies associadas a fluxos com grande capacidade de *by-pass*. O Membro Ribeirão do Franco depositou-se em porção distal, associado a ciclos que combinam deposição e tração. As rochas vulcânicas presentes nesse membro são derivadas de vulcanismo subaquoso localizado, datadas em 1379 ± 44 Ma, a partir da análise U-Pb em cristais de zircão (Campos *et al.*, 2021).

2.3.2 Grupo Paranoá

O Grupo Paranoá corresponde a uma sequência psamo-pelito-carbonatada que ocorre em uma extensa área, no Brasil Central (Laranjeira, 1992; Guimarães, 1997). Na zona externa a unidade é caracterizada pelo seu caráter anquimetamórfico, que chega até a fácies xisto verde baixo. Seus litotipos característicos são conglomerados, ardósias, metarritmitos, metacalcários e metadolomitos onde, em geral, as feições sedimentares primárias estão preservadas (Freitas-Silva & Campos, 1995).

O grupo inclui as seguintes formações, da base para o topo: Ribeirão São Miguel,

Córrego Cordovil, Serra da Boa Vista, Serra Almécegas, Serra do Paranã, Ribeirão Piçarrão, Ribeirão do Torto, Serra da Meia Noite, Ribeirão Contagem, Córrego do Sansão e Córrego do Barreiro (Campos *et al.*, 2013) (Fig. 2.4).

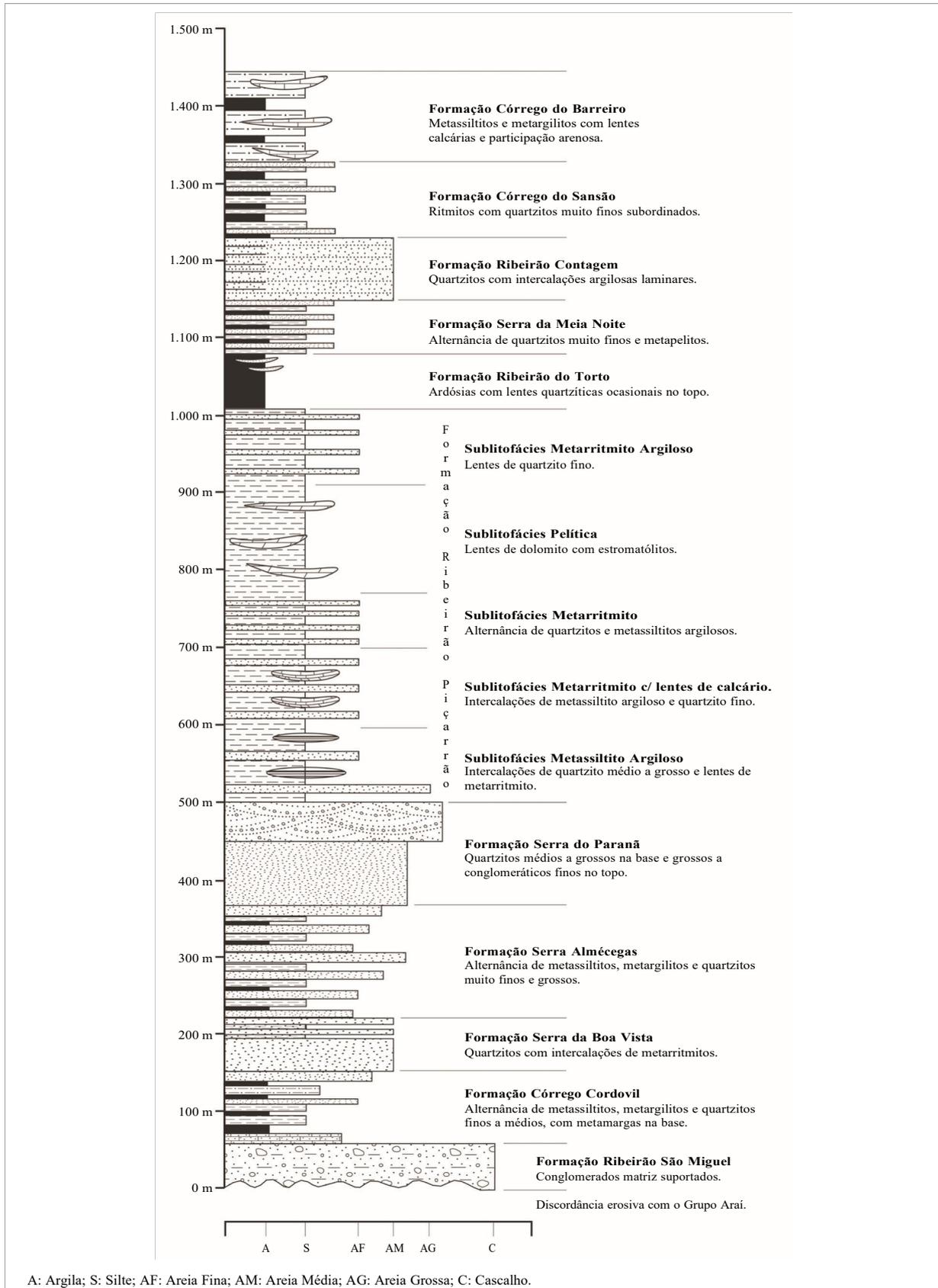


Figura 2.4: Coluna estratigráfica do Grupo Paranoá na área-tipo de Alto Paraíso de Goiás/Distrito Federal (retirada de Campos *et al.*, 2013).

A Formação Córrego do Barreiro é representada por lamitos siltosos laminados de coloração cinza prateada, que por vezes mostram foliações e aspecto sedoso ao tato devido à abundante presença de filossilicatos. Além dos pelitos, ocorrem rochas carbonáticas e psamíticas em menor volume.

As rochas carbonáticas são representadas por calcários pretos ou cinza escuros, micríticos ou intraclásticos e por dolomitos com tons cinza claros, localmente extraclásticos, intraclásticos e estromatolíticos, com bioconstruções diversificadas: estromatólitos colunares, estromatólitos cônicos (*conophyton*) e estromatólitos de esteiras horizontais contínuas, descontínuas e sinuosas. Os pacotes de rochas carbonáticas apresentam geometria lenticular, onde se destaca a presença de delgadas lâminas de material argiloso, que marcam o acamamento primário.

Nas regiões de interdigitação entre as lentes carbonáticas e as rochas pelíticas, são comuns as fácies margosas, com aspecto maciço quando frescas e poroso quando alteradas. Além disso, ocorrem brechas calcárias, muitas vezes silicificadas e distribuídas sem controle estratigráfico definido, associadas às bordas de algumas lentes ou a regiões topograficamente baixas.

Os arenitos são cinzentos, texturalmente são médios, grossos e conglomeráticos, moderadamente a mal selecionados, com clastos subangulosos a arredondados de alta esfericidade e por vezes apresentam matriz de coloração rosada ou ocre. Os arenitos grossos a conglomeráticos são feldspáticos, enquanto aqueles com maior maturidade composicional normalmente têm granulometria mais fina.

Os pacotes de rochas areníticas aparentam interdigitar-se com os pelitos e carbonatos desta unidade, ocorrem como lentes alongadas métricas até decamétricas ou em níveis centimétricos contínuos lateralmente em meio aos lamitos. De forma restrita, observam-se marcas onduladas assimétricas de cristas retas e laminação cruzada em níveis areníticos médios.

Campos *et al.* (2013) afirmam que a deposição do Grupo Paranoá ocorreu em uma bacia de margem passiva, sob influência de subsidência flexural, onde processos marinhos regressivos e transgressivos resultaram na deposição das litofácies com ampla continuidade lateral.

Entretanto, Martins-Ferreira (2017) argumenta que a bacia onde se depositaram os sedimentos do Grupo Paranoá não teria indícios de alta taxa de subsidência, como o esperado para bacias de margem passiva, e sim em uma bacia intracratônica ou de margem cratônica. Com base na associação de dados relativos à presença de *conophyton* do gênero *Metulum* (Dardenne *et al.*, 1976) e dados U-Pb em zircões detríticos (Matteini *et al.*, 2012) o Grupo Paranoá é interpretado como depositado no Mesoproterozoico, entre 1.300 e 1.042 Ma.

2.3.3 Grupo Canastra

O Grupo Canastra compreende metassedimentos psamo-pelíticos em fácies xisto verde, depositados em bacia de margem passiva, durante um megaciclo regressivo. A sequência compreende essencialmente filitos e quartzitos, com intercalações subordinadas de rochas carbonáticas e carbonáceas (Dardenne, 2000; Rodrigues, 2008; Silva *et al.*, 2012; Pimentel, 2016).

O grupo inclui áreas no oeste de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal. Ele foi dividido em quatro formações na região de Vazante e Paracatu por Freitas-Silva & Dardenne (1994). As formações são, da base para o topo, denominadas de: Serra do Landim, Paracatu, Serra da Urucânia e Serra da Batalha (Fig. 2.5).



Figura 2.5: Coluna estratigráfica do Grupo Canastra, retirada de Moura (2018) e adaptada de Rodrigues (2008) e Dardenne (2000).

A Formação Serra do Landim consiste essencialmente em filitos e calcifilitos, ambos ricos em clorita, de cores verde claras e cinza esverdeadas quando frescas e colorações avermelhadas quando alterados (Dardenne, 2000; Moura, 2018). Associados à níveis calcíferos ocorrem lentes de mármore dolomítico cinza claro. Intercalados nas sequências filíticas ocorrem níveis e lentes de quartzitos finos a médios (Moura, 2018). Rodrigues (2008) descreve que as principais rochas da unidade são constituídas por margas e lentes de calcário na base, que gradam para os calcifilitos e calcixistos, e ao topo ocorrem lentes de quartzitos finos.

A Formação Paracatu compreende camadas espessas de filitos carbonosos cinzas com

intercalações de quartzitos brancos, e é subdividida em dois membros. O Membro Morro do Ouro, inferior, é formado por um nível basal de quartzito, de espessura variável, que passa para camadas espessas de filitos carbonosos, com intercalações delgadas de quartzitos. O Membro superior, Serra de Santana, é representado por camadas espessas de sericita filitos cinza e cinza esverdeados com intercalações carbonosas e por camadas delgadas de quartzitos (Dardenne, 2000; Silva *et al.*, 2012).

A Formação Serra da Urucânia é constituída por intercalações decimétricas a decamétricas de quartzo-sericita-clorita filito, quartzitos brancos e normalmente feldspáticos, de granulação fina a médio, em que tipicamente alternam-se camadas decimétricas a métricas maciças com estruturas tipo *hummocky* e camadas laminadas com frequentes laminações cruzadas do tipo sigmoidal e tabulares (Freitas-Silva & Dardenne, 1994).

A Formação Serra da Batalha é composta principalmente por ortoquartzitos laminados, com estratificações cruzadas tabulares de pequeno a médio porte. Intercalações de filitos são comuns, mas com espessuras menores que a dos quartzitos (Freitas-Silva & Dardenne, 1994).

Em alguns trabalhos, a litoestratigrafia de Freitas-Silva & Dardenne (1994) é modificada (Dardenne, 2000; Rodrigues, 2008; Silva *et al.*, 2012). Os membros Serra da Urucânia e Serra da Batalha são elevados para o status de formações Serra da Urucânia e Hidroelétrica Batalha, respectivamente. Nessa modificação, a Formação Serra da Urucânia integra metarritmitos arenosos, caracterizados por intercalações regulares de quartzitos e filitos. A Formação Hidroelétrica Batalha é composta por quartzitos com finos níveis de filitos (Dardenne, 2000; Silva *et al.*, 2012).

As formações Paracatu e Serra da Urucânia apresentam uma sucessão com granocrescência ascendente, sugestiva de um megaciclo regressivo. A base deste megaciclo consiste em camadas ricas em matéria orgânica e pirita diagenética, interpretadas como depósitos de águas profundas. Essas camadas gradam para turbiditos depositados em talude continental por corrente de gravidade. Próximo ao topo da sucessão, ocorrem fácies de plataforma dominada por tempestade com estratificação cruzada *hummocky*, e fácies de plataforma dominada por maré, com a estratificação cruzada indicativa de transporte de leste a oeste (Dardenne, 2000).

A base do Grupo Canastra em geral não é observada devido a sua obliteração em razão da ação dos empurrões, que colocaram a unidade em contato com rochas de baixo grau metamórfico dos grupos Vazante, Paranoá e Bambuí. Os contatos da Formação Paracatu e seus membros com as demais unidades são tectônicos (Dardenne, 2000; Rodrigues, 2008). Os contatos entre os quartzitos da Formação Serra da Batalha e as rochas do Grupo Ibiá são representados por discordâncias erosivas (Freitas-Silva & Dardenne, 1994). O Grupo Canastra é considerado como lateralmente equivalente ao Grupo Paranoá no segmento sul da Faixa Brasília (Dardenne, 2000).

Rodrigues (2008) e Rodrigues *et al.* (2010) determinam uma idade máxima de deposição

de 1030 Ma para o Grupo Canastra a partir de análises U-Pb em zircões detríticos. Os sedimentos do Grupo Canastra têm a sua proveniência principal de fontes paleoproterozoicas (2,1 e 1,8 Ga) e contribuição secundária de rochas mesoproterozoicas (1,2 – 1,1 Ga). O Cráton São Francisco é tido como a fonte dos zircões paleoproterozoicos, enquanto os de origem mesoproterozoica não têm fonte determinada.

2.3.4 Grupo Vazante

O Grupo Vazante compreende espessas seqüências de metassedimentos pelíticos e dolomíticos marinhos. A unidade é uma estreita faixa que se estende por cerca de 250 km, orientada no sentido N-S, entre as regiões de Unai e Coromandel, e tem contatos tectônicos a oeste com o Grupo Canastra e a leste com o Grupo Bambuí. O Grupo Vazante é dividido em sete formações, denominadas da base para o topo: Retiro, Rocinha, Lagamar, Serra do Garrote, Serra do Poço Verde, Morro do Calcário e Serra da Lapa (Dardenne, 2000; Rodrigues, 2008) (Fig. 2.6).

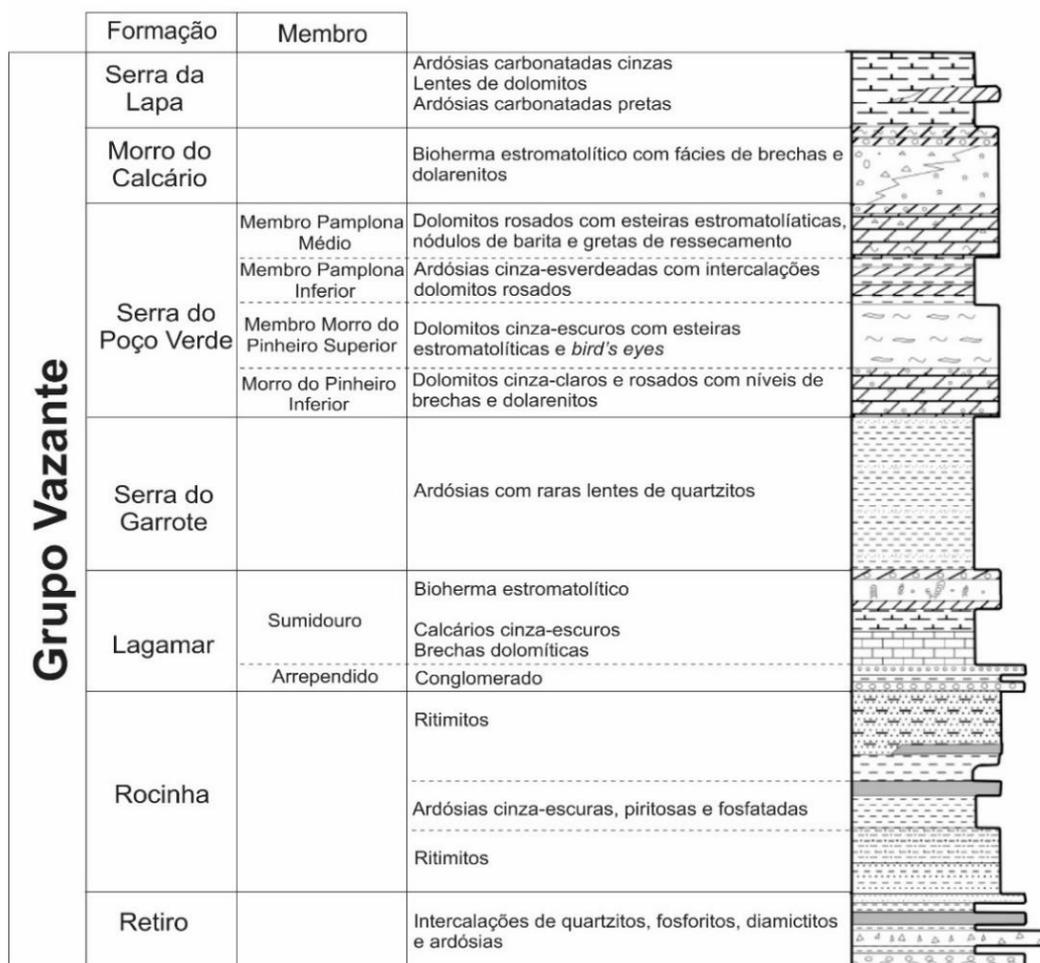


Figura 2.6: Coluna estratigráfica do Grupo Vazante, retirada de Moura (2018) e adaptada de Dardenne (2000).

A Formação Retiro (Dardenne, 2000) consiste em camadas métricas de quartzito branco, localmente conglomerático, intercalados com níveis ardósianos. De forma restrita, ocorrem diamictitos com seixos de quartzitos, calcários, dolomitos, metassiltitos e granitoides em uma matriz pelítica, localmente fosfática. Esses diamictitos representam depósitos de correntes de gravidade em águas relativamente profundas.

A Formação Rocinha (Dardenne, 2000) consiste em uma sequência rítmica psamo-pelítica na base, que grada para uma sequência espessa de ardósias e metassiltitos intercalados regularmente com cores de alteração amarelas e vermelhas, respectivamente. Em posição estratigráfica superior, ocorre um pacote de ardósia cinza escura rica em carbonato, pirita e com finas lâminas fosfáticas. A ardósia cinza escura grada para um fosfarenito rico em intraclastos e *pellets* (depósito de Rocinha). No topo da formação ocorrem sedimentos rítmicos (siltitos e quartzitos) que portam níveis fosfáticos (depósito de Lagamar).

A Formação Lagamar (Dardenne, 2000) compreende camadas alternadas de conglomerados, quartzitos, metassiltitos e ardósias na base. Os conglomerados têm um arcabouço suportado por clastos de quartzitos, metassiltitos e calcários cinza escuros. Essas rochas são cobertas por brechas dolomíticas intraformacionais, que passam para calcários cinza escuros estratificados, com intercalações de brechas lamelares, seguidos de dolomitos estromatolíticos. Os estromatólitos são beges a rosa pálidos, compostos por lâminas de dolomito, dolarenito e dolorudito oncolíticos, colunares com laminações convexas e cônicas dos gêneros *Conophyton* e *Jacutophyton*. As camadas estromatolíticas interdigitam-se lateralmente e verticalmente com metassiltitos carbonáticos e com ardósias.

A Formação Serra do Garrote (Dardenne, 2000) consiste em uma sequência espessa de ardósia cinza escura a cinza esverdeada, localmente rítmica, carbonosa e piritosa, com finas intercalações de quartzitos.

A Formação Serra do Poço Verde (Dardenne, 2000) contém, da base para o topo, dolomitos laminados cinza e rosas, ardósias cinzas a cinza esverdeadas, sericita filitos, dolomitos cinza escuros com *bird eye*, margas e filitos carbonosos e piritosos.

A Formação Morro do Calcário (Dardenne, 2000) contém dolomitos estromatolíticos rosas, caracterizados por biostromas e biohermas de laminações convexas, associadas a dolarenitos e doloruditos oolíticos e oncolíticos. Na região de Morro Agudo (Paracatu) a unidade excede 900 m de espessura, composta essencialmente de doloruditos, formados com o retrabalhamento de biohermas parcialmente preservadas. Dardenne (2000) comenta que nessa região as formações Morro do Calcário e Serra do Poço Verde representariam uma única sequência dolomítica, depositada continuamente, o que não permitiria a individualização de cada unidade na região.

A Formação Serra da Lapa (Dardenne, 2000) é a porção superior do Grupo Vazante. Na

região de Paracatu, a unidade é composta por filitos carbonosos, metassiltitos carbonáticos, lentes dolomíticas (esteira de cianobactérias, estromatólitos colunares e brechas intraformacionais) e camadas de quartzitos. Alguns autores interpretam essa unidade na região de Unai, como representada por arenitos líticos e conglomerados intercalados com ardósias cinza escuras.

O Grupo Vazante corresponderia a um megaciclo regressivo, com a deposição inicial em ambiente marinho sublitorâneo, que passaria para perilitorâneo carbonatado, depois recifal litorâneo e por fim em planície de maré (Dardenne, 2000; Rodrigues, 2008).

Os estromatólitos tipo *Conophyton* podem indicar um amplo intervalo de tempo para a deposição do grupo, de 1350 a 950 Ma, correlacionável ao Grupo Paranoá (Dardenne, 2000). Por outro lado, a presença de diamictitos na base do Grupo Vazante poderia correlacioná-lo ao Grupo Bambuí, com o diamictito da Formação Jequitai (Dardenne, 2000).

Babinski *et al.* (2005) analisaram diques máficos encontrados na Formação Serra do Poço Verde. A partir de análises isotópicas de Sm-Nd obteve-se idades T_{DM} em torno de 1,21-1,15 Ga, interpretadas como as idades máximas de cristalização dos diques, e idades U-Pb de zircões entre 2,1 e 2,4 Ga, interpretados como xenocristais incorporados das encaixantes.

Azmy *et al.* (2008) estimam uma idade de ~1100-1000 Ma para o Grupo Vazante, baseado na datação por Re-Os (1100 ± 77 e 993 ± 46 Ma) do folhelho rico em matéria orgânica, sobrejacente ao diamictito da Formação Serra da Lapa, e na idade máxima de deposição, produzida com a datação de zircões detríticos por U-Pb (1000 ± 25 e 988 ± 15 Ma), do arcóseo sobrejacente ao diamictito da Formação Retiro.

Rodrigues *et al.* (2012) comentam que a idade de deposição do Grupo Vazante ainda não está clara. O trabalho argumenta que a isócrona de Re-Os indicaria mais precisamente o tempo de sedimentação e que os dados de Azmy *et al.* (2008) estariam com altos valores de MSWD (35 e 16), o que tornaria o resultado pouco confiável. Outro fato apontado é o de que a idade máxima de deposição se basearia na interpretação dos dados de dois grãos de zircões, de um total de 35 analisados.

Geboy *et al.* (2013) obtiveram uma idade de 1345 ± 88 Ma a partir de dados de Re-Os para folhelhos ricos em matéria orgânica posicionados estratigraficamente na Formação Serra do Garrote.

Rodrigues (2008) e Rodrigues *et al.* (2012) determinam a idade máxima de deposição do Grupo Vazante em torno de 930 Ma, a partir da datação por U-Pb de zircões detríticos. Idades T_{DM} obtidas pelas análises de Sm-Nd mostraram predominância de idades paleoproterozoicas (2,08-1,90 Ga) para as fontes. As rochas da Formação Serra da Lapa mostram idades modelo mais jovens, em torno de 2,0 a 1,67 Ga, enquanto as rochas da Formação Serra do Garrote apresentaram as idades modelo mais antigas, em torno de 2,76 a 2,03 Ga. Os terrenos do Cráton

São Francisco representariam as principais fontes desses sedimentos do Grupo Vazante, formado como uma sequência de margem passiva ao longo da margem ocidental do paleocontinente. A fonte dos sedimentos mesoproterozoicos continua incerta.

2.3.5 Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí designa os sedimentos pelíticos e carbonáticos neoproterozoicos, depositados como na bacia de antepaís, que recobre porções da Faixa Brasília e do Cráton São Francisco. A unidade recobriria discordantemente o embasamento granito-gnáissico e os metassedimentos dos grupos Araí, Paranoá e Canastra (Dardenne *et al.*, 1981; Dardenne, 2000; Rodrigues, 2008; Pimentel, 2016).

O Grupo Bambuí é dividido em seis formações (Dardenne *et al.*, 1981), da base para o topo: Jequitaiá, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade, e Três Marias. Na região de Unai é reportada a ocorrência do Subgrupo Paraopeba (que apenas não inclui a Formação Três Marias), em especial as formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena (Moura, 2018) (Fig. 2.7).

A Formação Sete Lagoas (Dardenne, 2000), em áreas sobre o Cráton São Francisco, compõe uma unidade essencialmente carbonática, com dolomitos, finos níveis argilosos, dolomitos laminados, estromatolíticos, brechas intraformacionais, dolarenitos e calcários oolíticos. Na Faixa Brasília, os termos pelíticos incluindo folhelhos e margas predominam sobre as fácies carbonáticas.

A Formação Serra de Santa Helena (Dardenne, 2000) é constituída por folhelhos e siltitos cinzas e cinza esverdeados. Finas intercalações e lentes de arenitos e calcários são frequentes. São encontradas marcas onduladas, estratificações plano-paralelas e cruzadas.

O Grupo Bambuí foi depositado em uma plataforma epicontinental estável, inicialmente em mar raso, recifal e, por fim, em plataforma dominada por tempestades. Após o episódio glacial associado a Formação Jequitaiá, ocorrem três megaciclos regressivos: o primeiro, composto pela Formação Sete Lagoas; o segundo, pelas formações Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré; e o terceiro, com as formações Serra da Saudade e Três Marias. Cada um dos megaciclos começaria com transgressões de amplitude regional, associadas com uma súbita subsidência da bacia, evidenciada por fácies pelíticas marinhas que passam para fácies plataformais rasas, fácies de planície de maré e supramaré (Dardenne *et al.*, 1981; Dardenne, 2000).

Estudos isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ em rochas carbonáticas do Grupo Bambuí corroboram a evolução da sequência a partir de carbonatos e dolomitos basais pós-glaciais (valores negativos $\delta^{13}\text{C}$) que passariam para fácies marinhas (valores positivos $\delta^{18}\text{O}$) (Dardenne, 2000). A partir de

uma isócrona Pb-Pb, Babinski *et al.* (2007) obteve uma idade de 740 ± 20 Ma para o dolomito da base da Formação Sete Lagoas, sobrejacente à Formação Jequitai. Essa idade foi interpretada como uma estimativa para a deposição dessas rochas. Esses dados suportam uma idade sturtiana para a Glaciação Jequitai e a existência de um hiato deposicional entre as porções superior e inferior da Formação Sete Lagoas, separando-a em duas seqüências deposicionais (Pimentel *et al.*, 2011).

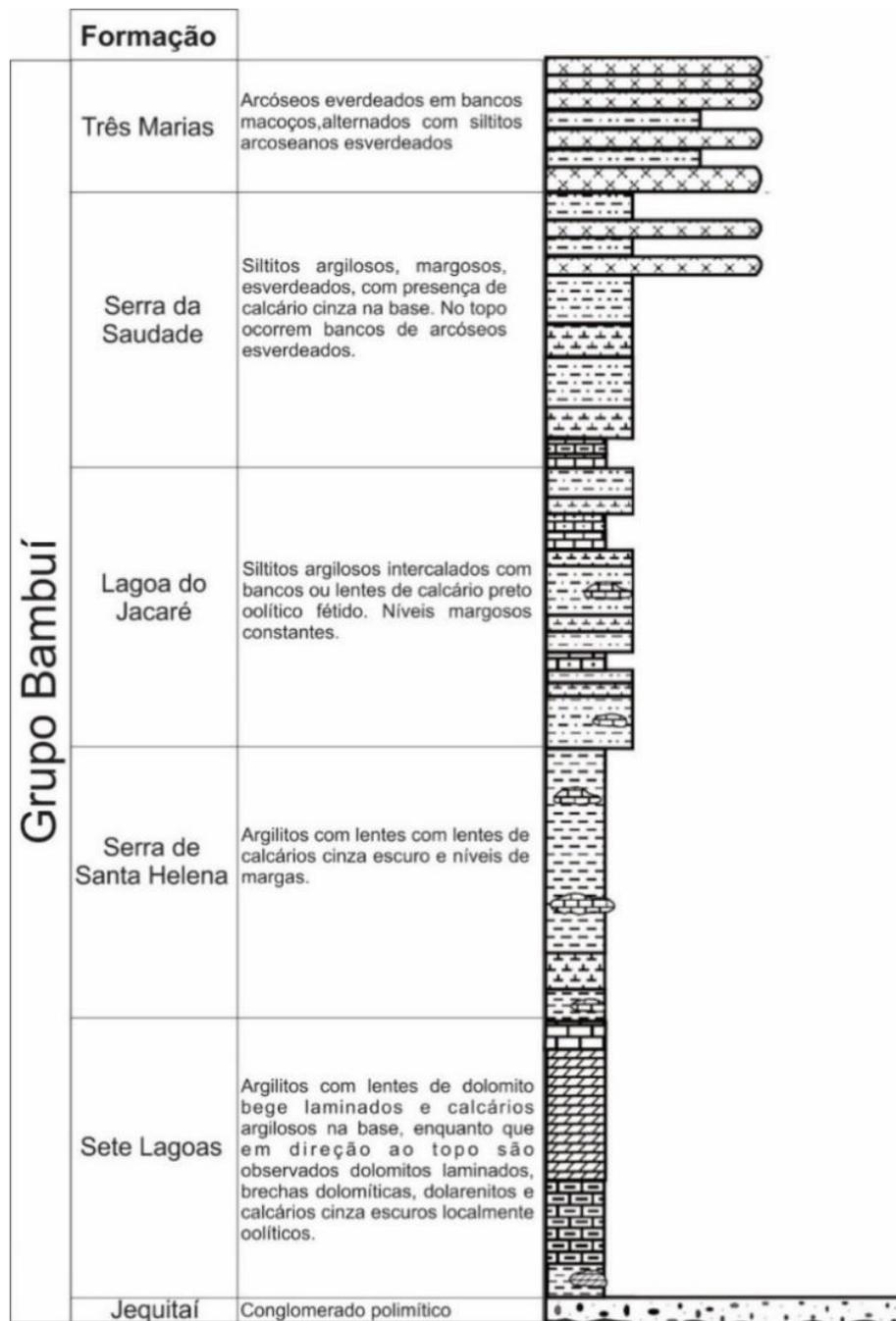


Figura 2.7: Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí, retirada de Moura (2018) e adaptada de Dardenne (2000).

Rodrigues (2008) propõe a partir de análises U-Pb em zircões detríticos uma idade de deposição máxima de cerca de 900 Ma para a Formação Jequitai e 610 Ma para o Grupo

Bambuí, a partir da sequência superior da Formação Sete Lagoas. A distribuição das idades dos zircões detríticos nas rochas da Formação Jequitaí indicariam uma fonte paleoproterozoica dominante, ou seja, os sedimentos seriam provenientes principalmente do Cráton São Francisco. A grande quantidade de zircões datados do Ediacariano sugeriria uma idade de deposição neoproterozoica tardia ou até cambriana para o Grupo Bambuí (Pimentel, 2016). Os dados de Sm-Nd e as idades dos zircões detríticos reforçariam o fato do Grupo Bambuí representar uma bacia de antepaís, com seus sedimentos provenientes principalmente da Faixa Brasília (Rodrigues, 2008; Pimentel *et al.*, 2011).

3 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS

3.1 Introdução

Filho & Crosta (2003) definem geotecnologias como um conjunto de ciências e tecnologias relacionadas à aquisição, armazenamento em banco de dados e processamento desses dados utilizando um sistema de referenciamento geográfico. De maneira mais específica, ela engloba, de forma isolada ou em conjunto, o Sensoriamento Remoto, a Cartografia Digital, a Aerogeofísica e a Geoestatística. Para o mapeamento geológico, essa ferramenta tem por finalidade investigar estruturas geológicas e padrões litológico-estratigráficos presentes na área de estudo.

Deste modo, as atividades descritas neste capítulo têm como objetivo demonstrar os procedimentos utilizados na elaboração dos produtos a partir de sensores remotos e de dados aerogeofísicos, utilizados no Projeto Unaí nas etapas: pré-campo (geração dos produtos, análises e interpretações prévias), campo (coleta de dados) e pós-campo (refinamento dos dados obtidos).

A base de dados utilizada no Projeto Unaí é composta por imagens multiespectrais do satélite Sentinel-2, *Hillshade* (relevo sombreado), Modelo Digital de Elevação, dados aerogeofísicos do Programa de Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais, disponibilizados pela Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais - CODEMGE e dados sísmicos referentes a linha “R0240_São_Francisco_045_PSTM”, cedidos de forma gratuita pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. A integração desses dados e posterior processamento, permitiram a elaboração do mapa base, mapa de lineamentos morfoestruturais e de compartimentação do solo, mapas geofísicos e seção sísmica interpretada.

3.2 Sensoriamento Remoto Aplicado a Cartografia Geológica

O sensoriamento remoto é uma ferramenta de grande importância nos estudos, pesquisas e monitoramento dos fenômenos ambientais, devido a sua ampla aplicação em diversos ramos de pesquisa. A utilização de imagens de satélite no âmbito geológico para a produção de mapas é uma das grandes inovações no segmento do geoprocessamento, pois possibilita uma gama de análises espaciais e temporais, onde é possível obter informações indiretas sobre a superfície terrestre, estruturas geológicas, texturas fisiográficas, litologias e cobertura vegetal (Meneses & Almeida, 2012).

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto se deu na etapa pré-campo, que foi dividida em quatro fases principais: aquisição de dados, processamento dos dados, análise dos produtos e interpretação.

Na fase de aquisição de dados, foram utilizadas imagens multiespectrais e dados de elevação de terreno obtidos através do software *Google Earth Engine* e do satélite *Alos (Advanced Land Observing Satellite) Palsar*, respectivamente. O processamento dos dados foi realizado com auxílio do software *ArcGIS*® 10.8.1. Durante a análise dos produtos foram extraídas informações que compõem o mapa base e o de lineamentos morfoestruturais da Subárea XI. Por fim, a interpretação dos produtos mostrou que as estruturas e texturas morfológicas observadas refletem domínios geológicos distintos, os quais são detalhados nos próximos capítulos. Todos os produtos gerados estão na escala 1:50.000 e georreferenciados com base no datum SIRGAS 2000, no sistema de projeção UTM, Zona 23 S.

3.2.1 Imagem ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*)

O satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) pertence à companhia *Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)*, do centro espacial de Tanegashima (Japão). Operou entre 2006 e 2011, com o objetivo de contribuir com os campos da cartografia, modelos digitais de elevação e monitoramento de recursos socioambientais. O satélite é composto por três sistemas de sensoriamento remoto independentes, adquirindo simultaneamente imagens ópticas e de radar: o Prism, Avnir-2 e o Palsar (JAXA, 2008).

O Palsar (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*) é um radar de abertura sintética ativo que opera na frequência da banda L (1270 MHz), capaz de obter imagens diurnas e noturnas sem a interferência de nebulosidade, com resolução de 10 a 100 m. Tem dois modos de operação, o modo *Fine* com resolução espacial de até 10 m e o *ScanSAR*, capaz de imagear largas faixas de observação que variam de 205 a 350 km.

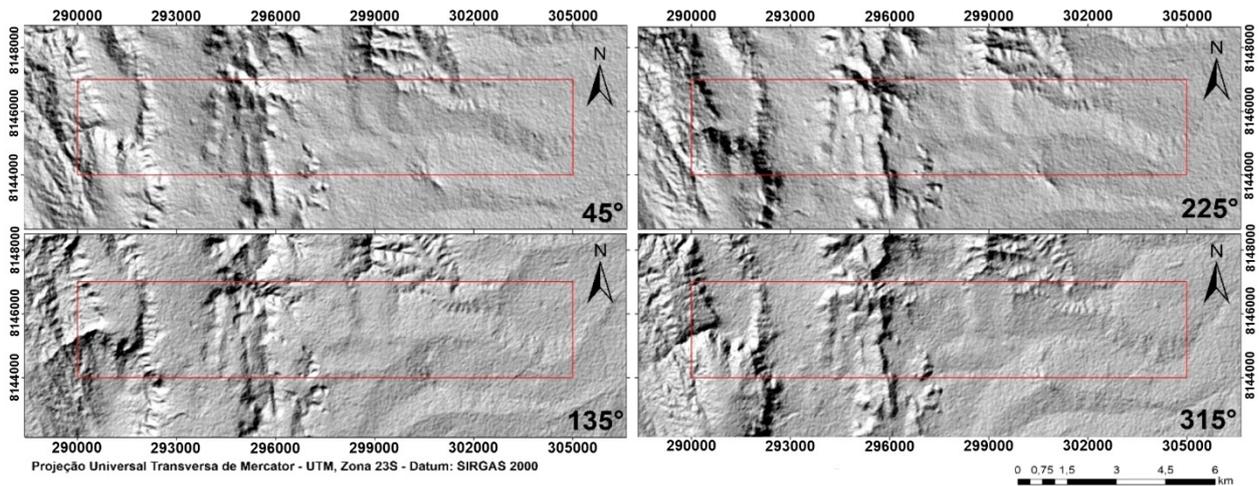
3.2.1.1 MDE e Hillshade (relevo sombreado)

Na confecção do modelo digital de elevação (MDE) utilizou-se um conjunto de quatro imagens. Elas têm resolução espacial de 12,5 metros, com 34,3° como ângulo de off-nadir, e foram obtidas a partir de um sistema de radar do tipo *SAR (Synthetic Aperture Radar)* interferométrico associado ao sensor *Palsar*. As imagens foram adquiridas no website da *Alaska Satellite Facility*, na data 26/04/2021 e já contam com a correção do terreno.

A partir do MDE confeccionou-se o *Hillshade*. Filtros direcionais com ângulos de incidência de iluminação de 45°, 135°, 225° e 315° foram aplicados a fim de realçar estruturas do relevo orientadas em direções específicas e evitar enviesar os dados (Quadro 3.1). A Fig. 3.1 apresenta os produtos gerados por cada filtro direcional.

Quadro 3.1: Síntese dos *hillshades* gerados a partir de ângulos de iluminação distintos.

Nome	Azimuth (ângulo de iluminação)	Altitude	Z factor
hillshade1	45	45	2
hillshade2	135	45	2
hillshade3	225	45	2
hillshade4	315	45	2

**Figura 3.1:** *Hillshades* gerados a partir de ângulos de iluminação distintos, ambos com altitude de 45 m, para a Subárea XI.

Os *hillshades* mais utilizados foram os referentes aos ângulos incidentes de 45° e 315°, pois geram sombreamento no relevo para oeste e para leste, respectivamente. Desta forma, é possível obter informações complementares. Já os ângulos de 135° e 225° mostram feições de relevo invertido, o que pode causar interpretações equivocadas.

3.2.2 Imagens Sentinel-2

A série de satélites Sentinel teve início em 2014, e se desenvolveu a partir de um projeto da Agência Espacial Europeia (ESA)/Comissão Europeia em atendimento ao Programa Copernicus. As missões de lançamento são compostas por pares de satélites especializados, adequados a temas de interesse distintos. O par de satélites Sentinel-2 foi direcionado ao monitoramento da vegetação, solos e áreas costeiras e tem sensor óptico de alta resolução espacial.

O Sentinel-2A foi o primeiro satélite óptico da série a ser operado pela ESA. Foi lançado em 2015 e leva a bordo o sensor multiespectral MSI (*Multispectral Imager*) com 13 bandas espectrais, variando de 443 a 2190 nm, com resolução espacial de 10 m para as bandas do visível, 20 m para o infravermelho e 60 m para as bandas de correção atmosférica. Suas aplicações são para o monitoramento da agricultura, florestas, zonas costeiras, águas interiores, desastres naturais e uso e ocupação do solo. Assim como seu antecessor, o Sentinel-2B, lançado

em 2017, também assume os mesmos objetivos, inclusive com o mesmo sensor MSI. As informações referentes a resolução espacial de cada intervalo espectral do sensor MSI do satélite Sentinel-2 estão exibidas no Quadro 3.2.

Quadro 3.2: Faixas espectrais e resoluções das bandas do sensor MSI do satélite Sentinel-2. Fonte: ESA.

Resolução	Banda	Nome da banda	Comprimento de onda (nm)	Combinações de banda
10 m	B02	Blue (Azul)	490	Cor verdadeira RGB 4/3/2
	B03	Green (Verde)	560	
	B04	Red (Vermelho)	665	Cor falsa 1 e 2 RGB 4/8/3
	B08	NIR	842	
20 m	B05	Red Edge 1	705	SWIR 1 RGB 10/11/8A
	B06	Red Edge 2	740	
	B07	Red Edge 3	783	
	B08A	Red Edge 4	865	
	B11	SWIR 1	1610	
	B12	SWIR 2	2190	
60 m	B01	Aerosol	443	-
	B09	Vapor de água	940	
	B10	Cirrus	1375	

3.2.2.1 Confeção do Mapa Base

Duas imagens do satélite Sentinel-2, em composições RGB - 4/3/2 (Fig. 3.2) e RGB - 8/4/3 (Fig. 3.3), foram utilizadas para a confecção do mapa base (Fig. 3.4). As imagens foram obtidas através do software *Google Earth Engine* na data 26/09/2020 referente ao período de seca na região de Unai. A composição RGB - 4/3/2 (cor verdadeira) auxiliou na extração de feições como: drenagens, localidades, marcos geográficos, corpos e cursos d'água e vias de localização, itens fundamentais para a logística nas etapas de campo. Concomitantemente, utilizou-se a imagem RGB - 8/4/3 (falsa cor), pois esta combina as bandas do infravermelho, vermelho e verde, ressaltando assim, a vegetação, limites entre solo e água, contribuindo na extração de lineamentos estruturais, além de possibilitar a verificação de padrões de relevo contrastantes. Os itens contidos no mapa base foram vetorizados com auxílio *software ArcGIS®* (versão 10.8.1).

3.2.3 Mapa de Lineamentos Morfoestruturais

A aplicação de técnicas analíticas em imagens de satélite visando extrair o máximo de informações que auxiliam na identificação de lineamentos morfoestruturais, feições lineares mapeáveis, retílineas ou levemente encurvadas, que provavelmente refletem estruturas geológicas (O'Leary *et al.*, 1976), pode representar uma importante ferramenta para o reconhecimento de elementos estruturais.

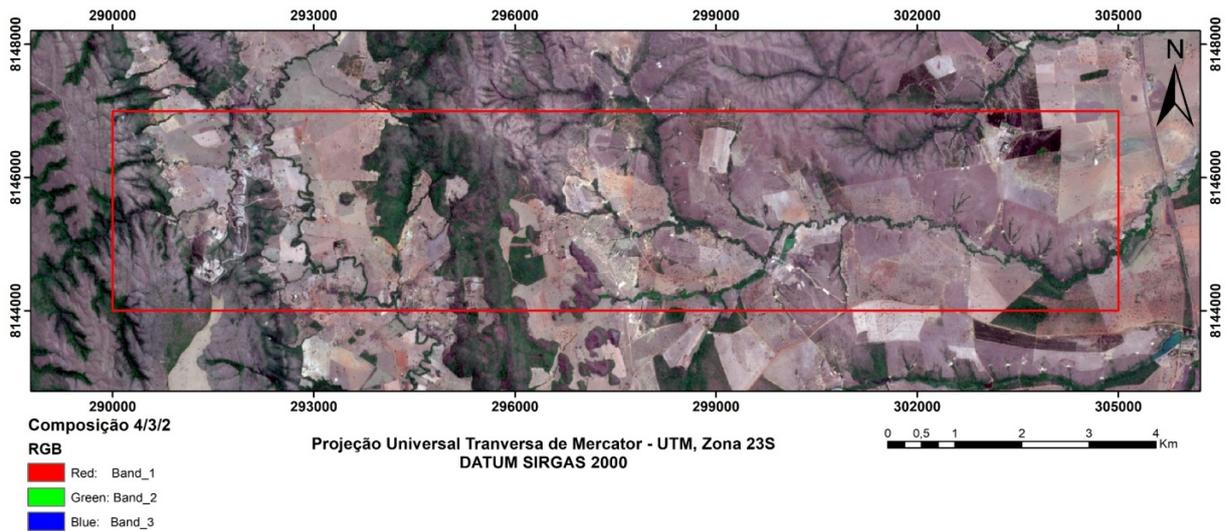


Figura 3.2: Imagem do satélite Sentinel-2 na composição de banda RGB 4/3/2. O polígono em vermelho respresenta a Subárea XI.

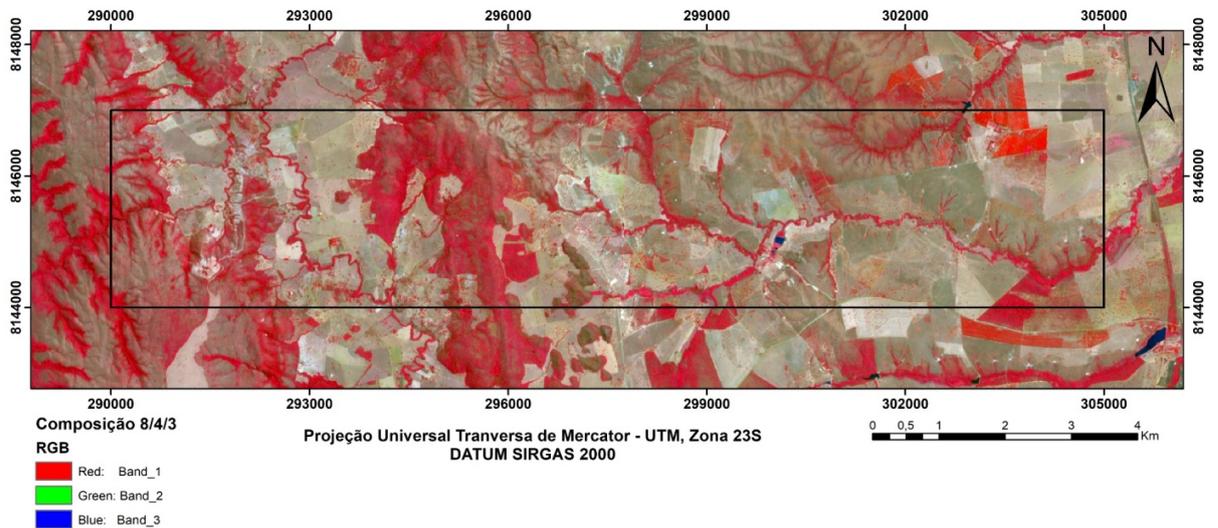


Figura 3.3: Imagem do satélite Sentinel-2 na composição de banda RGB 8/4/3, destacando a vegetação (em vermelho). O polígono em preto respresenta a Subárea XI.

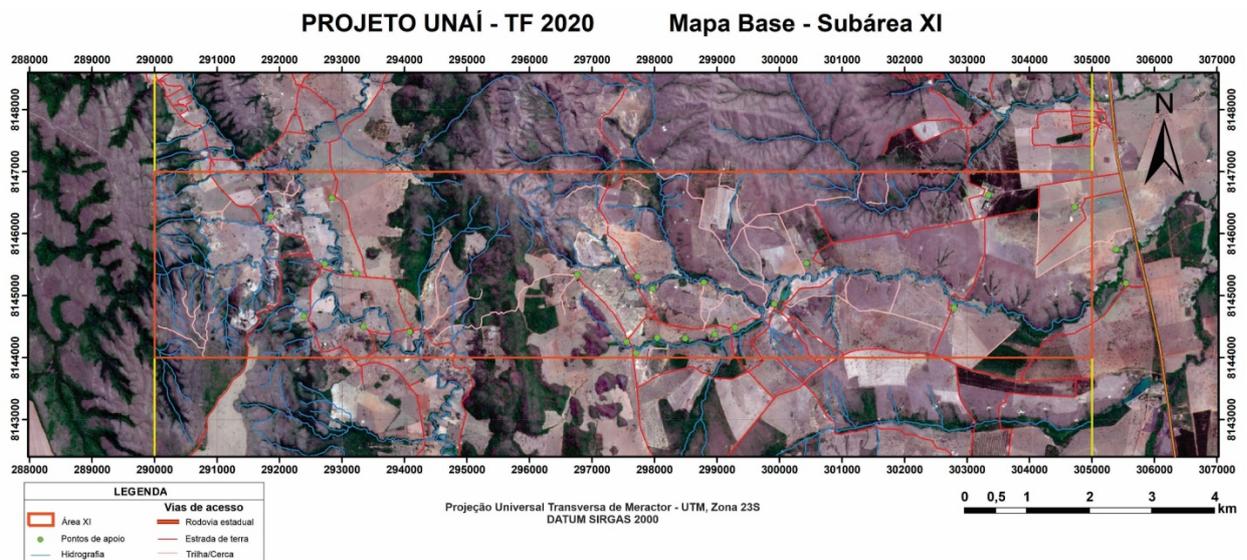


Figura 3.4: Mapa base utilizado pela Subárea XI (polígono em vermelho), com as principais vias de acesso, drenagens e pontos de apoio.

Deste modo, foi confeccionado o mapa composto por lineamentos morfoestruturais (Fig. 3.5) com a utilização da imagem Sentinel-2, nas composições RGB - 4/3/2 e RGB - 8/4/3, e do *hillshade* com ângulo incidente de 45°, em que foram levados em consideração os maiores alinhamentos, correlacionáveis às estruturas e aos padrões estruturais.

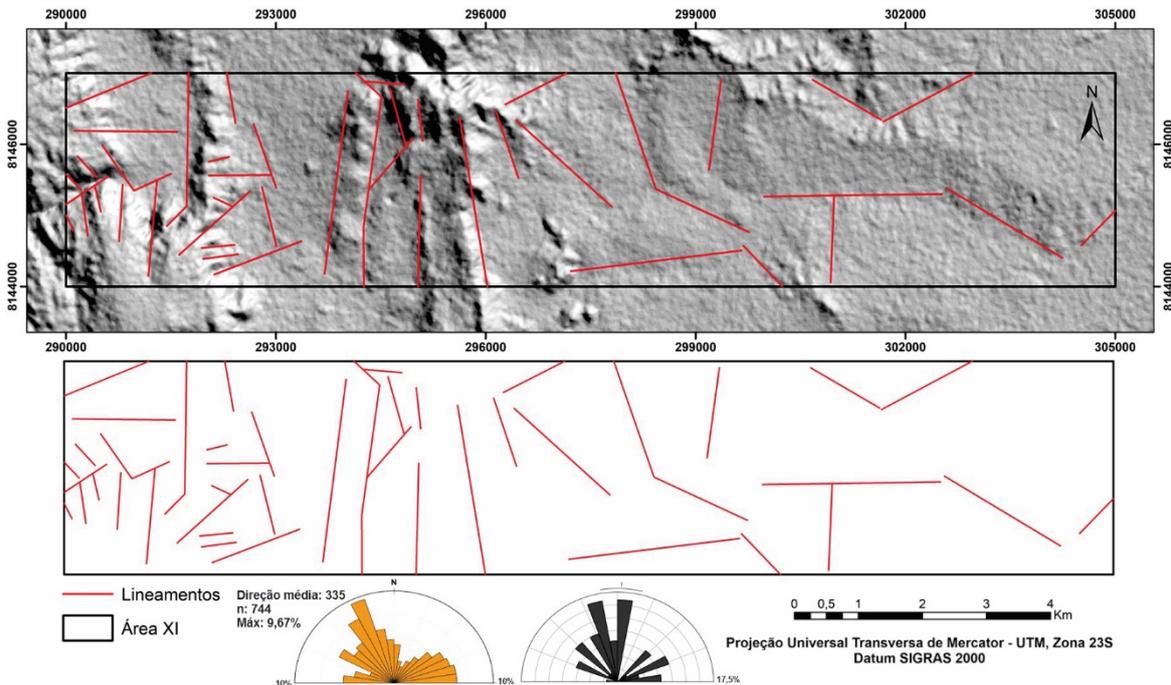


Figura 3.5: Detalhamento dos lineamentos morfoestruturais na Subárea XI. O diagrama de roseta em laranja evidencia uma direção preferencial NNW-SSE (335°) das estruturas, por outro lado o diagrama de roseta referente a Subárea XI mostra uma direção preferencial predominantemente N-S.

Com base nos dados obtidos na extração dos lineamentos e posterior tratamento estatístico, foi confeccionado um diagrama de roseta com auxílio do *software* OpenStereo 2.0b, afim de identificar a orientação das estruturas na região. Em geral, a direção preferencial das estruturas é NNW-SSE, com alguns domínios estruturais orientados para NE-SW.

3.2.4 Aplicativos de Navegação

Com o avanço da tecnologia, os *smartphones* passaram a contar com funções que eram de equipamentos específicos (*e.g.* GPS portátil), e a executar softwares robustos até então exclusivos para computadores. Nos últimos anos, o desenvolvimento de aplicativos voltados para questões de geolocalização ganharam espaço no mercado e desde então auxiliam na aquisição de dados em diversas atividades, a exemplo, no desenvolvimento de mapeamento geológico.

Durante a etapa campo, foram utilizados dois aplicativos que facilitaram o deslocamento e localização. Eles são o *Map Plus v 2.8.11.1*, desenvolvido pela *Miocool Inc.*, e o *Avenza Maps v 3.14.*, desenvolvido pela *Avenza Systems Inc.*, como suporte. Ambos os aplicativos usam o *GPS* para obter em tempo real a localização do *smartphone*, desta forma é possível plotar pontos de interesse, marcar o caminhamento realizado e obter fotografias georreferenciadas ao longo da

aquisição de informações em campo.

A forma de utilização das imagens de satélite em cada aplicativo foi distinta. O *Map Plus* conta com uma galeria de imagens e mapas distribuídos de forma gratuita, sendo necessário apenas realizar o carregamento prévio da área de interesse ou até mesmo exportar uma imagem para ele. No *Avenza*, foi utilizado o mapa base, onde este contém a imagem Sentinel-2 de composição colorida R-4/G-3/B-2. Ambos os aplicativos contam com a praticidade de exportar os dados coletados em campo (*e.g.* coordenadas dos pontos marcados em campo) no formato de arquivos KMZ (compatíveis com o *Google Earth* e *ArcGIS*) ou *shapefile* (compatível com o *ArcGIS*).

3.2 Aerogeofísica

A aerogeofísica compreende os levantamentos geofísicos realizados a partir de aeronaves em voo baixo. Os métodos aerogeofísicos cobrem grandes áreas em intervalos de tempo curto, com custos relativamente baixos, alta resolução espacial e uniformidade de amostragem ao longo da linha de voo. Esses métodos são aplicados rotineiramente nas fases iniciais ou de reconhecimento de atividades relacionadas à cartografia geológica e prospecção mineral. A magnetometria e gamaespectrometria são os levantamentos aéreos mais utilizados no auxílio de mapeamentos geológicos. Assim, o Projeto Unaí contou com dados aeromagnetométricos e aerogamaespectrométricos para auxiliar o mapeamento geológico.

Os dados aerogeofísicos utilizados no trabalho são vinculados ao Programa de Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais, que compreende dados magnetométricos e gamaespectrométricos da Área 1 - Unaí-Paracatu-Vazante-Coromandel, disponibilizados pela CODEMGE. O programa foi coordenado pela Secretaria de Minas e Energia do Governo de Minas Gerais - SEME, que firmou contrato com a Lasa Engenharia e Prospecções S.A. para realizar a aquisição e processamento dos dados (Lasa, 2001).

O levantamento foi executado entre os meses de agosto e dezembro de 2000. Foram utilizadas duas aeronaves equipadas com magnetômetro de bombeamento ótico de vapor de césio da Scintrex, modelo CS-2, e gamaespectrômetro multicanal Picodas, modelo PGAM-1000, e sistema de navegação GPS Picodas/Novatel de 12 canais. As informações técnicas dos instrumentos estão listadas no Quadro 3.3.

Quadro 3.3: Informações técnicas dos instrumentos utilizados na aquisição dos dados geofísicos.

Aeromagnetômetro		Aerogamaespectrômetro				
Sensor	Scintrex CS-2	Canal Radiométrico	Janela de energia (MeV)		Canais Correspondentes	
Resolução	0,001 nT	Contagem Total	0,41	2,81	35	240
Faixa	20.000 – 95.000 nT	Potássio	1,37	1,57	117	134
Montagem	<i>Stinger</i>	Urânio	1,66	1,86	142	159
		Tório	2,41	2,81	206	240
		Cósmico	3	6	255	

O Projeto Unai insere-se no Bloco Norte do levantamento, em que as linhas de voo foram orientadas N30E e as linhas de controle N60W. O espaçamento entre as linhas de voo foi de 250 m e entre as linhas de controle de 2.500 m. O intervalo de medições consecutivas foi de 0,1 s para o magnetômetro e de 1,0 s para o gamaespectrômetro. A altura média dos voos foi de 100 m, com uma velocidade aproximada de 200 km/h. O fluxograma abaixo apresenta as etapas de processamento realizadas pela Lasa Engenharia e Prospecções S.A. (Fig. 3.6).

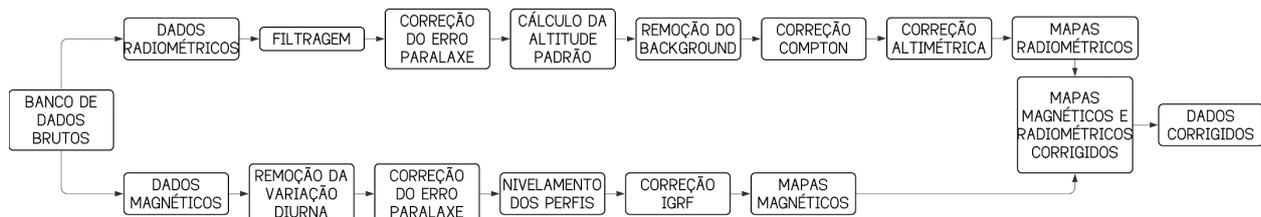


Figura 3.6: Fluxograma com as etapas de processamento dos dados aerogeofísicos realizados pela Lasa Engenharia e Prospecções S.A (Lasa, 2001).

3.2.1 Gamaespectrometria

Métodos gamaespectrométricos ou radiométricos medem a radioatividade natural na forma de raios gama oriunda da desintegração do potássio (^{40}K) e dos elementos das séries do urânio (^{238}U) e do tório (^{232}Th). Os dados são adquiridos na forma de contagens por segundo (cps) de potássio, urânio e tório provenientes dos primeiros 30-40 cm de material na superfície, solos e rochas aflorantes. Os dados em contagem podem ser transformados em concentrações com a calibração do equipamento. Os resultados de levantamento radiométricos são apresentados comumente em porcentagem de potássio e ppm de urânio equivalente (eU) e tório equivalente (eTh). Devido aos contrastes de radioatividade natural das diferentes rochas e solos a gamaespectrometria é muito aplicada no mapeamento geológico.

O potássio ocorre de forma significativa nas rochas ígneas ácidas, como granitoides e equivalentes vulcânicos, rochas metamórficas micáceas, feldspáticas e quartzo-feldspáticas, filitos, xistos e gnaisses e rochas sedimentares, como arcóseos, argilitos e folhelhos (Ferreira *et al.*, 2016). O potássio é extremamente móvel durante o intemperismo e alterações hidrotermais, sobretudo em regiões de climas tropicais.

Urânio e tório ocorrem comumente em minerais acessórios de rochas ígneas e metamórficas quartzo-feldspáticas e como resistatos em rochas sedimentares, normalmente seus teores são expressos na ordem de ppm. O comportamento do urânio e do tório é diferente do potássio, por estarem contidos em grande parte em minerais estáveis na superfície. Portanto, podem se acumular em depósitos aluvionares. O urânio, em específico, pode ter sua mobilidade alterada quando na forma hexavalente, mais solúvel. O U^{+6} é comum em rochas ricas em fosfatos e sulfatos, substituindo o cálcio.

A distribuição de K, U e Th na paisagem depende, além da diversidade litológica, do relevo, intemperismo, da rede de drenagem, do clima e do regime de chuvas. Assim, para a mesma rocha, os teores dos radionuclídeos variam de acordo com o relevo e o manto de intemperismo. Em relevos planos normalmente ocorre o desenvolvimento de perfis intempéricos mais espessos, que apresentam respostas radiométricas mais baixas. Quando o relevo é íngreme os teores de radionuclídeos refletem melhor as concentrações do substrato (Ferreira *et al.*, 2016).

A partir dos dados radiométricos corrigidos foram elaborados os produtos gamaespectrométricos para auxílio ao mapeamento geológico da área do projeto (Fig. 3.7). Foram confeccionados mapas coloridos das variáveis básicas (Fig. 3.8), porcentagem de potássio (K), tório equivalente (eTh) e urânio equivalente (eU), todos em ppm. Combinando-se os três canais, mapas de composição ternária foram elaborados, um em CMY, em que ciano (C) é atribuído ao K, magenta (M) ao eTh e o amarelo (Y) ao eU, e o outro em RGB, em que vermelho (R) é atribuído ao K, verde (G) ao eTh e o azul (B) ao eU. Em composições RGB, o branco reflete altas concentrações dos três canais, enquanto o preto resulta de baixos teores. As demais cores representam gradações entre as concentrações dos radionuclídeos.

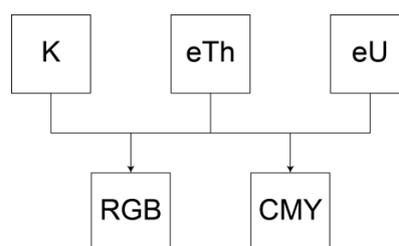


Figura 3.7: Fluxograma dos produtos gamaespectrométricos. Porcentagem do potássio (K), equivalente de tório (eTh), equivalente de urânio (eU), composição ternária CMY (CMY) e composição ternária RGB (RGB).

O mapa de composição ternária em RGB foi utilizado na interpretação dos domínios gamaespectrométricos, em que cinco domínios foram individualizados (Fig. 3.9). A concentração de K, eTh e eU foi o critério utilizado na interpretação dos domínios. O Quadro 3.4 contém a descrição de cada domínio.

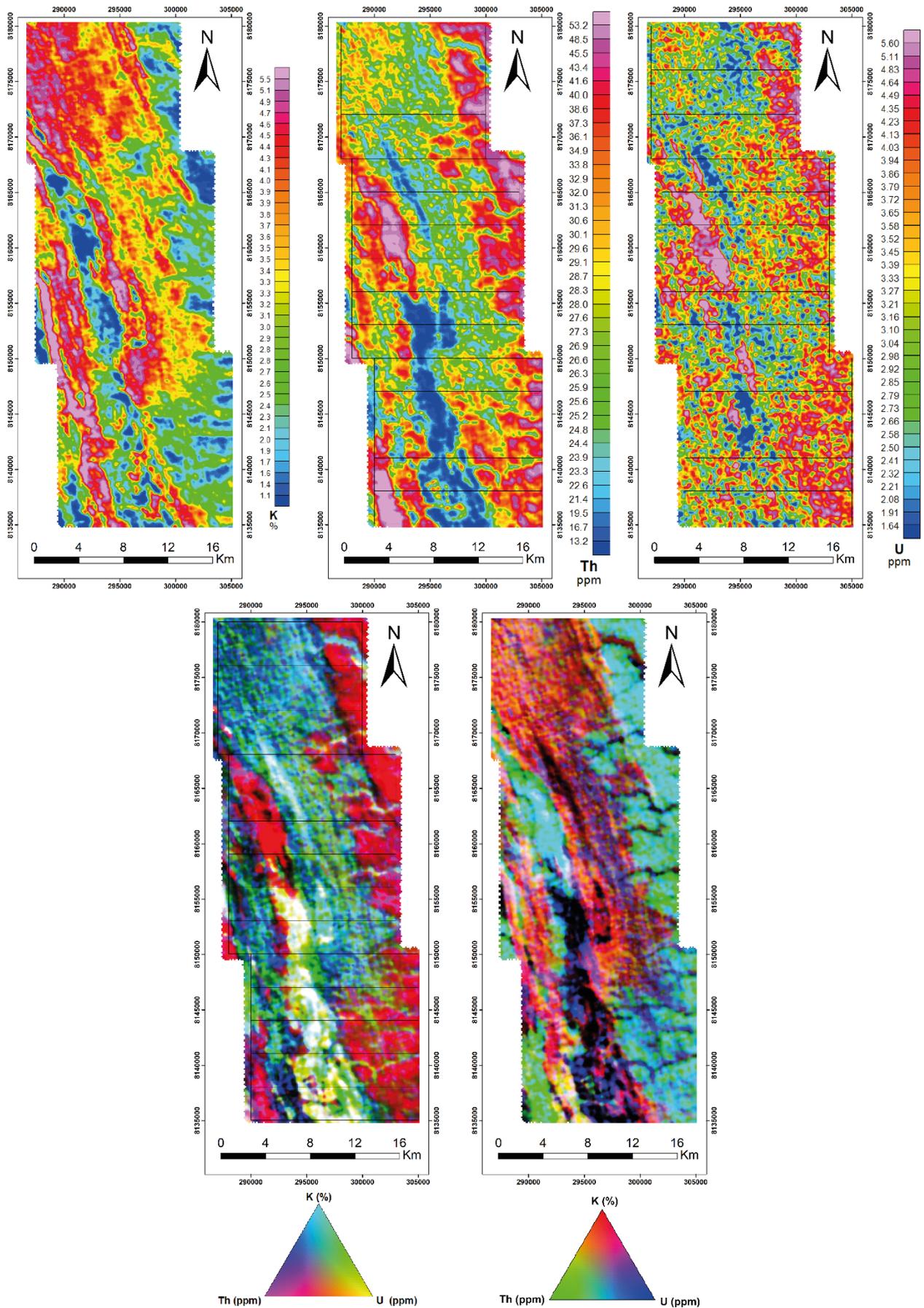


Figura 3.8: Mapas gamaespectrométricos da porcentagem do potássio (K), equivalente de tório (eTh), equivalente de urânio (eU), composição ternária CMY (CMY) e composição ternária RGB (RGB).

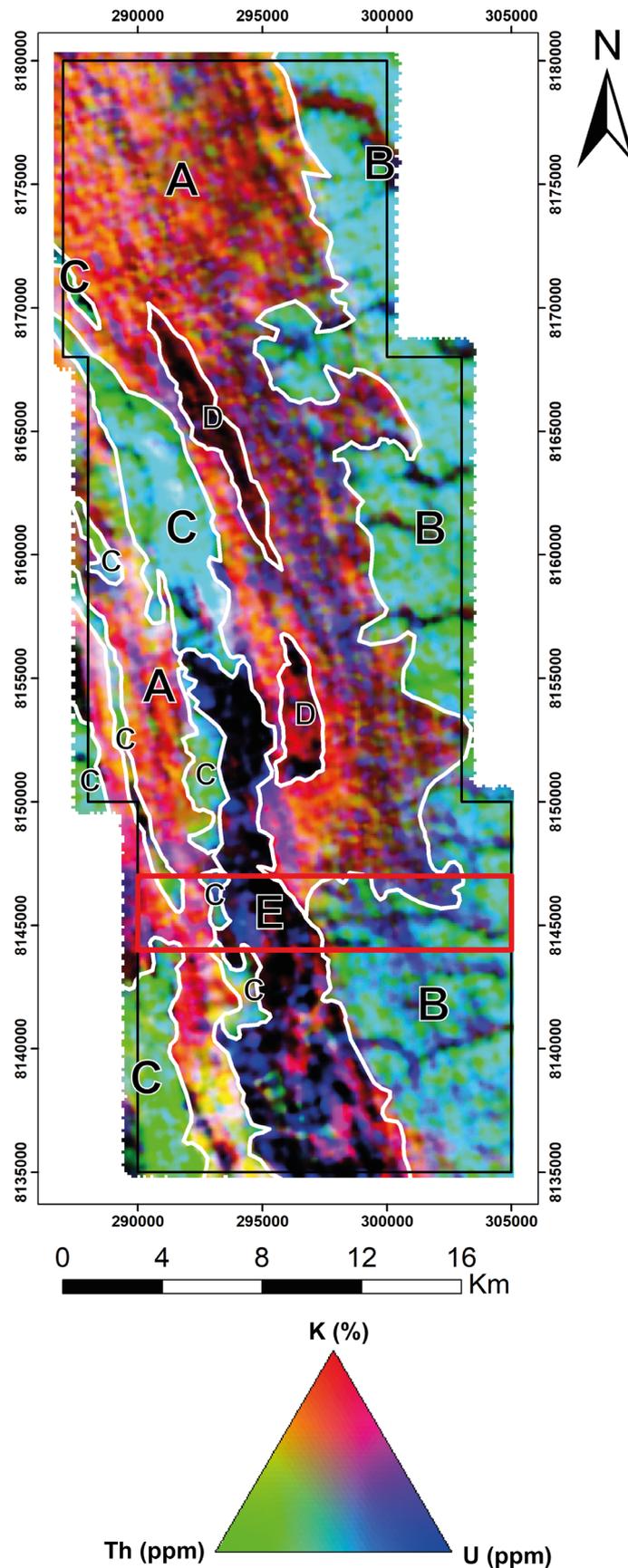


Figura 3.9: Mapa de composição ternária RGB com os domínios gamaespectrométricos interpretados, Subárea XI destacada em vermelho. A – Domínio de alto K, médio baixo eTh e médio eU; B – Domínio de médio baixo K, alto eTh e alto eU; C – Domínio de médio baixo K, alto eTh e médio alto eU; D – Domínio de médio K, baixo eTh e baixo eU; E – Domínio de baixo K, baixo eTh e médio baixo eU.

Quadro 3.4: Descrição dos domínios gamaespectrométricos.

Domínio	K	eTh	eU	Descrição
A	Alto	Médio baixo	Médio	Domínios de cores avermelhadas e amareladas, de orientação NNW-SSE.
B	Médio baixo	Alto	Alto	Domínio contínuo com predomínio de cor verde azulada, de orientação NNW-SSE.
C	Médio baixo	Alto	Médio alto	Domínios descontínuos de cor verde alongados e pouco espessos, orientados NNW-SSE.
D	Médio	Baixo	Baixo	Domínios de cor vermelho/preto, alongados e pouco espessos, orientados NNW-SSE.
E	Baixo	Baixo	Médio baixo	Domínio contínuo de cor preta arroxeada, orientado NNW-SSE.

A distribuição dos elementos mostra um forte controle geomorfológico. As porções de relevos planos, de menor altitude, têm baixas concentrações de K e concentrações médias a altas de Th e U, que coincidem com as porções de solos bem desenvolvidos, em que a lixiviação de K deve ser muito eficiente (Domínios B e C). As porções escarpadas e de relevo irregular têm altas concentrações de K e estão relacionadas à solos pouco espessos, em que possivelmente há maior exposição das rochas (Domínios A e D). O Domínio E é bem-marcado e tem concentrações baixas de K, Th e U, que provavelmente deve estar relacionada a rochas com conteúdo baixo de argilominerais e outros filossilicatos, atribuído aos arenitos e carbonatos da região.

3.2.2 Magnetometria

Métodos magnéticos são métodos potenciais que medem a variação espacial no campo magnético da Terra. Essa variação é controlada principalmente pela suscetibilidade magnética dos minerais contidos nas rochas. A aeromagnetometria é muito utilizada na exploração mineral, nos levantamentos regionais para mapeamento de detalhe e na detecção de alvos de prospectos. O método é muito utilizado na identificação de feições estruturais em que minerais magnéticos se formaram.

Mapas magnéticos são frequentemente usados para delinear falhas e contatos geológicos. Esses mapas têm sinais com grandes variações de amplitude, que se originam a partir de fontes de diferentes geometrias, localizadas em diferentes profundidades e com diferentes propriedades magnéticas. As formas de anomalias magnéticas dependem da direção da magnetização induzida e remanescente, tornando a interpretação de anomalias magnéticas a partir de dados originais muito difícil. Algumas técnicas de filtragem podem ser aplicadas para melhorar a visualização de anomalias de fontes rasas ou profundas, e para ressaltar feições de interesse (Ferreira *et al.*, 2013).

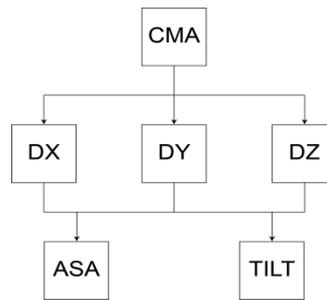


Figura 3.10: Fluxograma dos produtos magnetométricos. Campo magnético anômalo (CMA), derivadas horizontais (DX e DY, seus mapas não foram elaborados), derivada vertical (DZ), amplitude do sinal analítico (ASA) e derivada TILT (TILT).

A partir dos dados magnéticos pré-processados foram elaborados os produtos (Fig. 3.10), que incluem os mapas de: campo magnético anômalo (CMA), derivada vertical (DZ), amplitude do sinal analítico (ASA) e inclinação do sinal analítico ou derivada TILT (TILT) (Fig. 3.11).

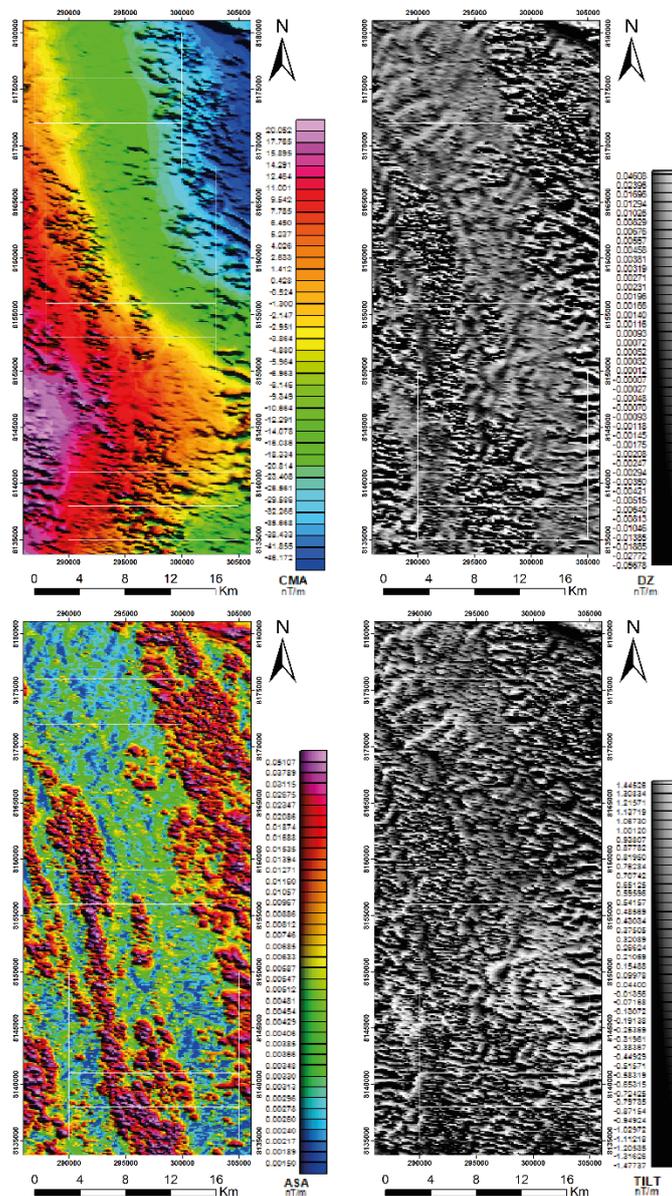


Figura 3.11: Mapas magnetométricos de campo magnético anômalo (CMA), derivada vertical (DZ), amplitude do sinal analítico (ASA) e derivada TILT (TILT).

O campo magnético anômalo (CMA) é a componente do campo magnético terrestre associado às rochas e minerais na crosta, e é sobre ele que os filtros passa-alta são aplicados. Normalmente as anomalias têm natureza dipolar nesse produto.

As derivadas horizontais (DX e DY) e verticais (DZ) são filtros que realçam os gradientes das anomalias magnéticas, são filtros passa-alta. Esses filtros fornecem informações sobre feições rasas. As derivadas horizontais realçam corpos perpendiculares às suas respectivas direções. A derivada vertical realça as fontes das anomalias magnéticas como um todo (Isles & Rankin, 2013).

O sinal analítico é uma técnica eficiente de determinação de parâmetros geométricos, como localização de limites geológicos, estruturais e as profundidades dos corpos. A sua principal vantagem é não depender dos parâmetros direcionais do campo magnético terrestre e da direção de magnetização da fonte. A amplitude do sinal analítico (ASA) pode ser dada por:

$$|A(x, y)| = \sqrt{(G_x)^2 + (G_y)^2 + (G_z)^2}$$

A derivada TILT (TILT) é dada pelo arco tangente da razão entre a primeira derivada vertical pelo gradiente horizontal. O produto tem a vantagem de delimitar as bordas de fontes rasas e profundas de forma equivalente (Miller & Singh, 1994).

A interpretação de domínios magnéticos foi realizada com base no mapa de amplitude do sinal analítico, por ser o produto que apresentou os melhores contrastes de gradiente para a individualização (Fig. 3.12). Três domínios foram individualizados, com base na intensidade, frequência, orientação e continuidade das anomalias. O Quadro 3.6 contém a descrição de cada domínio.

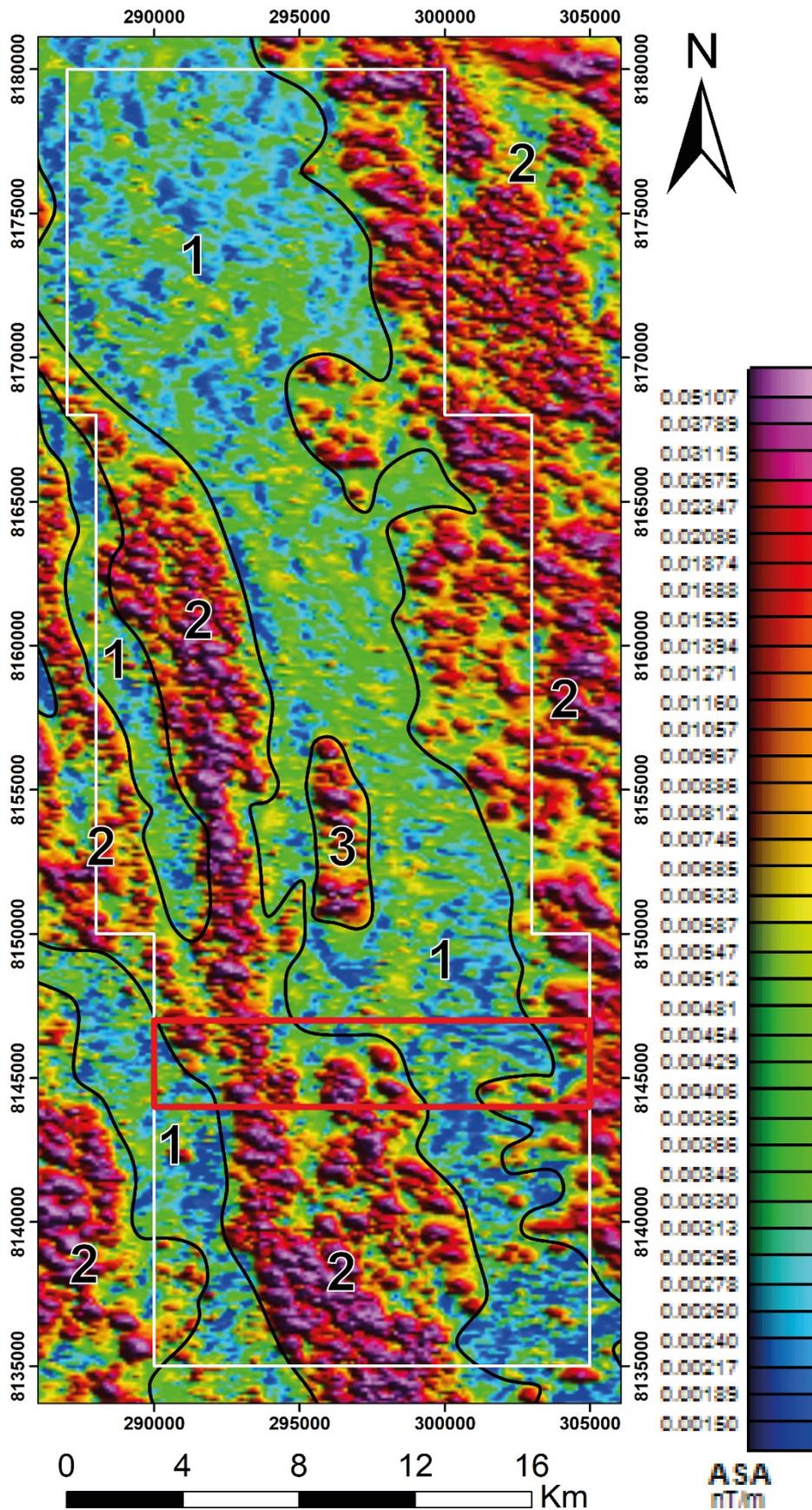


Figura 3.12: Mapa de amplitude do sinal analítico (ASA) com os domínios magnéticos interpretados, Subárea XI destacada em vermelho. 1 – Domínio de médio a baixo gradiente magnético; 2 – Domínio de alto a médio gradiente magnético de orientação NNW-SSE; 3 – Domínio de alto a médio gradiente magnético de forma lenticular.

Quadro 3.6: Descrição dos domínios gamaespectrométricos.

Domínio	Descrição
1	Gradiente magnético médio a baixo, heterogêneo, orientação NNW-SSE. Na porção sudoeste da área esses domínios se intercalam com domínios de gradiente alto a médio.
2	Gradiente magnético alto a médio, heterogêneo de forma geral, orientação NNW-SSE. Anomalias de gradientes maiores estão alinhadas nesse domínio. Na porção centro-oeste há um alinhamento espesso de gradiente maior, que se bifurca com o aparecimento de um domínio de gradiente médio a baixo.
3	Gradiente magnético alto a médio, heterogêneo, orientação NNW-SSE. Domínio único de forma lenticular no meio de um domínio de gradiente médio a baixo.

As porções de gradiente magnético alto, domínios 2 e 3, coincidem com as áreas de acumulação de óxidos de ferro por intemperismo, relacionadas principalmente aos perfis lateríticos da região. Essas porções são regiões de maior altitude, em que o Plintossolo e crosta laterítica sustentaram o relevo, ou extensas planícies, em que se desenvolveram espessos perfis lateríticos. As anomalias magnéticas não devem ser relacionadas a fontes magmáticas, devido a região apresentar apenas o registro de magmatismo restrito e de natureza intermediária a ácida. Não há registro mineralógico nas sucessões sedimentares e/ou metassedimentares da área que justifiquem os altos gradientes magnéticos.

3.3 Sísmica de reflexão

As técnicas aplicadas para aquisição de dados em regiões de bacia sedimentares têm despertado interesse principalmente da indústria petrolífera nos últimos anos, devido às reservas de bens naturais, associadas a estes ambientes geológicos. Atualmente o método de sísmica de reflexão é amplamente empregado para esse fim, pois registra os contrastes entre distintas sucessões e descontinuidades referentes as estruturas que compõem o meio geológico, ao ser percorrido por ondas geradas por uma fonte de localização conhecida.

O método de sísmica de reflexão pode ser utilizado no continente ou no mar, e se baseia na propagação de uma onda mecânica produzida por uma fonte sísmica artificial (*e.g.* dinamite, quando em terra ou canhão de ar comprimido, quando em regiões marinhas) (Fig. 3.13), e tem por finalidade estudar apenas as ondas que incidem no meio geológico e refletem ao encontrar interfaces de camadas de diferentes propriedades elásticas, retornando a superfície, as chamadas ondas refletidas.

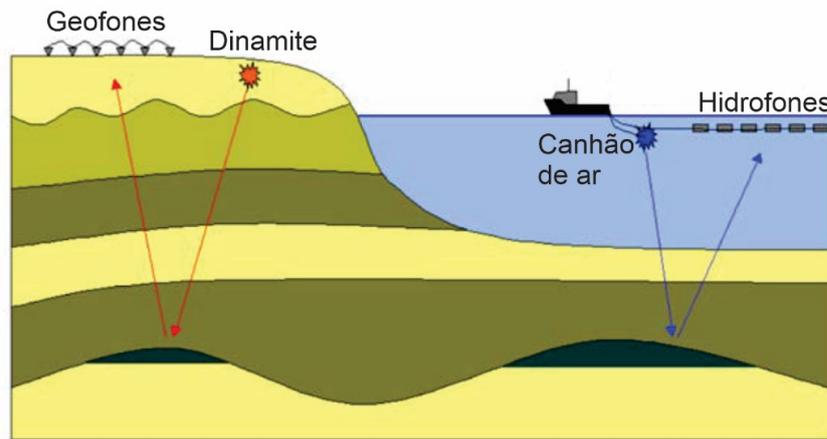


Figura 3.13: Modelo representando a aquisição sísmica. (Adaptada de Gerhrdt, 1988).

A aquisição de dados de sísmica de reflexão é fundamentada no tempo de trânsito da onda, da fonte sísmica, que percorre pelo substrato geológico, e ao encontrar camadas com diferentes propriedades elásticas e contrastes de impedância acústica. Quando alcançam as superfícies contrastantes são refletidas diante das discontinuidades até retornar a superfície, onde são captadas por sensores (geofones ou hidrofones), em intervalos de tempo distintos, devido à diferença de velocidade de propagação da onda (Fig. 3.14). Desta forma, é possível observar a estratigrafia, inferir sucessões, estruturas e outras características geológicas.

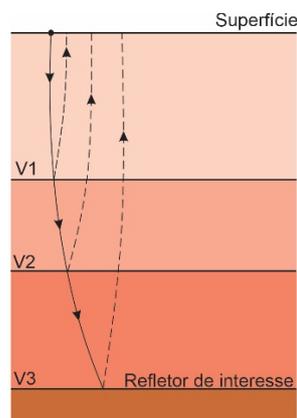


Figura 3.14: Modelo esquemático demonstrando a velocidade da onda sísmica em três camadas distintas. Fonte: autores

3.3.1 Aquisição dos Dados Sísmicos da Área de Estudo

Os dados sísmicos referente a linha “R0240_São_Francisco_045_PSTM”, que se estende da Cidade de Cristalina - GO até arredores Riachinho/Bonfinópolis de Minas - MG, bem como as informações dos poços “1-BRSA-871-MG/1-SHEL-28-MG (poços exploratórios) e 9-PSB-10-MG (poço especial) (Fig. 3.15), foram obtidos na plataforma digital da Agência Nacional do Petróleo, gás Natural e Biocombustíveis - ANP, ambos já processados. Essas informações fazem parte do banco de dados técnicos das bacias sedimentares *onshore*, disponibilizados pela PETROBRAS em 2021.

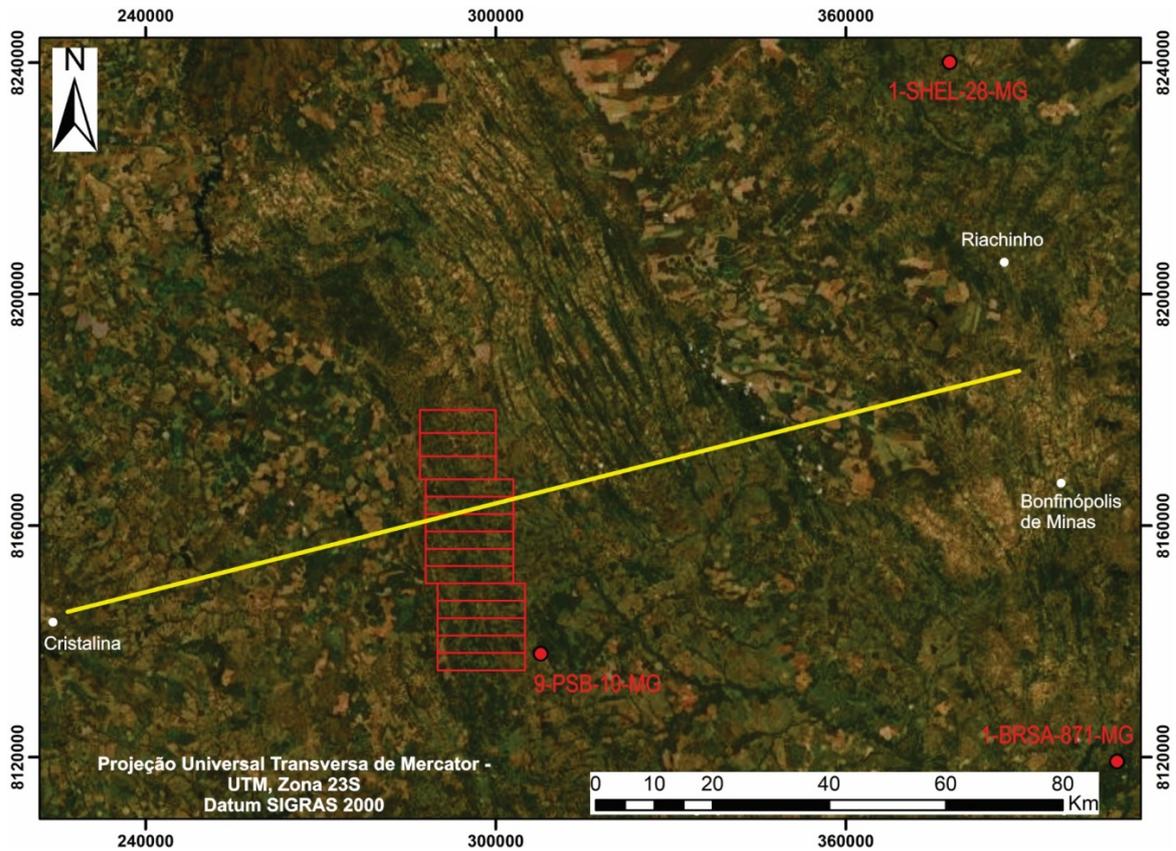


Figura 3.15: Linha sísmica R0240_São_Francisco_045_PSTM em amarelo intersectando a área do Projeto Unai em vermelho. Os pontos vermelhos se referem aos poços próximos, que podem ser utilizados na amarração estratigráfica da seção sísmica.

3.3.2 Interpretação

A seção sísmica R0240_São_Francisco_0045_PSTM foi interpretada (Fig. 3.16) com o auxílio dos dados dos poços próximos e utilizando como referência o mapa geológico do Projeto Unai, na porção de interseção da linha com a área. Foram individualizadas seis megassequências, com base nos grandes refletores, que foram interpretados como: Grupo Araí, Grupo Traíras, Formação Quilombo, Grupo Paranoá, Grupo Canastra e Grupo Bambuí, além do seu embasamento cristalino.

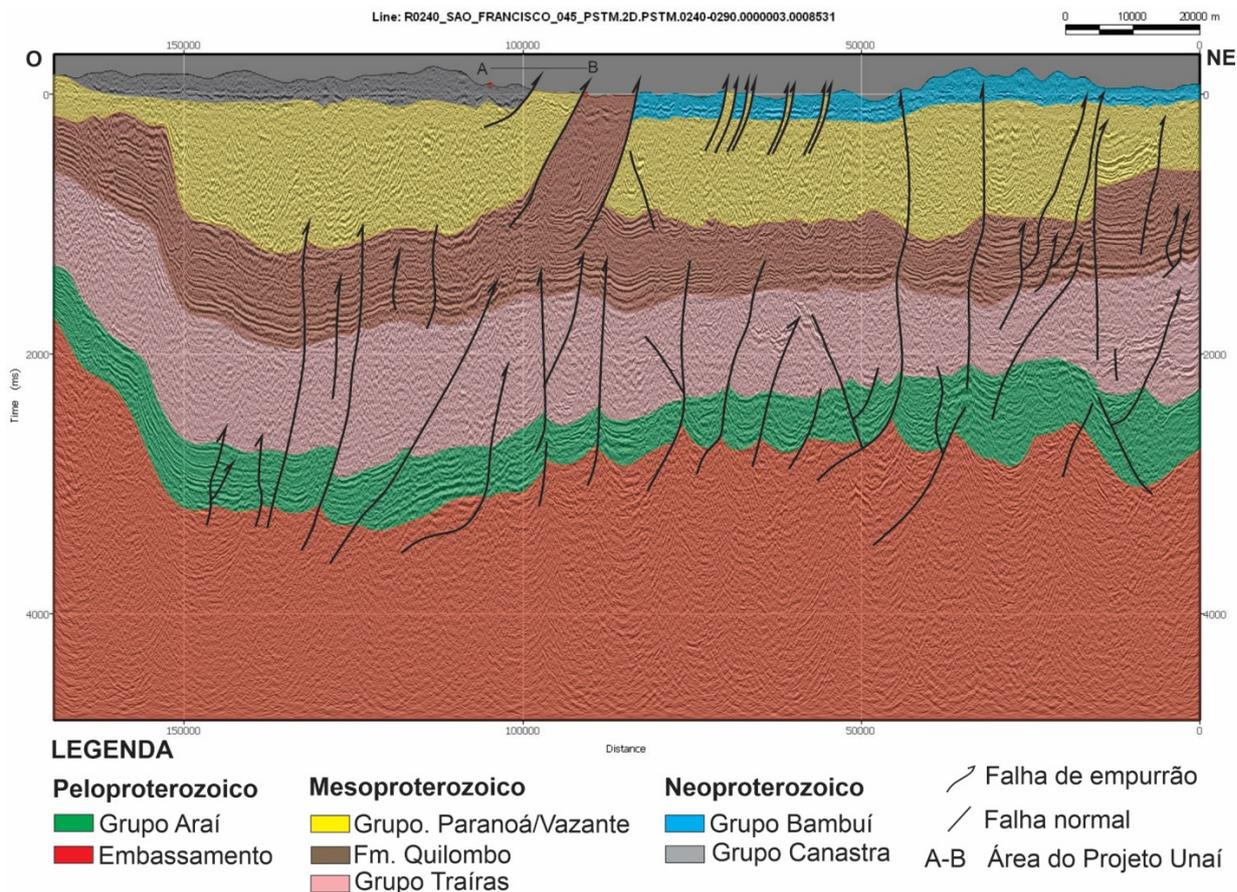


Figura 3.16: Interpretação da seção sísmica R0240_São_Francisco_0045PSTM. Essa seção se inicia no Domo de Cristalina (próximo à cidade homônima) e segue para leste até a região cratônica.

O embasamento é a porção com maior densidade e na sua porção de topo é possível distinguir falhas reativadas. Falhas reversas de alto ângulo e falhas de empurrão afetaram todas as unidades estratigráficas até o embasamento. Os grupos Araí e Traíras e a Formação Quilombo têm espessura aproximadamente contínua e o Grupo Paranoá têm variação abrupta de espessura. A partir dessas unidades as falhas normais do embasamento desaparecem, dando lugar as falhas reversas e de empurrão. Os grupos Canastra e Bambuí são unidades de espessura contínua e estão sobre o Grupo Paranoá.

Na porção central da seção são interpretadas várias falhas reversas. Algumas delas deslocam grandes sucessões. De oeste para leste, o Grupo Canastra está em contato tectônico reverso com Grupo Paranoá, que por sua vez está em contato tectônico reverso com a Formação Quilombo, que foi empurrada sobre o Grupo Bambuí. Próxima à porção central da seção, há algumas lentes ou finas cunhas do Grupo Paranoá encaixadas no interior do Grupo Bambuí.

4 ESTRATIGRAFIA, PETROGRAFIA E SISTEMAS DEPOSICIONAIS

4.1 Introdução

Neste capítulo são apresentadas as descrições das unidades mapeadas na área do Projeto Unai e detalhadas aquelas que ocorrem na Subárea XI. Para cada litofácies é mostrado o enquadramento das feições fisiográficas associadas, modo de exposição, descrições macroscópicas e microscópicas e, por fim, são discutidas análises e associações de fácies, ambiente deposicional e seu metamorfismo.

4.2 Geologia do Projeto Unai

Na área do Projeto Unai afloram as unidades: Formação Quilombo; Formação Córrego do Barreiro, do Grupo Paranoá; Formação Serra do Landim, do Grupo Canastra; e Formação Sete Lagoas, do Grupo Bambuí (Fig. 4.1). As unidades ocorrem como faixas de orientação geral noroeste-sudeste. A leste, a Formação Quilombo é empurrada sobre a Formação Sete Lagoas. Em direção à oeste tem-se falhas contracionais de baixo ângulo que colocam a Formação Córrego do Barreiro sobre a Formação Quilombo, e a Formação Serra do Landim sobre a Formação Córrego do Barreiro.

A Formação Quilombo (Ectasiano, datada em 1.394 Ma, Campos *et al.*, 2021) é composta pelos membros Ribeirão do Franco e Ribeirão da Porteira. O Membro Ribeirão do Franco é formado por ritmitos pelito-arenosos, com empilhamento intercalado de camadas centimétricas de litoarenitos, grauvacas, grauvacas líticas, siltitos laminados, siltitos maciços, argilitos, folhelhos e rochas vulcânicas intermediárias a ácidas restritas (andesitos, dacitos e riolitos), afaníticas e com esferulitos.

O Membro Ribeirão da Porteira integra a sucessão rítmica psamo-pelítica, com o empilhamento intercalado de litoarenitos e grauvacas líticas grossas e finas, arenitos maduros, sublitoarenitos, siltitos laminados, folhelhos, argilitos e subordinadamente conglomerados líticos clasto-suportados. Os contatos entre as diversas litofácies são bruscos. As rochas têm cores escuras quando frescas e cores amareladas, ocre e rosadas quando alteradas.

A Formação Córrego do Barreiro (Steniano, com idade máxima de deposição de 1.132 Ma, Seraine *et al.*, 2021) compreende arenitos, pelitos e dolomitos. Os arenitos são finos a grossos, localmente conglomeráticos ou feldspáticos, de cor escura quando não alterados e cinza claro a esbranquiçado quando alterados. Os pelitos incluem siltito laminado, siltito argiloso, marga laminada de cor escura quando frescos e amareladas a rosada quando alterada. Os dolomitos apresentam cores cinza clara a escura e compreendem dololutitos, dololutitos estromatolíticos, doloruditos intraclásticos e oncolíticos, dolarenitos intraclásticos e oolíticos.

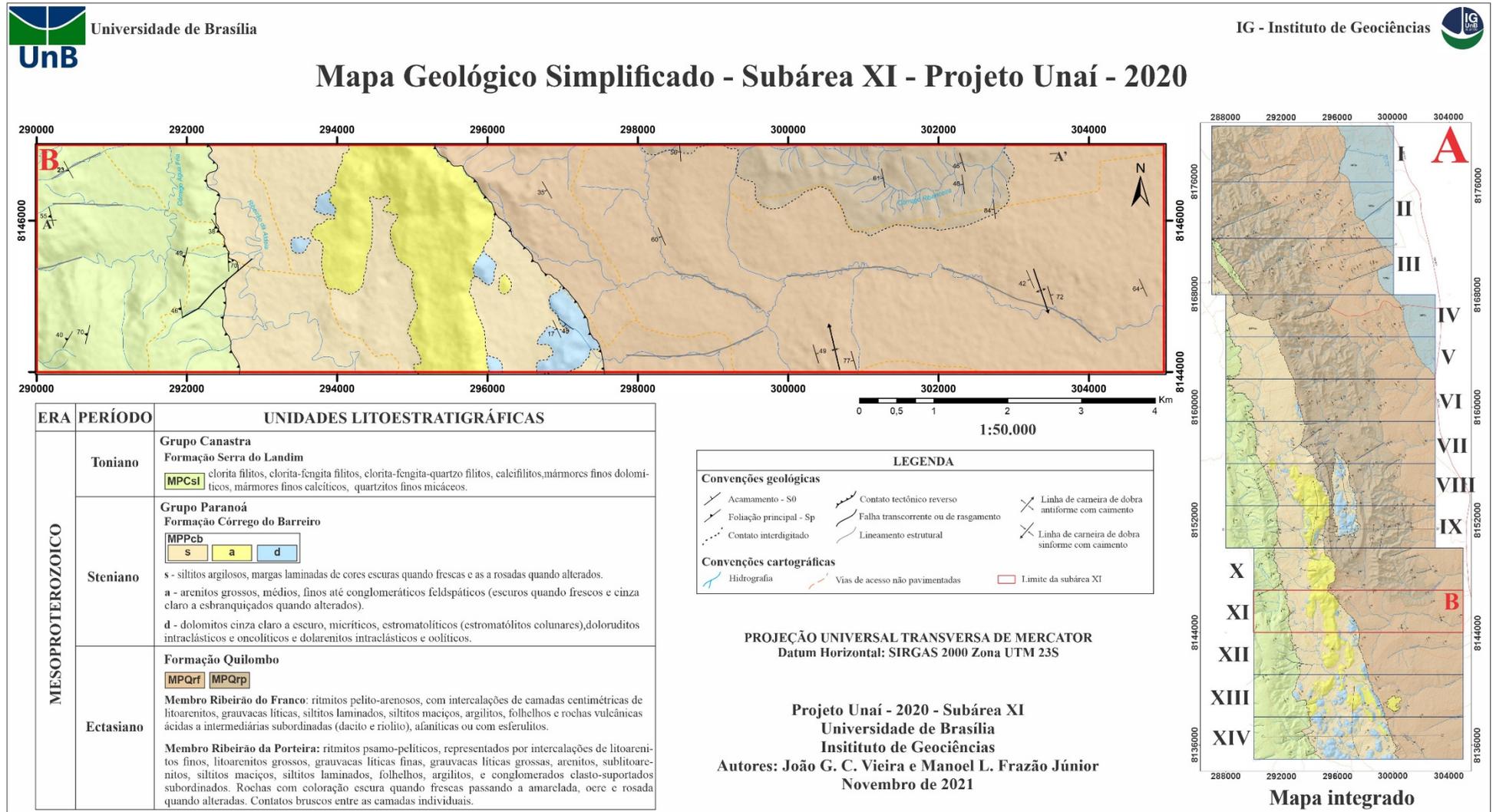


Figura 4.1: Mapa geológico simplificado da Subárea XI, demonstrando as unidades litológicas que ocorrem na mesma. A) Mapa integrado do Projeto Unai destacando a Subárea XI em vermelho; B) Mapa geológico da Subárea XI.

A Formação Serra do Landim (Steniano) é composta essencialmente por filitos, subdivididos em clorita filito, clorita-fengita filito, clorita-fengita-quartzo filito e calcifilito. Subordinadamente ocorrem quartzitos e mármore dolomíticos e calcíticos de granulação fina.

A Formação Sete Lagoas (Ediacariano) ocorre somente em uma pequena parte a nordeste na área do projeto (Fig. 4.1). Inclui siltitos, siltitos argilosos, folhelhos, margas, calcários micríticos, com espessuras centimétricas a decimétricas. As rochas têm cores escuras quando frescas e ocre/amarela/rosada quando alteradas.

4.3 Geologia Local - Subárea XI

A seguir estão detalhadas a estratigrafia, petrografia e sistemas deposicionais das unidades cartografadas na Subárea XI.

4.3.1 Formação Quilombo

As fácies aqui descritas ocorrem nos dois membros da Formação Quilombo, intercaladas ritmicamente. A Formação Quilombo está presente na porção centro-leste da área e está em contato tectônico com a Formação Córrego do Barreiro. Um dos critérios para a individualização entre os membros Ribeirão do Franco e Ribeirão da Porteira foi o maior volume e espessura de pacotes psamíticos no segundo. Os afloramentos de modo geral ocorrem em cortes de estrada, drenagens, córregos e valas. As porções psamíticas também afloram na base de estradas (Fig. 4.2). Nos córregos ocorrem blocos rolados de poucos centímetros até pouco mais de um metro das fácies psamíticas. De forma geral, as litofácies desta unidade apresentam caráter anquimetamórfico, em que as texturas e estruturas primárias estão preservadas, mas há registros de deformação pós-deposicional.

O relevo e o solo são dois fatores que permitem discriminar os membros da Formação Quilombo. Para o Membro Ribeirão do Franco, o relevo apresenta padrão plano a suave ondulado e os solos normalmente são bem drenados, contendo na maior parte da área latossolos vermelhos, latossolos vermelho-amarelos e plintossolos pétricos e concrecionários, nas porções de menor elevação do relevo. Os afloramentos são escassos e muito alterados, a maior preservação se dá em porções psamíticas, mas a dominância de pacotes pelíticos torna as exposições bem espaçadas. Por se tratar das regiões mais planas, o solo é quase totalmente ocupado por pastagens. As camadas psamíticas têm normalmente de 5 a 30 cm e estão intercaladas com os lamitos. Essas camadas pelíticas ocorrem de poucos centímetros a até pouco mais de 1 metro (Fig. 4.3).



Figura 4.2: Afloramento na base da estrada. Ritmito, caracterizado pela intercalação de pacotes psamíticos, entre 0,5 e 1 m, e pelíticos, de poucos centímetros até 75 cm. Ponto 95, coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.144.244, E 300.540.



Figura 4.3: Ritmito pelítico, caracterizado pela intercalação de pacotes de siltitos, entre 15 e 70 cm, e níveis psamíticos entre 10 e 20 cm. Ponto 96, Coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.143.859, E 300.714.

O Membro Ribeirão da Porteira sustenta um relevo que contrasta com o terreno aplainado, ocupando regiões com padrão de relevo suave a forte ondulado, com maiores elevações topográficas. Os solos dominantes nessas porções são os cambissolos e os neossolos litólicos. As exposições rochosas são mais abundantes. Como no Membro Ribeirão do Franco,

de forma geral os afloramentos são alterados, mas aqui já ocorrem comumente em lajedos, forma na qual praticamente não ocorre exposições no Membro Ribeirão do Franco. Devido ao relevo acidentado, a ocupação é mais restrita e a vegetação dominante é nativa. As camadas psamíticas ocorrem normalmente em espessuras maiores que 20 cm a até pouco mais de 1 metro. As camadas pelíticas ocorrem de poucos centímetros até 40 cm (Fig. 4.4).



Figura 4.4: Ritmito psamítico, caracterizado pela intercalação de camadas de arenitos, de 20 a 30 cm, e camadas pelíticas de 15 a 40 cm. Ponto 105, Coordenadas UTM: 23 S, N 8.146.654, E 302.183.

Dessa forma, o Membro Ribeirão da Porteira é uma sucessão rítmica, caracterizada pelo empilhamento intercalado de camadas de psamitos com pelitos e onde conglomerados líticos ocorrem de forma restrita. O Membro Ribeirão do Franco é uma sucessão rítmica predominantemente pelítica (Fig. 4.5), com finas camadas psamíticas e ocorrência de rochas vulcânicas intermediárias a ácidas na sua porção superior (Fig. 4.6).

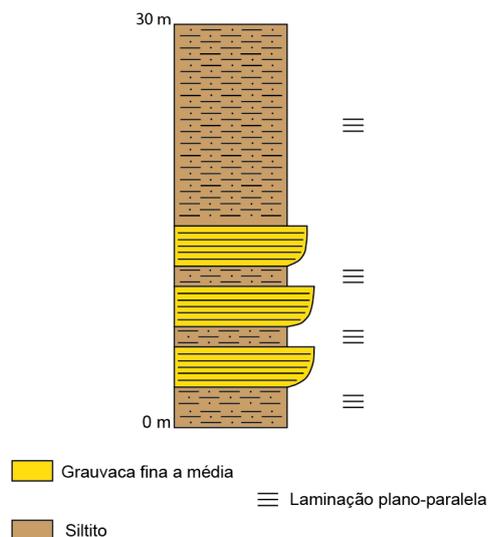


Figura 4.5: Coluna estratigráfica de afloramento. Ponto 157, Coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.145.783, E 298.298.

Formação Quilombo

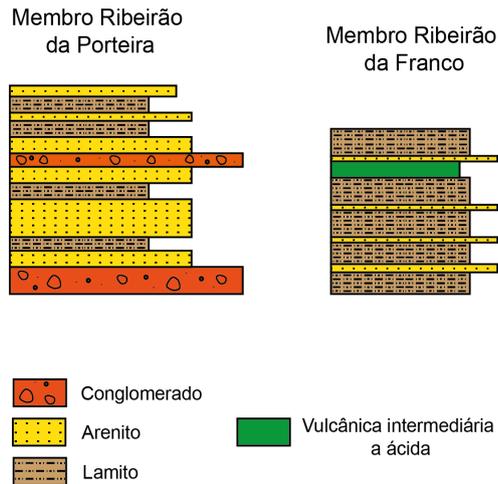


Figura 4.6: Coluna estratigráfica esquemática da Formação Quilombo, sem distinção dos arenitos e lamitos. A espessura da unidade não foi colocada devido ao intenso dobramento observado em campo das suas rochas. Segundo Campos *et al.* (2021), a sucessão teria aproximadamente 400 metros de espessura aparente.

4.3.1.1 Lamitos

Os lamitos incluem siltitos, argilitos e folhelhos (Fig. 4.7). Os pelitos têm cores cinza clara e cinza escura quando frescos e cores brancas amareladas ou avermelhadas quando alterados. As camadas têm uma grande variação de espessura, de alguns centímetros a até pouco mais de 1 m, nas porções expostas, intercaladas com arenitos. Acredita-se que nas porções não aflorantes os pacotes pelíticos possam ser até maiores. Os pacotes pelíticos apresentam laminação plano-paralela interna ou são maciços. Neste conjunto foram individualizadas as fácies siltito maciço, siltito com laminação plano-paralela, argilito e folhelho.



Figura 4.7: Pacote métrico de folhelho bem preservado. Ponto 116 (na Subárea X), Coordenadas UTM: 23 S, N 8147300, E 297748.

4.3.1.2 Litoarenitos

Os litoarenitos são pretos e cinza escuros quando frescos e vão de verde a rosa com o avanço da alteração. Ocorrem com grande variação de espessura, de alguns centímetros a pouco mais de 1 metro. As camadas são maciças ou apresentam laminação plano-paralela interna. São compostos por combinações entre grãos de quartzo de granulometria areia média a fina, fragmentos líticos de pelitos e arenitos (litoclastos) de granulometria areia grossa a grânulo, raros grãos de feldspato e uma matriz escura quando a rocha está fresca, que se torna cinza esverdeada a rosa com a alteração. Essas rochas contêm significativamente menos matriz que as grauvacas e incluem as fácies litoarenito maciço e litoarenito com laminação plano-paralela.

A Lâmina TF20-VI-110 (Fig. 4.8) mostra arcabouço composto principalmente por grãos de areia média, arredondados de alta esfericidade, contudo, os componentes detríticos têm diferenças granulométricas e morfológicas. Composta por quartzo monocristalino (75 %), fragmentos líticos de pelitos (15 %), raros feldspatos alterados (3 %), matriz lamosa (3 %), opacos (2 %) e cimento silicoso (2 %). A rocha é pobremente selecionada, os contatos entre os grãos de quartzo e feldspatos são côncavo-convexos predominantemente e os contatos dos fragmentos líticos e opacos são deformados, o que forma uma pseudomatriz entre os demais componentes detríticos. A distribuição dos constituintes é uniforme por toda a lâmina. A rocha é imatura textural e composicionalmente. Interpreta-se que ocorreu compactação química, com a dissolução de grãos de quartzo e reprecipitação, o que alterou a relação original de contatos. A compactação também provocou a transformação dos contatos entre os grãos e a deformação de litoclastos e opacos, e o preenchimento de fraturas e cavidades por sílica. A amostra é classificada como litoarenito.

A distinção entre matriz e litoclastos é, em muitos casos, dificultada uma vez que estes componentes são muito similares, isto é, a matriz fina é proveniente do retrabalhamento e moagem dos fragmentos líticos predominantes, representados por rochas sedimentares finas (siltitos e folhelhos).

A interpretação é de que esta fácies teria se depositado durante o fim de um fluxo de alta densidade que sofre transformação de fluxo turbulento para fluxo laminar (com entrada do fluido ambiental) e poderia ser correlacionável à fácies F6 de Mutti *et al.* (1999), em ambiente turbidítico distal, não canalizado ou confinado.

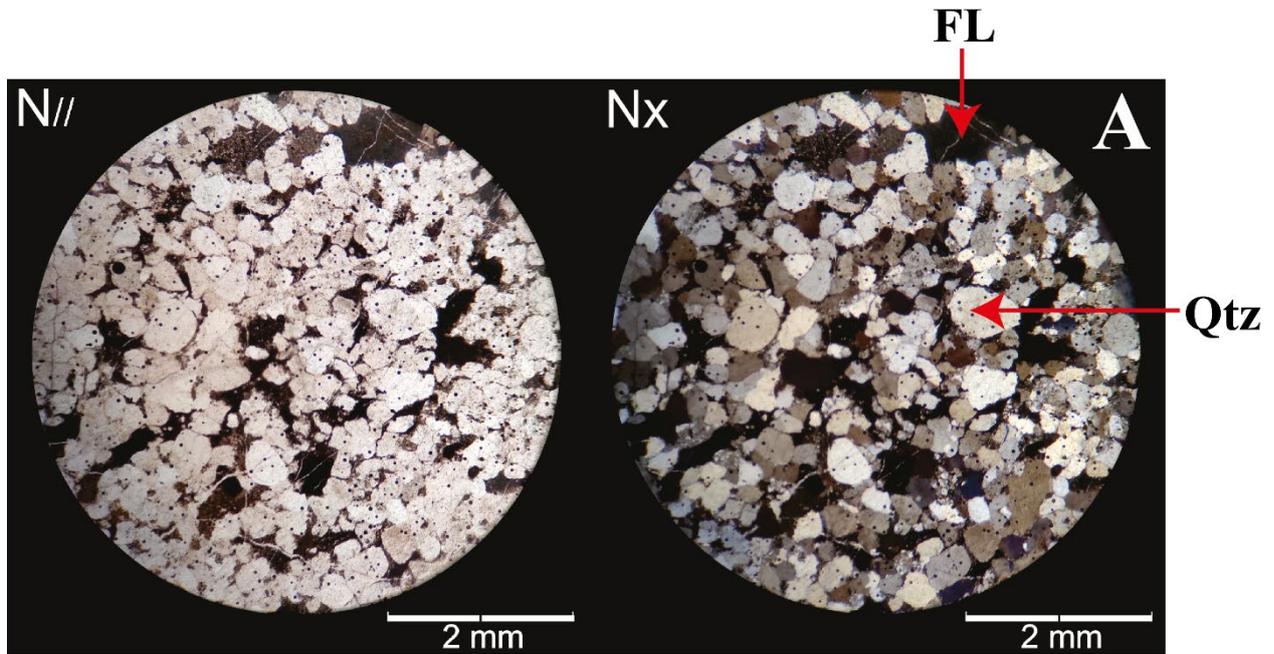


Figura 4.8: **A)** Fotomicrografias da lâmina TF20-VI-110, classificada como litoarenito, constituída essencialmente por grãos de quartzo (Qtz) de areia média arredondados e fragmentos líticos pelíticos deformados (FL). **B)** Amostra TF20-VI-110.

4.3.1.3 *Grauvaca*

As grauvacas são cinza escuras quando não alteradas e cinza esverdeadas, marrom, ocre, e rosa quando alteradas. Os pacotes de grauvacas ocorrem de forma semelhante aos litoarenitos, com alguns centímetros até mais de 1 metro de espessura. São maciços na maior parte. Compostos por combinações de grãos de quartzo com granulometria de areia muito fina a areia

muito grossa, fragmentos líticos de areia média a seixo, raros grãos de feldspatos e matriz lamosa ou argilosa. Contém mais matriz que os litoarenitos. Devido ao maior conteúdo de matriz, as cores de alteração como o verde, ocre e o rosa são mais presentes.

A lâmina TF20-IX-42 (Fig. 4.9) tem o arcabouço formado por grãos com tamanho areia fina a muito fina, subangulosos de alta esfericidade. Composta por quartzo monocristalino (40 %), quartzo policristalino (5 %), raros grãos de feldspatos (3 %), matriz fina (50 %) e mica branca fina (2 %). A amostra é pobremente selecionada. Há duas porções distintas, uma com clastos maiores e com menor contribuição da matriz, e a outra tem maior contribuição da matriz. A laminação é acompanhada por algumas fraturas. Os contatos são flutuantes e pontuais. Lamelas de segregação de argilas são evidência de compactação durante a diagênese. A rocha é imatura textural e composicionalmente, classificada como wacke lítico.

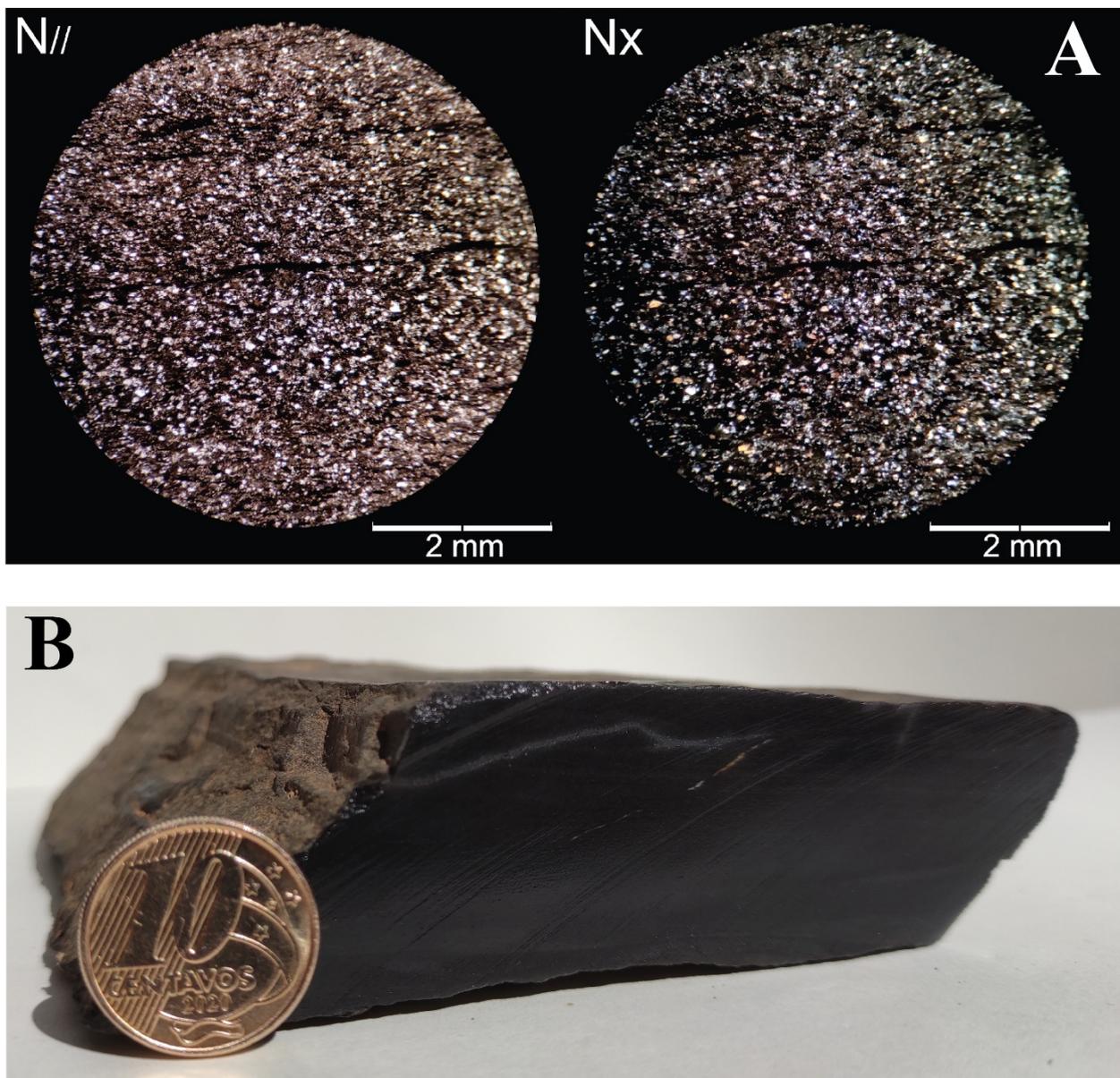


Figura 4.9: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-IX-42, classificada como grauvasca, constituído por grãos de areia fina a muito fina e lama. B) Amostra TF20-IX-42.

A deposição desta fácies é interpretada como decorrente de fluxo turbulento de baixa densidade sendo correlacionável à fácies F7 de Mutti *et al.* (1999), de sistemas turbudíticos de águas profundas.

A lâmina TF20-XI-116 (Fig. 4.10) tem o arcabouço composto principalmente por grãos de areia fina, subangulosos de esfericidade variável. A rocha é composta por quartzo monocristalino (50 %), quartzo policristalino (10 %), raros grãos de feldspatos (3 %), opacos (2 %) e uma matriz argilosa (35 %). A amostra é pobremente selecionada. Há porções onde os opacos são mais e menos abundantes, formando laminação por segregação desse constituinte. Os grãos de quartzo policristalino ocorrem dispersos e segregados em alguns níveis, formando carpetes de tração, nessas partes da lâmina, os contatos são predominantemente planares. Nas demais porções da lâmina os contatos são pontuais e flutuantes. A rocha é imatura textural e composicionalmente, classificada como quartzo wacke.

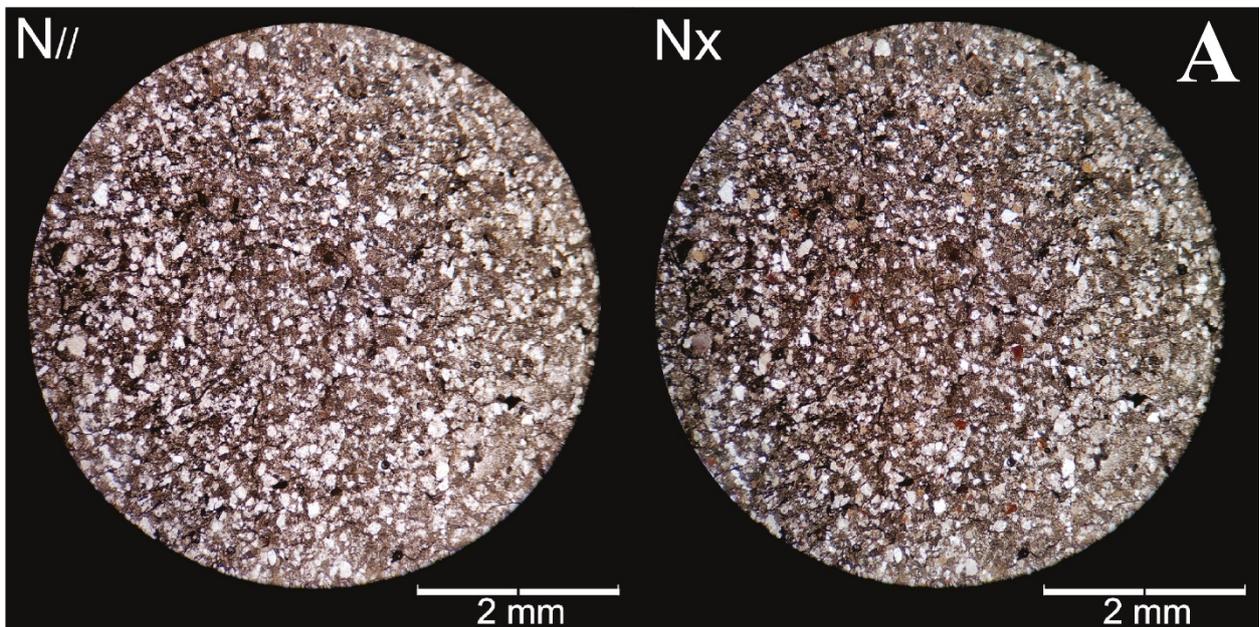


Figura 4.10: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-XI-116, classificada como grauvasca, composta essencialmente por grãos de areia fina e lama. B) Amostra TF20-XI-116.

Interpreta-se que o sedimento tenha sido depositado por fluxo de baixa densidade, comparável as fácies F7 de Mutti *et al.* (1999), ambiente turbidítico.

4.3.1.4 *Grauvaca Lítica*

Entre as grauvacas e os litoarenitos há fácies intermediárias, que têm um conteúdo de matriz entre 10 e 15 %. Elas ocorrem de forma semelhante aos psamitos já descritos.

A lâmina TF-20-XI-110 (Fig. 4.11) tem o arcabouço constituído na maioria por grãos de areia média, subarredondados de baixa esfericidade. Composta por quartzo monocristalino (40 %), quartzo policristalino (10 %), fragmentos líticos de pelitos/metapelitos (30 %), raros feldspatos (2 %), matriz argilosa (10 %), opacos (7 %) e micas brancas finas (1 %). A rocha é pobremente selecionada, com duas porções principais distintas, uma com maior conteúdo de matriz lamosa e outra com impregnações ou pseudomatriz de opacos/óxidos de ferro. Os contatos são planares em maioria, mas há côncavo-convexos. Algumas micas se encontram deformadas, provavelmente durante a compactação na diagênese. Constituintes parecem distribuídos uniformemente por toda a lâmina. A amostra é imatura texturalmente e composicionalmente, classificada como wacke lítico ou litograuvaca.

A deposição desta fácies é interpretada como vinculada a evolução final de fluxos de alta densidade, correlacionável a fácies F7 de Mutti *et al.* (1999), de ambiente turbidítico.

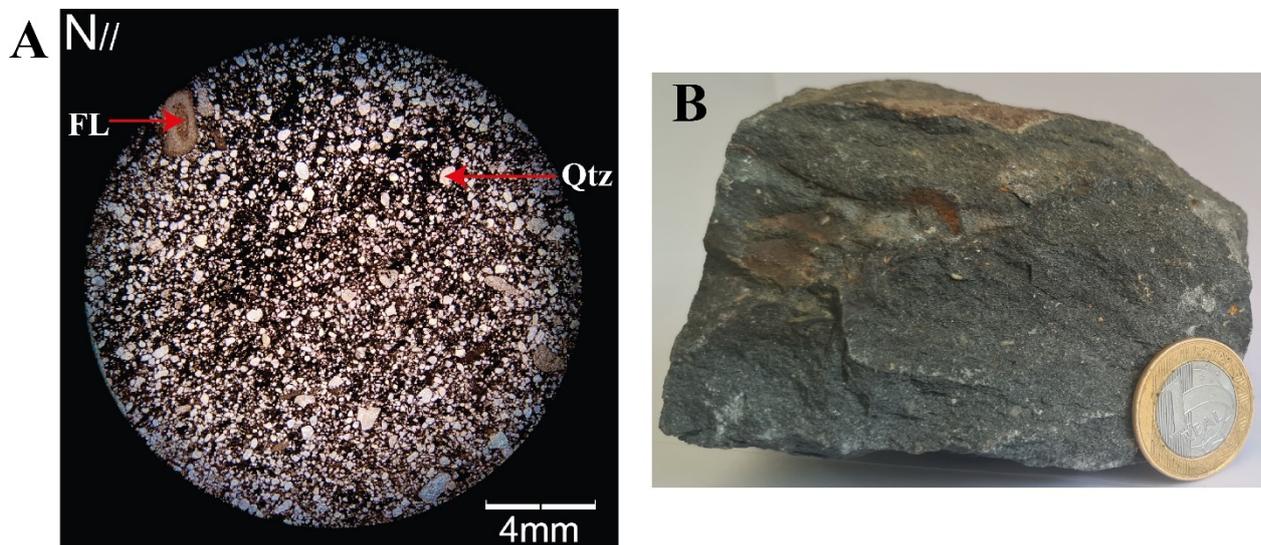


Figura 4.11: A) Fotomicrografias da lâmina TF-20-XI-110, classificada como grauvaca lítica, constituída essencialmente por grãos de quartzo (Qtz) de areia média, alguns fragmentos líticos (FL) de granulometria maior e lama. B) Amostra TF20-XI-110.

4.3.1.5 *Discussão*

As fácies sedimentares da Formação Quilombo (Quadro 4.1) têm vários registros que indicam deposição em ambiente marinho profundo por correntes de turbidez (Mutti *et al.*, 1999).

As principais evidências incluem: contatos bruscos entre as camadas individuais; ausência de estratificações cruzadas; predomínio de pacotes maciços e por vezes com laminação plano-paralela interna e restritamente laminação cruzada; sedimentos pobremente selecionados; características texturais e posicionais dos grãos que sugerem tempo de residência curto na plataforma; rochas de cores escuras; psamitos incluem principalmente litoarenitos e grauvacas; intercalação de camadas finas de pelitos e psamitos em contatos bruscos entre si; litoclastos pelíticos, e ortoconglomerados finos formados principalmente por esses fragmentos líticos; e a presença de carpetes de tração.

Quadro 4.1: Fácies sedimentares da Formação Quilombo, observadas em toda a área do Projeto Unai. *Fácies não observadas na Subárea XI.

Fácies	Estrutura	Código	Processo	Associação de fácies	Fácies de Mutti
Ortoconglomerado seixoso*	Imbricamento, possivelmente invertido	Cs	Fluxo gravitacional de alta densidade e erosão	Leque submarino superior/canal	F3
Quartzarenito grosso a médio*	Laminação plano-paralela, localmente mostram laminação cruzada	Qgm	Início de fluxo turbulento de baixa densidade	Leque submarino médio	F6
Litoarenito médio laminado	Laminação plano-paralela	Lml	Início de fluxo turbulento de baixa densidade	Leque submarino médio	
Litoarenito médio maciço	Maciço	Lm	Início de fluxo turbulento de baixa densidade	Leque submarino médio	
Grauvaca lítica média	Maciço	Lgm	Fluxo turbulento de baixa densidade	Leque submarino inferior	F7
Grauvaca fina	Maciço	Gf	Fluxo turbulento de baixa densidade	Leque submarino inferior	
Siltito maciço	Maciço	S	Fluxo turbulento de baixa densidade	Leque submarino inferior	F8
Siltito laminado	Laminação plano-paralela	Sl	Fluxo turbulento de baixa densidade	Leque submarino inferior	
Argilito	Maciço	A	Fluxo turbulento diluído	Leque submarino inferior/planície	F9
Folhelho	Laminação plano-paralela	F	Fluxo turbulento diluído	Leque submarino inferior/planície	

A espessura dos pacotes entre alguns centímetros até pouco mais de 1 metro é comum em depósitos de fluxos turbidíticos. A intercalação seria o resultado da frequente alimentação do sistema por diferentes fluxos turbidíticos, formando os *turbidite sheets*. O empilhamento cíclico de psamitos e pelitos em depósitos turbidíticos é relacionado a alimentação de sistema

turbidíticos ou de leques submarinos por rios, afetados periodicamente por enchentes. A ausência de fácies F4 e F5 de Mutti *et al.* (1999) pode indicar que as correntes de turbidez eram altamente eficientes.

A análise e associação de fácies descritas, em associação com a literatura (Moura, 2018; Campos *et al.*, 2021), corrobora a deposição da Formação Quilombo entre o canal e a porção inferior de um sistema de leque submarino, periodicamente alimentado principalmente pelas frações areia e lama. O Membro Ribeirão da Porteira compreenderia os depósitos da porção mais interna do leque, enquanto o Membro Ribeirão do Franco incluiria os depósitos da porção mais externa (Fig. 4.12). Pulsos de vulcanismo subaquoso durante a deposição são responsáveis pela formação das vulcânicas que se intercalam à sucessão sedimentar.

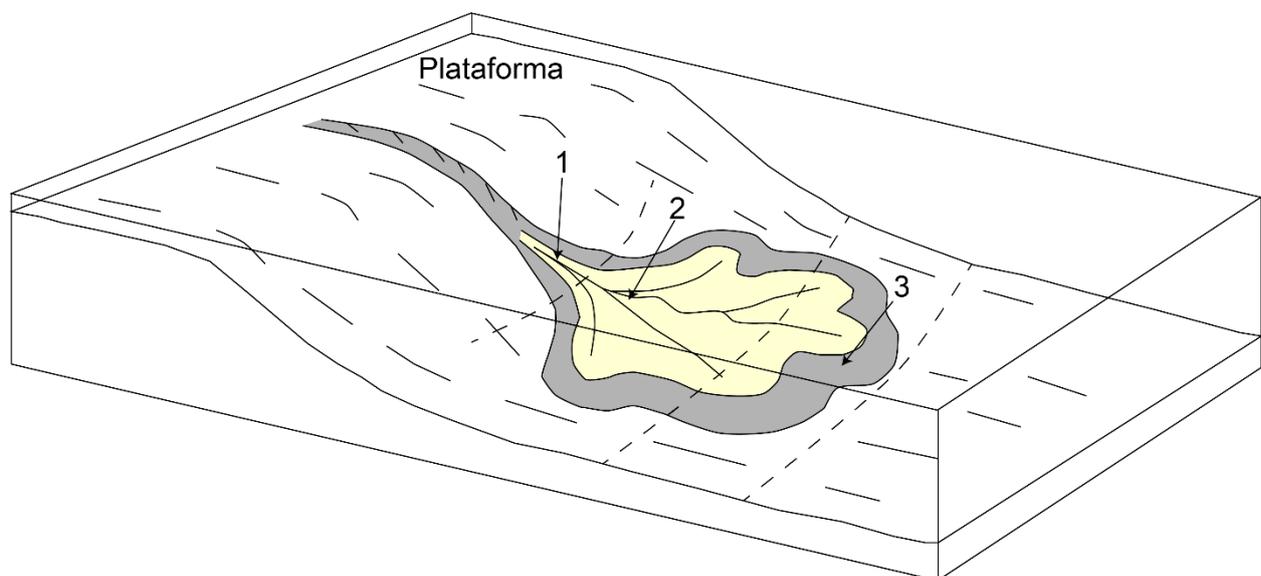


Figura 4.12: Modelo deposicional de leque submarino dominado por areia e lama, proposto para a Formação Quilombo. 1 - Deposição em leque superior/canal; 2 - deposição em leque médio; 3 - deposição em leque inferior/planície.

4.3.2 Grupo Paranoá - Formação Córrego do Barreiro

Na Subárea XI, as rochas da Formação Córrego do Barreiro estão em contato tectônico com as formações Quilombo e Serra do Landim, a leste e a oeste, respectivamente. A sua área de ocorrência é associada a padrões de relevo acidentados, formados por serras e morros e relevo plano a suave ondulado.

Nas porções de relevo plano a suave ondulado as rochas pelíticas estão frequentemente recobertas por solos em processo evoluído de pedogênese. Neste contexto, somente é possível observar raros afloramentos de siltitos. Nas regiões acidentadas há predomínio de rochas psamo-carbonatadas, sendo que os arenitos são encontrados na forma de blocos rolados e associados a essas áreas há vegetação densa. Por outro lado, as rochas carbonáticas ocorrem de maneira interdigitada ou não estão associadas com os arenitos, na forma de paredões no pé de serras ou em morros isolados. Associado a essas rochas ocorre vegetação ressecada e menos densa

composta por árvores com espinhos e cipós, e restrita vegetação baixa ou de pequeno porte (Fig. 4.13).

As fácies presentes nesta formação são de caráter psamo-pelito-carbonatada (Fig. 4.14), desta forma, a abordagem utilizada para individualizar as fácies desta unidade baseou-se na ocorrência de material siliciclástico e carbonático em afloramentos, bem como nas suas estruturas, texturas, variações de fácies e suas relações laterais e verticais.



Figura 4.13: Ocorrência dos diferentes tipos petrográficos da Formação Córrego do Barreiro e os respectivos contextos fisiográficos de ocorrência.

Formação Córrego do Barreiro

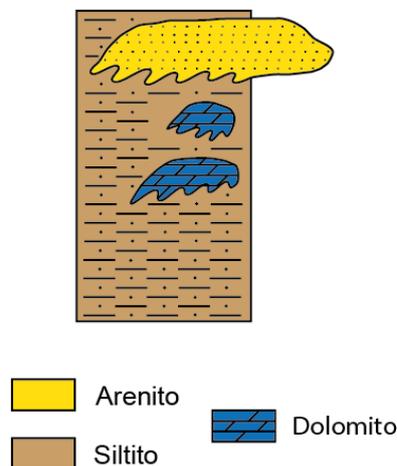


Figura 4.14: Coluna estratigráfica esquemática da Formação Córrego do Barreiro.

4.3.2.1 Siltito

O siltito apresenta coloração cinza a cinza claro quando frescos e amarelo esbranquiçado quando alterado, e em alguns domínios ocorrem lentes centimétricas de margas. Esses pelitos são essencialmente compostos por sedimentos homogêneos e de granulometria silte, e por vezes exibem laminação plano-paralela. Devido a sua forma de exposição na subárea, principalmente

em valas de erosão, onde são cobertos por um nível coluvionar, algumas feições estruturais tornam-se imperceptíveis (Fig. 4.15).

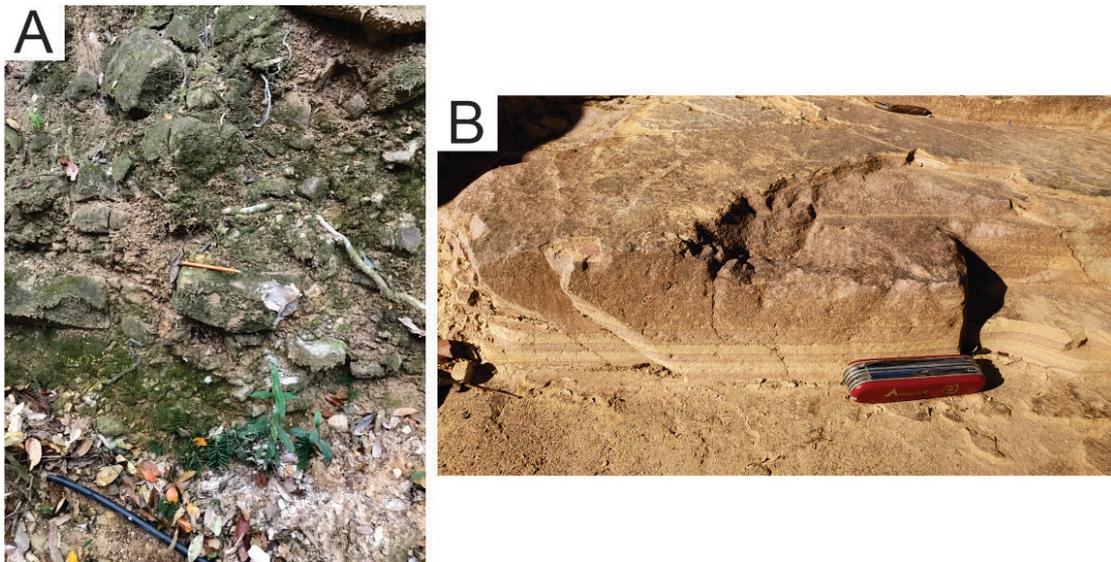


Figura 4.15: **A)** Principal forma de exposição de siltitos em drenagem. Esse tipo de afloramento impede que algumas feições possam ser observadas. **B)** Afloramento de siltito em corte de estrada, localizado na subárea VIII.

4.3.2.2 Arenito Fino a Médio

A fácies de arenito fino a médio, assim como os demais arenitos, ocorre na forma de blocos rolados, este por sua vez é cinza quando fresco e esbranquiçado quando alterado. Eles exibem estrutura maciça e são formados por grãos de quartzo de granulometria fina a média, bem selecionados, arredondados e esféricos. Ademais, há grãos de feldspato de coloração esbranquiçada nas superfícies expostas (Fig. 4.16A).

4.3.2.3 Arenito grosso a Conglomerático

A fácies arenito grosso feldspático apresenta tons de cinza claro quando fresco e esbranquiçado quando alterado, e são compostos majoritariamente por grãos de quartzo médios-grossos a muito grossos, de alta esfericidade, subarredondados, moderadamente a bem selecionados e por grãos de feldspato esbranquiçados a rosa claro e com presença de óxidos. A ocorrência dessa rocha é associada a porções mais elevadas da serra (Fig. 4.16A).

A lâmina TF-20-XIV-32a (Fig. 4.16B) apresenta dois domínios, os quais representam as duas fácies anteriormente descritas. O Domínio 1 (D1) apresenta arcabouço unimodal, com predomínio de areia fina. Este é composto por quartzo monocristalino (96 %), com extinção reta e distribuição uniforme, por feldspato (3 %) e mica branca 1 %, distribuídos uniformemente. O Domínio 2 (D2) tem arcabouço bimodal, com predomínio de areia muito grossa, arredondada de esfericidade variável. Ele é composto por quartzo monocristalino (65 %) e quartzo policristalino (30 %) ambos com feições de sobrecrescimento e extinção ondulante, por feldspatos (5 %)

arredondados e de baixa esfericidade, classificados como microclínio e plagioclásio. A análise dos constituintes da lâmina mostra que os grãos de quartzo são de origem plutônica e metamórfica, os contatos planares a côncavo-convexos, alguns limites entre grãos, deformação de micas, mostram que a rocha sofreu compactação mecânica e química. Dois cimentos de sílica são observados: sobre crescimento de grãos detríticos e quartzo microcristalino.

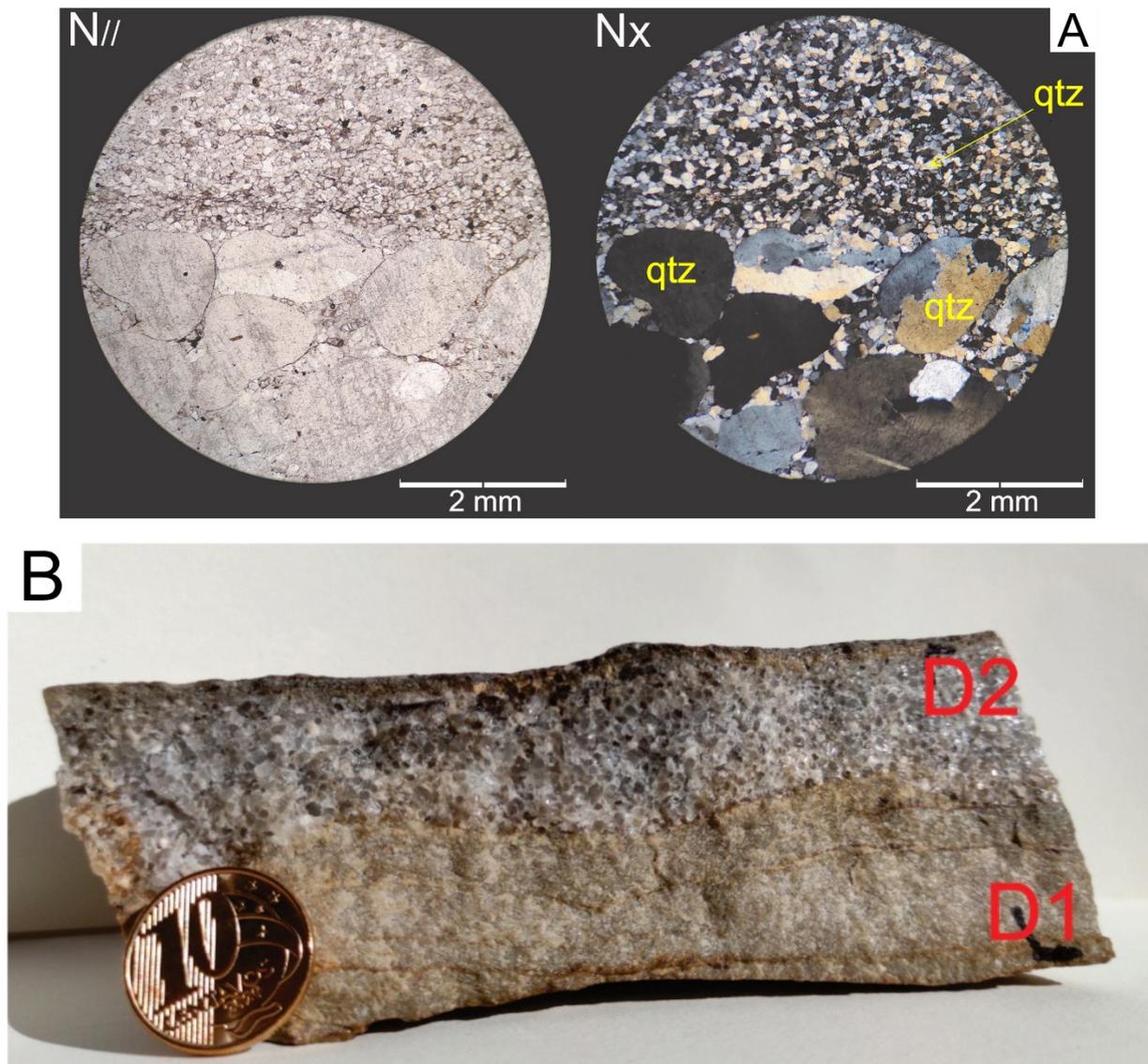


Figura 4.16: A) Fotomicrografias da lâmina TF-20-XIV-32a, evidenciando a relação mineralógica e textural entre os domínios da rocha. B) Amostra TF-20-XIV-32a, demonstrado o contato entre o D1 referente a fácies Arenito fino a médio e o D2 associado a fácies Arenito grosso a conglomerático.

4.3.2.4 Dololuto Estromatolítico Planar

A fácies dololuto estromatolítico planar apresenta coloração cinza médio a cinza claro e ocorre na forma de morros e morrotes no pé das serras ou próxima a elas. Essa rocha contém estromatólitos com esteiras planares contínuas e irregulares-sinuosas, de tamanho centimétrico, com níveis centimétricos heterogêneos de micrita (Fig. 4.17). Ademais, nota-se alguns pontos esbranquiçados, que representam produtos da recristalização do carbonato.



Figura 4.17: Amostra de dololuto estromatolítico planar, demonstrando feições de recristalização de carbonato (porções esbranquiçadas).

4.3.2.5 Dolarenito Maciços Extraclástico e Intraclástico

A fácies dolarenito maciço extraclástico apresenta coloração cinza médio a escuro com extraclastos compostos por quartzo e intraclastos formados pelo próprio carbonato. Os extraclastos são representados por grãos de granulometria areia fina a média, bem arredondados, que ocorrem segregados em camadas quase métricas, em níveis interdigitados milimétricos a centimétricos e dispersos em camadas maciças. Os intraclastos têm tamanhos variados com formas alongadas e são representados por fragmentos de estromatólitos com esteiras microbianas pouco contínuas e com ocasionais ondulações (Fig. 4.18A).

A lâmina TF-20-XI-125, referente a essa fácies, é composta essencialmente por micrita (75 %) e extraclastos principalmente de quartzo (24 %) e de feldspatos (1 %). Os extraclastos são tamanho areia fina a seixo, arredondados e estão dispersos da matriz micrítica. A micrita apresenta baixa recristalização. Interpreta-se período de maior aporte siliciclástico a plataforma e a micrita foi recristalizada após o soterramento, durante a diagênese.

A lâmina TF-20-XIII-32B (Fig. 4.18B) é composta por intraclastos micríticos (55 %) de tamanho milimétrico, bem arredondados e com esfericidade baixa, por intraclastos de esteiras alguais (5 %), de tamanho milimétrico, bem arredondados e com baixa esfericidade e intraclastos variados (40 %). Ainda ocorrem oncólitos arredondados e com esfericidade baixa que mantêm sua estrutura concêntrica. A análise da lâmina indica que os intraclastos, assim como o extraclastos passaram por retrabalhamento e que posteriormente os intraclastos se depositaram em meio a micrita, que recristalizada durante a diagênese toma o aspecto de pseudo esparita.

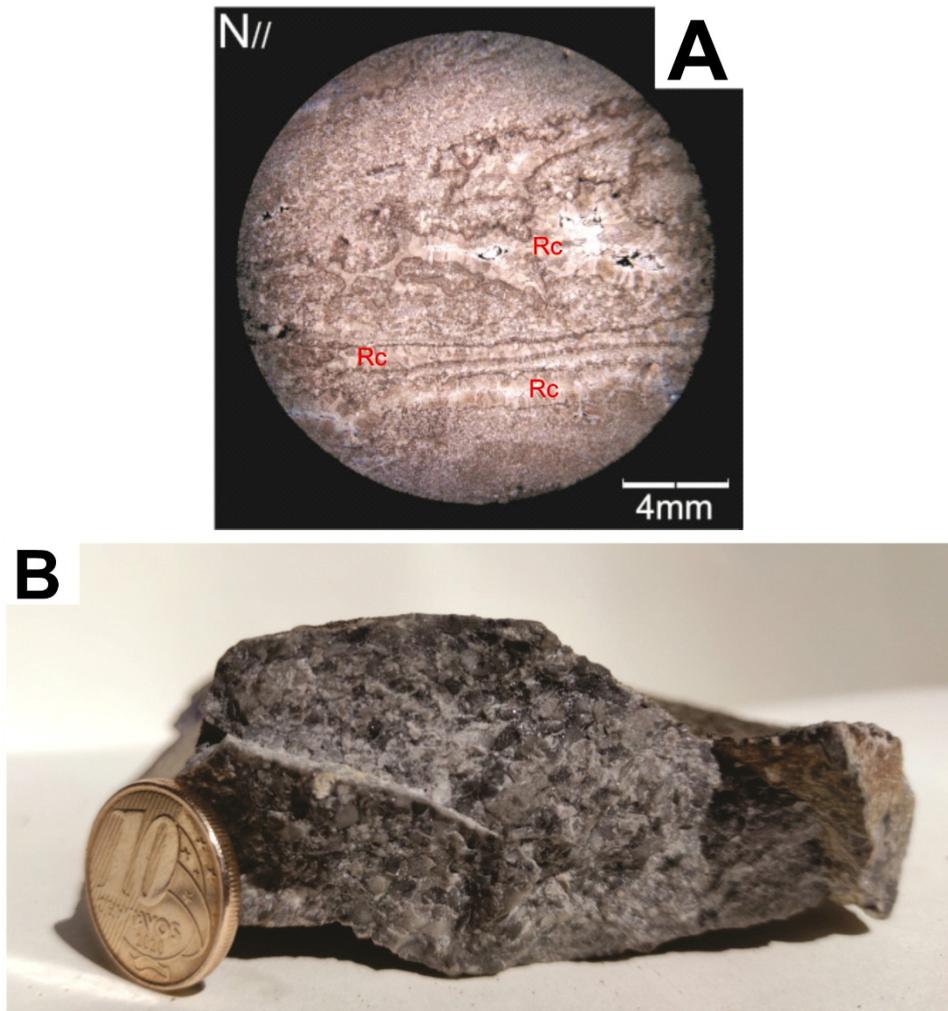


Figura 4.18 - A) Fotomicrografias da lâmina TF-20-XIII-32B evidenciando feições de recristalização (Rc). **B)** Amostra de dolarenito maciço extraclástico.

4.3.2.6 Dololutito

Fácies dololutito apresenta coloração cinza escuro e estrutura maciça com feições localizadas de recristalização da micrita original (Fig. 4.19).



Figura 4.19: Amostra de dololutito maciço. Domínios esbranquiçados são formados pela recristalização do próprio material carbonático

4.3.2.7 Brecha Maciça

As fácies de brechas maciças apresentam coloração cinza médio a escuro e são compostas com intraclastos micríticos, de tamanhos centimétricos, dispersos em micrita e extraclastos formados por grãos de quartzo subarredondados e com ausência de estrutura sedimentar. Localmente a micrita é recristalizada formando pseudo esparita entre os intraclastos (Fig. 4.20).



Figura 4.20: Amostra de fácies brecha maciça em que é possível observar os fragmentos de rocha carbonática, e os bolsões de recristalização da micrita (porções claras).

4.3.2.8 Discussão

A associação de fácies (Quadro 4.2) foi realizada do ambiente proximal da plataforma carbonática em direção ao distal, e a Fig. 4.22 demonstra com detalhe o modelo deposicional da Formação Córrego do Barreiro.

Quadro 4.2: Fácies sedimentares da Formação Córrego do Barreiro observadas em toda a área do Projeto Unai. *Fácies não observadas na Subárea XI.

Fácies	Estrutura	Código	Processo	Associação de fácies
Siltito	Laminação plano-paralela	SI	Sedimentação por decantação	Ambiente proximal ao distal
Arenito grossos a conglomeráticos	Estratificação <i>Cut and fill</i>	AGe	Canais de areia submarinos depositados em regime de fluxo inferior	Ambiente proximal
Arenito fino a médio	Estratificação cruzada e plano paralela	AMe	Depósitos de areia associados a regime de fluxo inferior	Ambiente proximal
Dolarenito maciço	Maciço	DAM	Deposição de extraclastos por aporte sedimentar do continente Intraclastos formados pelo retrabalhamento de material exposto e ressecado	Ambiente proximal

			Sedimentação por decantação	
Dololuto	Maciço	DLm	Sedimentação por decantação	Ambiente proximal/restrito
Dololuto estramatolítico planar	estamatolítico planar a ondulado	DLep	Atividade microbiana com pouco espaço de acomodação	Ambiente restrito
Dololuto estramatolítico colunar e dômico*	estamatolítico colunar e dômico	DLecd	Atividade microbiana com grande espaço de acomodação	Ambiente restrito
Brecha intraclástica	Maciço	Bm	Retrabalhamento da plataforma carbonática por fluxos gravitacionais e períodos de alta energia	Ambiente distal

A associação de fácies referente a porção mais proximal da plataforma é caracterizada pela forte influência de sedimentos terrígenos em associação com sedimentos carbonáticos, como ilustrado na Fig. 4.21. Essa associação de fácies é composta pelos pacotes de siltito, arenitos, dolarenito e dololuto maciço. Os sedimentos referentes a porção terrígena são interpretados como depósitos associados a canais nas porções mais rebaixadas na planície de maré, que devido a energia do ambiente são transportadas e depositados em barras, onde são retrabalhados em ambientes canalizados. Por outro lado, os sedimentos carbonáticos se limitam entre a deposição estritamente terrígena dos canais, e os ambientes mais rasos, de deposição de carbonatos. As lamas que formam os pacotes de siltito se depositam em porções mais profundas ou em porções protegidas da plataforma.



Figura 4.21: A) Amostra que representa a zona de interdigitação de sedimentos terrígenos e carbonáticos (os pontos escuros arredondados representam extraclastos de quartzo). B) coluna do afloramento do Ponto 125, Coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.145.404, E 296.055.

Essa associação de fácies é composta pelas fácies dololuto maciço e estromatolítico planar e caracteriza um ambiente restrito e protegido dos depósitos siliciclásticos, dominado por ondas, um pouco mais distal. Essas estruturas acompanham o nível do mar, e migram durante o tempo geológico, se formam em sobre antigos depósitos terrígenos, ou de depósitos carbonáticos.

A associação de fácies na porção mais distal é composta por brechas, onde a sua ocorrência é associada a zonas limítrofes da deposição carbonática, que a partir da ação das ondas e fluxos gravitacionais resultam no retrabalhamento do dolarenito, dololuto maciço e estromatolítico planar gerando intraclastos com tamanhos variáveis, centimétricos a decimétricos.

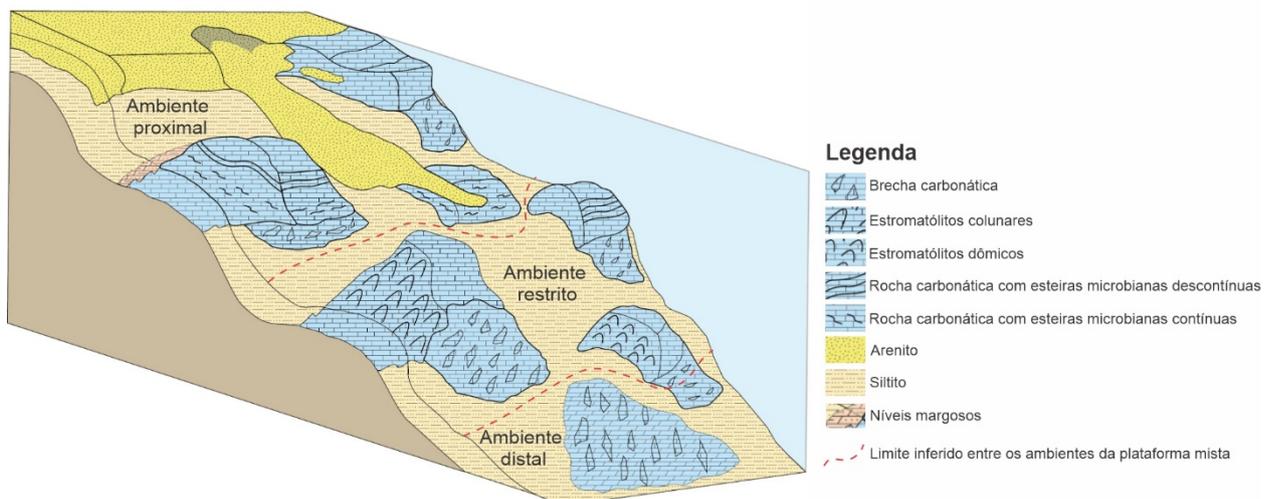


Figura 4.22: Modelo deposicional da Formação Córrego do Barreiro.

A análise de associação de fácies mostradas anteriormente auxilia na interpretação do ambiente deposicional como plataforma mista (siliciclástica-carbonática), onde houve deposição simultânea de sedimentos terrígenos e carbonáticos. As rochas psamíticas estariam associadas a ambientes canalizados e de retrabalhamento contínuo por ação de marés, as rochas carbonáticas a ambientes rasos, com águas quentes e com fluxo de energia calmos até agitados. Por fim, as rochas pelíticas estão associados a ambientes de baixa energia.

4.3.3 Grupo Canastra

A Formação Serra do Landim, do Grupo Canastra, ocorre na porção oeste da Subárea XI e está em contato tectônico sobre a Formação Córrego do Barreiro. Os afloramentos ocorrem principalmente na forma de lajedos, pequenas exposições na base de descampados, cortes de estrada, drenagens e no topo de morros.

As rochas desta unidade ocorrem na porção de maior altitude da área, referida como Serra Alto da Mangabeira, caracterizada por um relevo ondulado à leste e plano a oeste (Fig. 4.23). Esse relevo de maior altitude é preservado devido a formação de plintossolos e crostas lateríticas sobre a unidade. A ocupação antrópica dessas porções é menor, muito relacionado a topografia mais acidentada, mas à oeste, fora da área do projeto, há monocultura irrigada por pivôs em planaltos.

A formação é quase exclusivamente composta por filitos, que por vezes apresentam lentes e níveis quartzíticos, e raras exposições de mármore (Fig. 4.24). As texturas primárias dessas rochas em grande parte já não são mais visíveis, caracterizando o maior grau metamórfico (fácies xisto-verde) em comparação às litofácies das unidades anteriormente descritas.



Figura 4.23: Foto panorâmica da escarpa da Serra Alto da Mangabeira. Ponto 72, Coordenadas UTM: 23 S, N 8.145.526, E 291.958.

Formação Serra do Landim

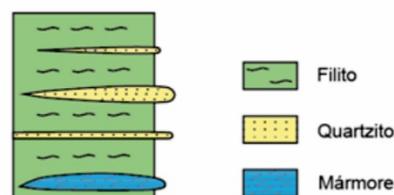


Figura 4.24: Coluna estratigráfica esquemática da Formação Serra do Landim.

4.3.3.1 Filitos

Os filitos compreendem principalmente clorita-fengita filitos e de forma restrita clorita-fengita filitos carbonosos e calcifilito. Os filitos têm cores cinza esverdeado ou prateado quando frescos, em função do conteúdo de clorita e fengita, e cinza esbranquiçado ou vermelho quando alterados. Têm granulação fina e alguns grãos de quartzo e feldspato dispersos. Há níveis ou lentes em afloramentos com maior contribuição de quartzo (Fig. 4.25). Os filitos carbonosos têm cores mais escuras, devido à presença de matéria orgânica herdada do protolito. Em alguns filitos

o acamamento sedimentar pode ser preservado, sendo caracterizado por variações granulométricas ou composicionais.

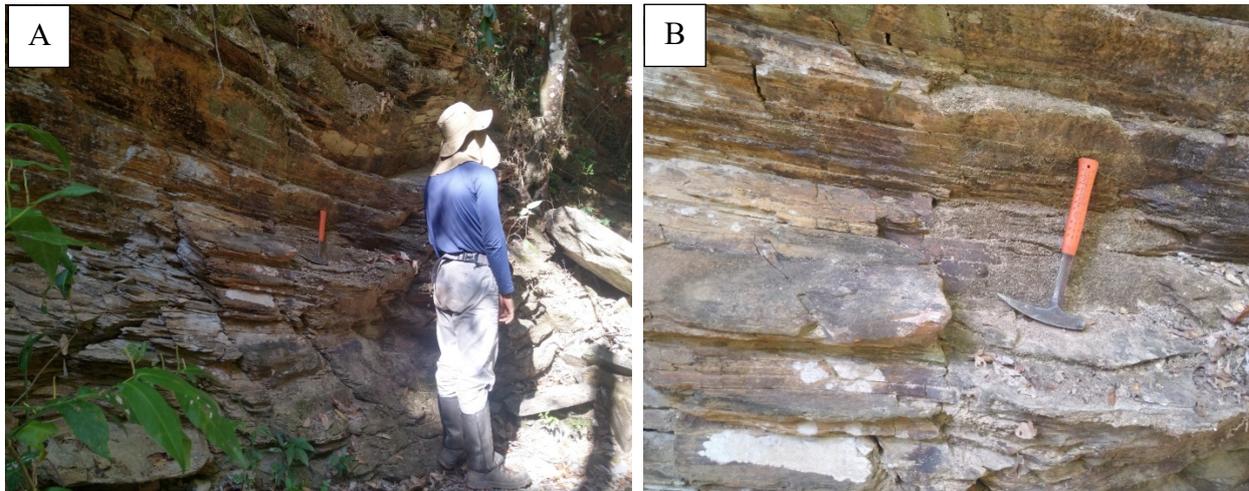


Figura 4.25: A) Exposição de uma grande sucessão filítica às margens de um córrego seco. As camadas têm espessuras de 1 a 10 cm aproximadamente. B) Sucessão filítica com uma camada de maior contribuição quartzosa destacada. Ponto 140, Coordenadas UTM: Zona 23S, N 8.146.665, E 290.398.

A lâmina TF20-XIII-33 tem granulação fina e textura lepidoblástica, caracterizada pela orientação paralela de micas brancas finas e clorita (Fig. 4.26). Composta quase exclusivamente por fengita (55 %) e clorita (34 %), e menor contribuição de quartzo (3 %), feldspatos (3 %) e opacos vermelhos (5%), que podem ser óxidos de ferro. A paragênese metamórfica clorita-fengita-quartzo-albita indica metamorfismo regional, fácies xisto-verde, zona da clorita. Interpreta-se que o protolito seria representado por pelito, com grãos de quartzo e feldspato dispersos. A rocha é classificada como clorita-fengita filito.

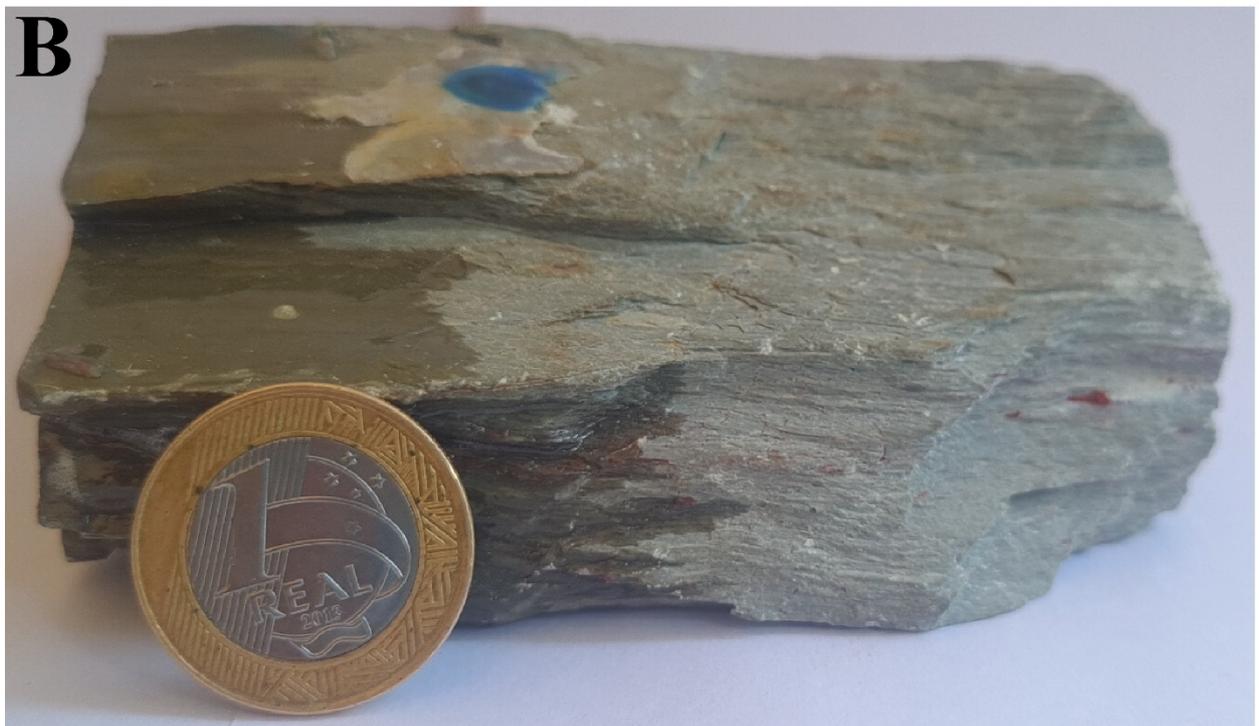
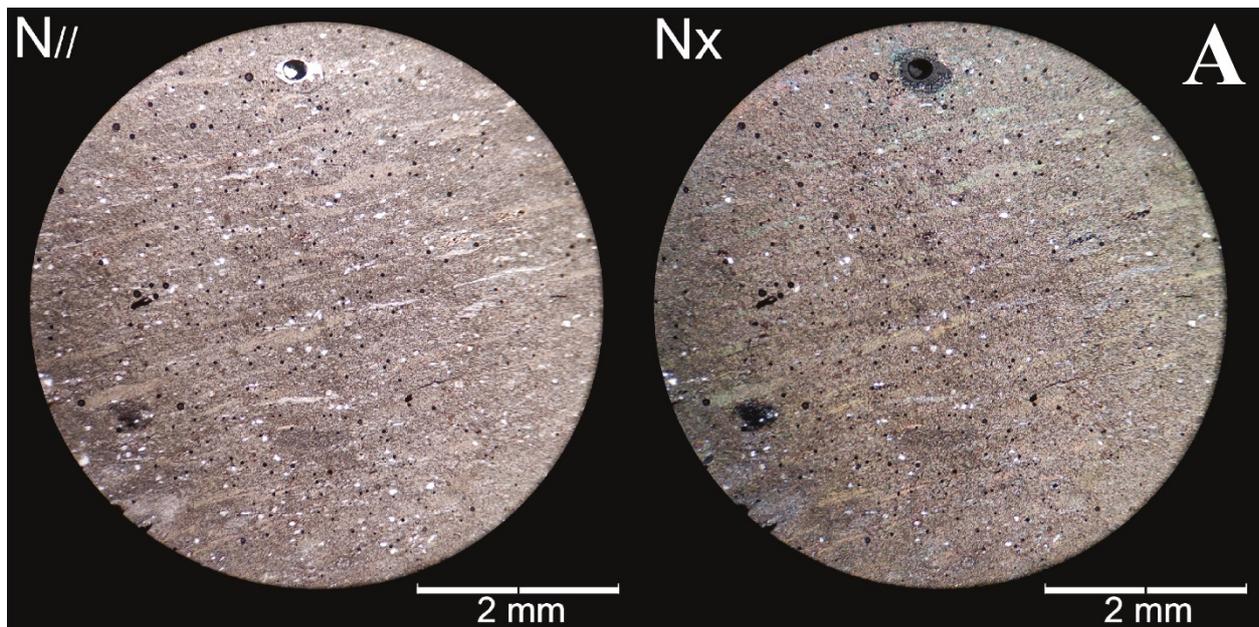


Figura 4.26: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-XIII-33, classificada como filito, composta por fengita e clorita, apresenta granulação fina e textura lepidoblástica. B) Amostra TF20-XIII-33.

A lâmina TF20-XIV-28 (Fig. 4.27) tem granulação fina e textura pseudoporfiroblástica, em que óxidos de ferro são interpretados como pseudomorfos de pirita, imersos em uma matriz fina, com aspecto lepidoblástico, contudo mal preservada em função do avançado estágio de alteração. Os pseudomorfos de pirita parecem ter algo que se assemelha a sombras de pressão, que provavelmente são lâminas de maior concentração de óxidos de ferro, depositados inicialmente como pirita e reorientadas pela deformação, constituindo uma foliação. A rocha é composta por fengita (60 %) e clorita (10 %) muito alterada e óxidos de ferro (30 %), sendo

classificada como clorita-fengita filito com pseudomorfos de pirita. A alteração da matriz de granulação fina e a formação do óxido de ferro se devem ao intemperismo.

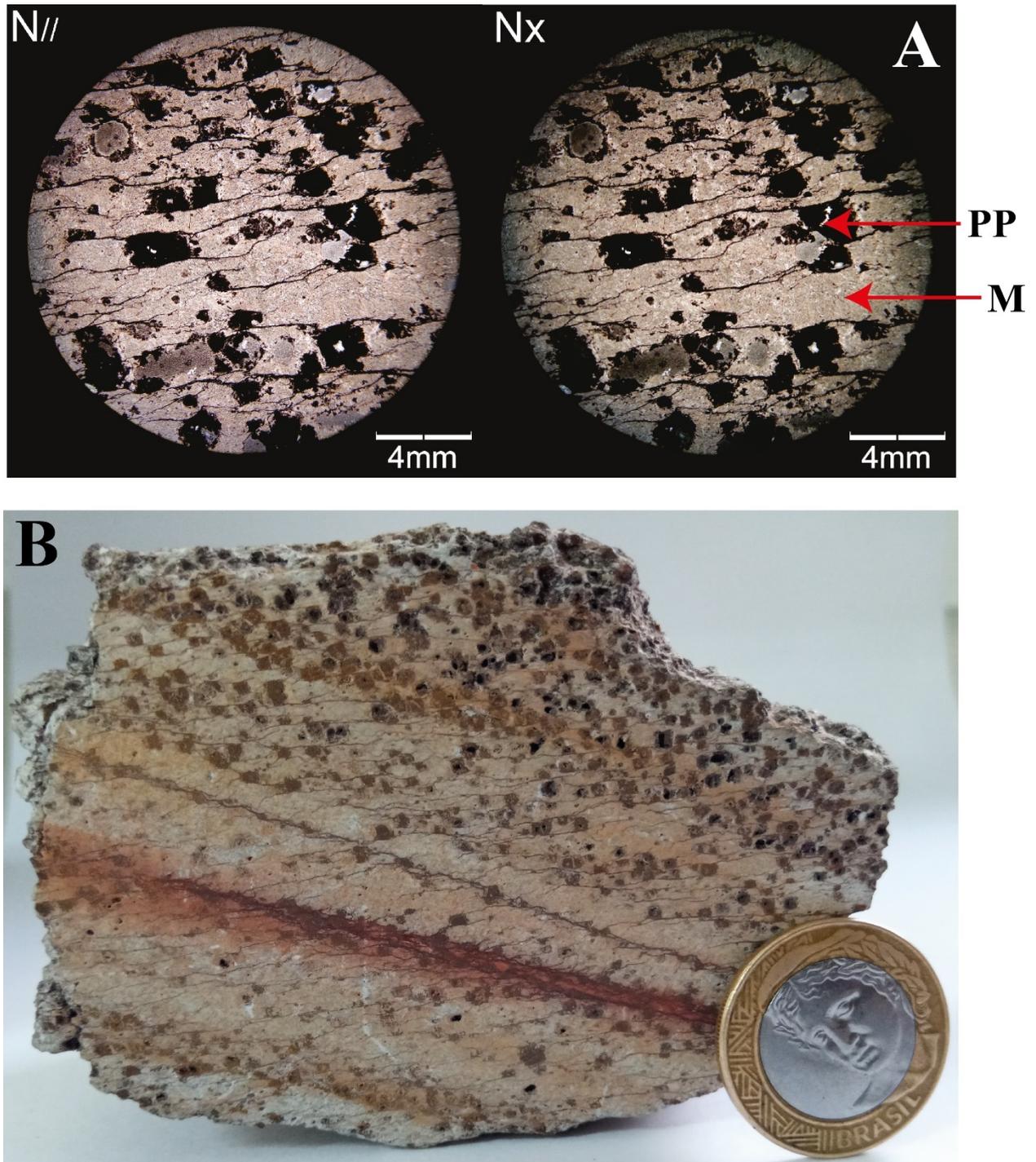


Figura 4.27: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-XIV-28, classificada como filito, mostrando os pseudomorfos de pirita, compostos por óxidos de ferro, e a matriz fina muito alterada. B) Amostra TF20-XIV-28.

4.3.3.2 Quartzitos

Os quartzitos são comumente observados em blocos rolados e como níveis ou lentes pouco espessas intercalados em afloramentos de filitos. Têm cores cinza e brancas quando não alterados e cores amareladas quando alterados. A granulação varia entre fina a grossa. A textura

sempre granoblástica poligonal. Essas rochas são constituídas essencialmente por quartzo, sendo que a mica branca fina ocorre marcando a foliação presente nestes quartzitos.

4.3.3.3 Mármore

Os mármore têm alta densidade de fraturamento e afloram como morros e paredões rodeados por blocos rolados (Fig. 4.28A). São cinza claros quando frescos e cinza escuro alterados, dolomíticos, maciços e de granulação fina e têm veios preenchidos por cimento silicoso (Fig. 4.28B).



Figura 4.28: **A)** Afloramento de mármore dolomítico em morrote no sopé de uma serra, rodeado por blocos rolados da mesma litofácies. **B)** Cavidade ou fenestra preenchida por quartzo, é possível observar o relevo contrastante entre o cimento e o carbonato. Ponto 67, Coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.145.108, E 291.091.

A lâmina TF20-X-117 tem granulação fina e textura granoblástica (Fig. 4.29). Composta quase que exclusivamente de dolomita e quartzo. Nela é possível observar várias porções brechadas. Dessa forma, tem-se apenas a recristalização metamórfica de componentes minerais primários, de um *mudstone*, dolomitizado durante a diagênese.

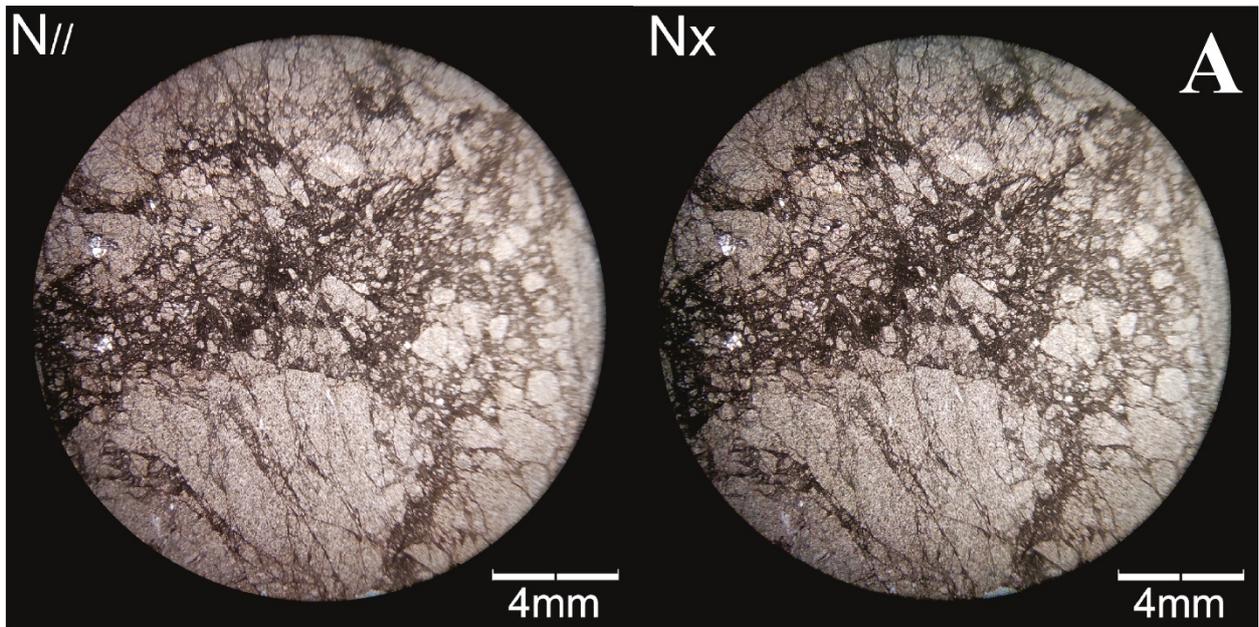


Figura 4.29: A) Fotomicrografias da lâmina TF20-X-117, classificada como mármore, composta essencialmente por carbonato e quartzo e amostra, mostrando uma porção brechada. B) Amostra TF20-X-117.

4.3.3.4 Discussão

Com base na paragênese encontrada nos filitos na área do projeto, o Grupo Canastra experimentou metamorfismo regional em fácies xisto-verde, alcançando a zona da clorita. Os quartzitos e mármore não oferecem paragênese metamórfica indicativa de fácies ou zona. Texturalmente, as rochas da unidade indicam metamorfismo baixo, com a formação de foliação penetrativa e recristalização mineral. Os mármore se encontram intensamente brechados, o que é interpretado como uma feição provocada por sua proximidade ao contato tectônico reverso com a Formação Córrego do Barreiro.

5 GEOLOGIA ESTRUTURAL

5.1 Introdução

O presente capítulo caracteriza a geologia estrutural do Projeto Unai e Subárea XI, com base na descrição e interpretação das estruturas geológicas e dados obtidos em campo. Como forma de ilustrar essa compartimentação estrutural, confeccionou-se estereogramas das principais estruturas associadas as litofácies da área.

Na área consideradou-se a atuação de apenas um evento progressivo associado ao Ciclo Brasileiro, onde este é relacionado a um estilo deformacional *thin-skinned*, sistema dúctil-rúptil que gerou estruturas de dobras e empurrões, tais como: **i)** o empurrão da Formação Quilombo sobre o Grupo Bambuí; **ii)** as falhas reversas que colocam o Grupo Canastra sobre o Grupo Paranoá e este sobre a Formação Quilombo; **iii)** a dobra anticlinal regional que colocou o Grupo Paranoá sobre a Formação Quilombo, entre as subáreas VII e IX; **iv)** *klippe* do Grupo Canastra sobre a Formação Quilombo, na subárea III (Fig. 5.1).

5.2 Arcabouço Estrutural

O arcabouço estrutural foi individualizado em estruturas dúcteis e rúpteis, levando em consideração o estilo das estruturas e o regime deformacional. Para tal caracterização são utilizados dados de atitudes de foliações, padrões e estilos de dobras, fraturas, lineações, além do comportamento reológico e da intensidade deformacional impressa nas rochas.

Dois planos de foliação são registrados. A foliação principal (Sp) é observada em todas as unidades mapeadas, caracterizada por clivagens ardosianas e disjuntivas em alto ângulo ou perpendiculares ao acamamento e paralelas as superfícies axiais das dobras.

A foliação paralela ao acamamento (Ss) é encontrada apenas em rochas do Grupo Canastra, caracterizada por uma clivagem filítica penetrativa com a orientação de mica branca fina e clorita. Ela está associada ao maior grau metamórfico da unidade.

Abaixo, Fig. 5.2, estão os estereogramas das medidas de todo o projeto, dos planos de S0, Sp e Ss (no caso da Formação Serra do Landim). Os estereogramas foram separados por unidade e mostram os polos e seus contornos.

Projeto Unai 2020 Mapa Geológico Integrado

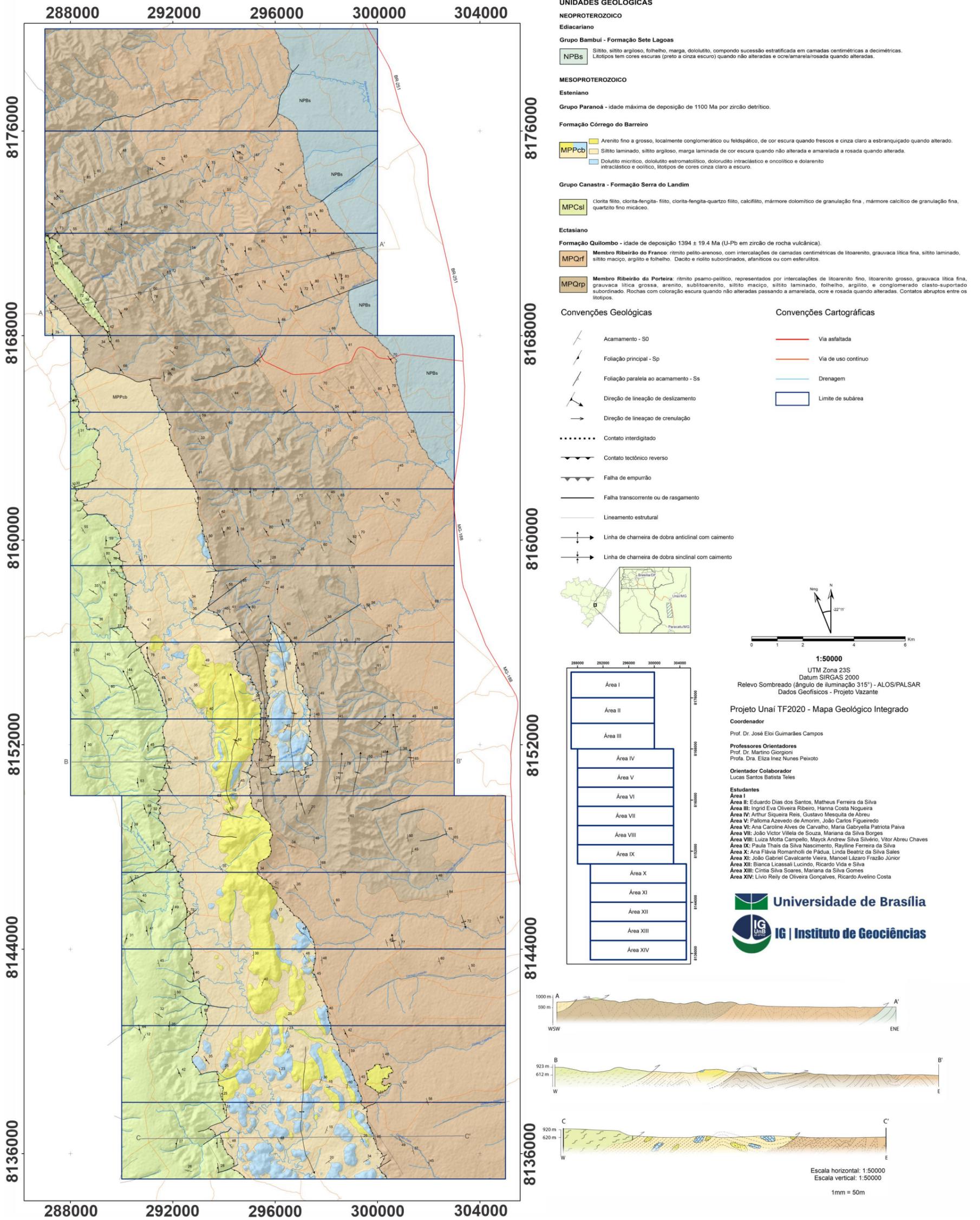
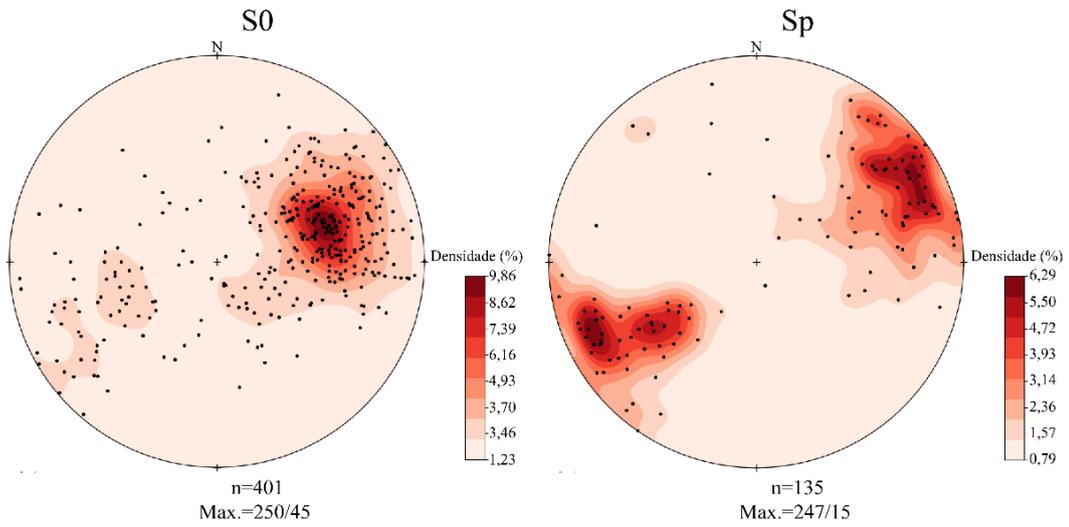
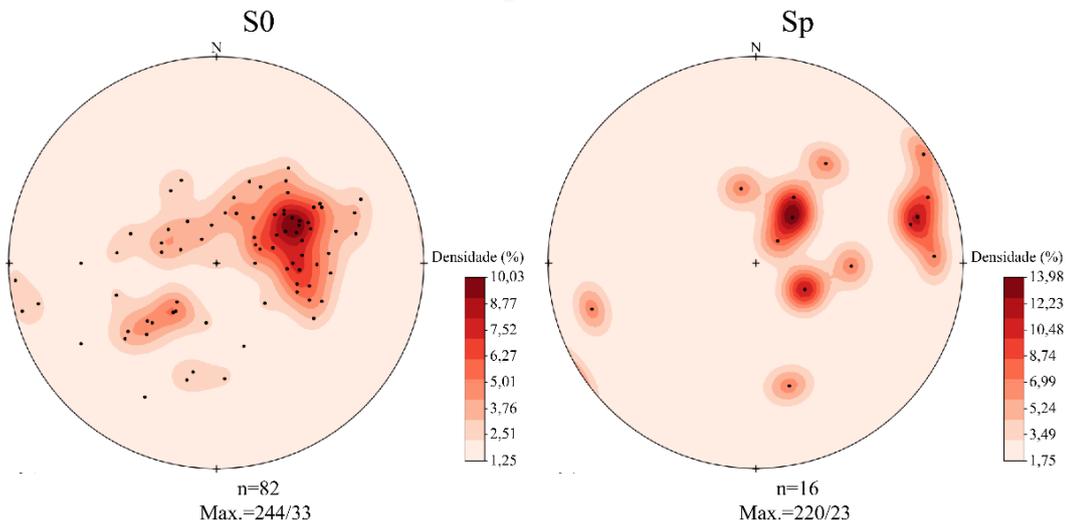


Figura 5.1: Mapa geológico do Projeto Unai.

Fm. Quilombo



Fm. Córrego do Barreiro



Fm. Serra do Landim

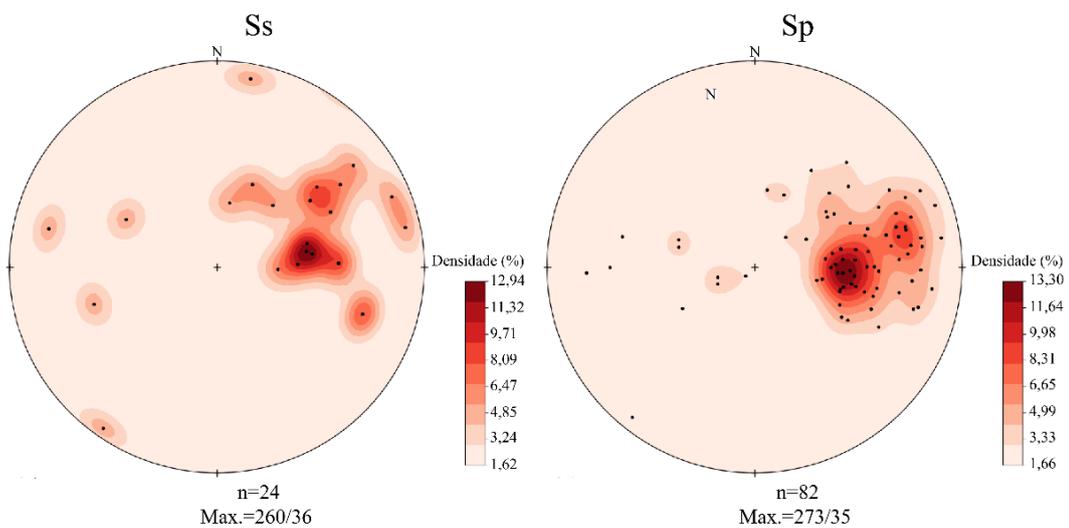


Figura 5.2: Estereogramas das medidas integradas de S0, Sp e Ss, das formações Quilombo, Córrego do Barreiro e Serra do Landim, respectivamente.

5.3 Estruturas de Caráter Dúctil

Na Subárea XI, foram observadas dobras em escala de afloramento por toda a área, com exceção da faixa centro-oeste, cartografada como Formação Córrego do Barreiro. Normalmente, os flancos maiores mergulham para oeste, portanto, as dobras vergem de modo geral para leste. As superfícies axiais das dobras têm as mesmas orientações que a S_p .

Em exposições da Formação Quilombo são comuns dobras assimétricas mais ou menos cilíndricas, em *chevron*, ou com charneiras arredondadas, de eixos horizontais ou suavemente inclinados para norte ou sul, com amplitudes aproximadas de 1 a 1,5 m em afloramentos (Fig. 5.3).



Figura 5.3: Afloramento em drenagem de ritmito psamítico, pertencente ao Membro Ribeirão da Porteira, Formação Quilombo. As dobras são assimétricas, cilíndricas, suavemente inclinadas para NE e vergem para E. A ilustração também mostra a relação entre o acamamento, S_0 , e a foliação principal, S_p , representada pela superfície axial das dobras, que mergulha em alto ângulo para oeste. Ponto 107, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.146.457, E 302.018.

Nos filitos do Grupo Canastra, ocorrem dobras normalmente assimétricas (Fig. 5.4), de eixos curvados e por vezes com flanco rompido (em escala mesoscópica e de afloramento), horizontais ou moderadamente inclinadas. Essas dobras têm maior abertura que as que ocorrem na Formação Quilombo. Devido à restrita preservação, não foi possível determinar a amplitude exata das dobras, mas as maiores exposições têm entre 1 e 1,5 metros.

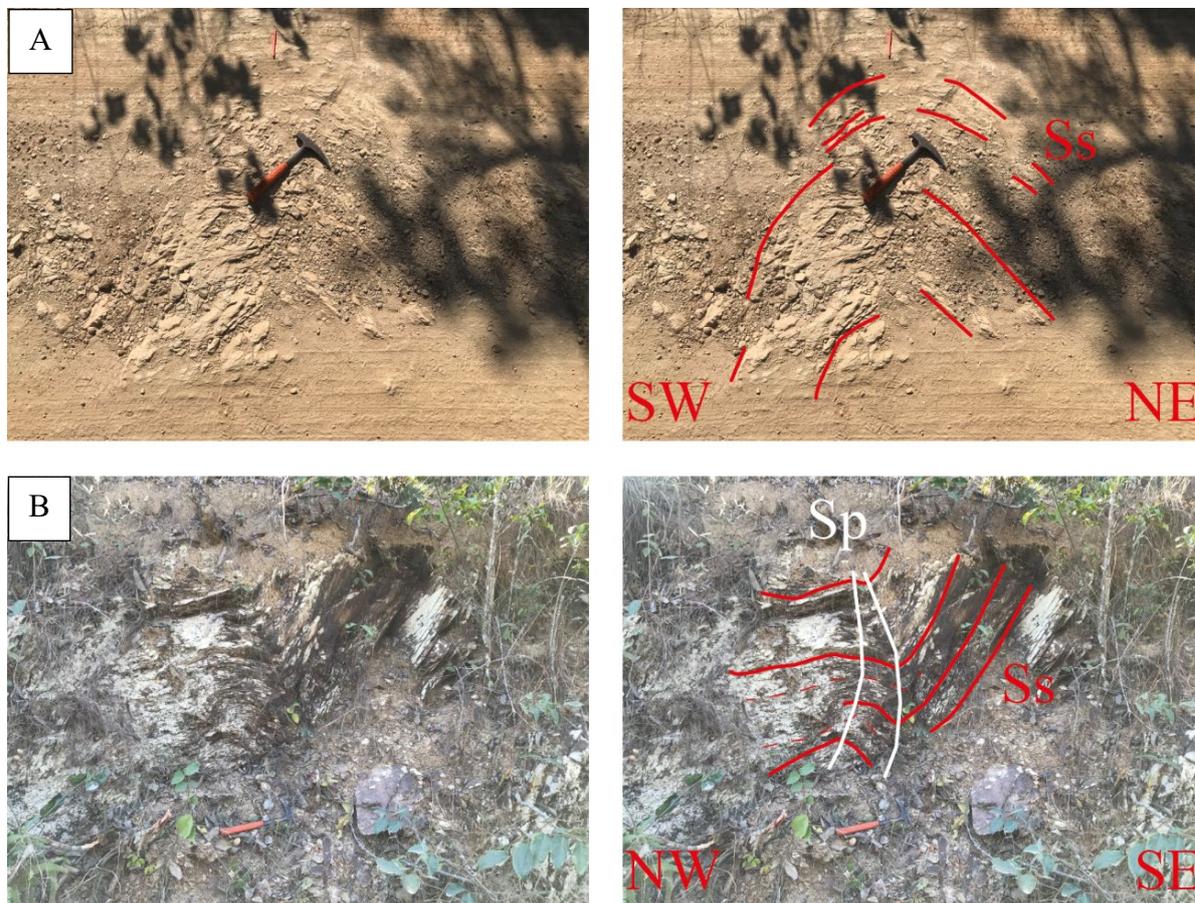


Figura 5.4: Dobras em afloramentos de filitos da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra. A) Afloramento em corte de estrada. Ponto 72, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.145.526, E 291.958. B) Afloramento em corte de estrada. Ponto 73, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.145.583, E 292.011.

Em todas as unidades aflorantes, são descritas foliações que mantêm alto ângulo com relação ao acamamento (Fig. 5.5). Essas são denominadas de foliação principal - Sp. A foliação é disjuntiva, classificadas como clivagens ardósianas ou clivagens espaçadas (quando desenvolvidas em rochas de menor plasticidade). A formação e desenvolvimento desta foliação são dependentes do comportamento reológico das rochas de cada unidade. A atitude média de Sp na Subárea XI foi de 230/66 (direção do mergulho/mergulho).

No item sobre as estruturas de caráter dúctil a clivagem de fratura ou espaçada será detalhada, uma vez que este plano é considerado como a expressão de Sp em litofácies de maior competência.

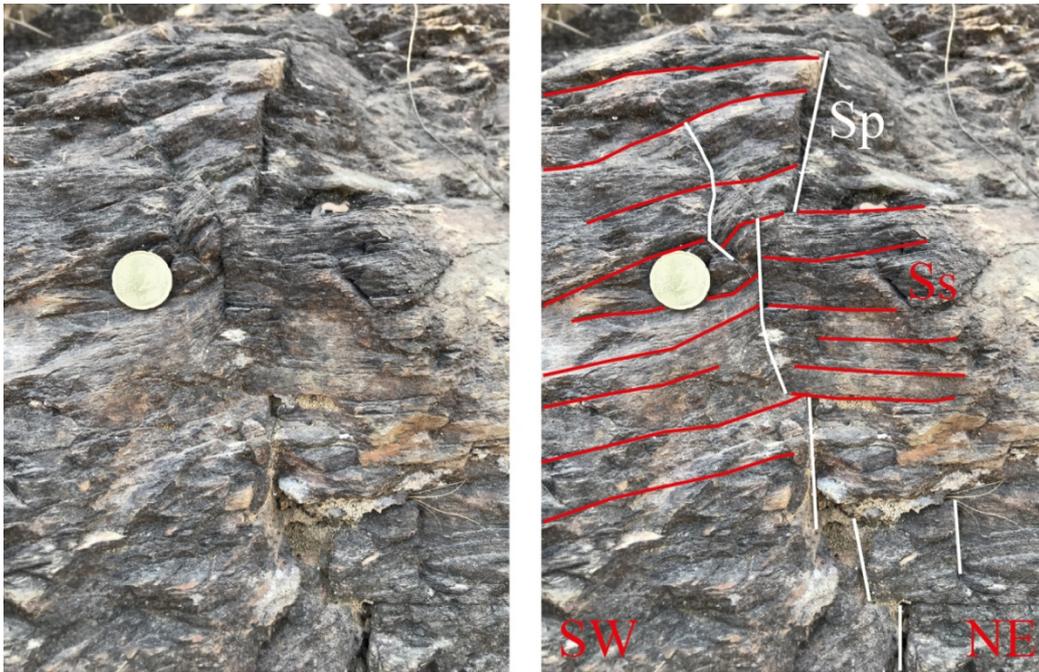


Figura 5.5: Afloramento em corte de estrada de filito quartzoso da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra. A figura evidencia a relação de corte em alto ângulo entre Sp e Ss. O maior conteúdo de quartzo do filito torna a expressão de Sp bem espaçada. Na parte superior da figura podemos ver uma pequena dobra suave rompida por Sp. Ponto 72, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.145.526, E 291.958.

Exclusivamente em rochas do Grupo Canastra são identificados planos de foliação penetrativa, de natureza filítica, paralelo a subparalelo ao acamamento sedimentar, que são denominadas Ss.

Os planos de foliação paralelos ao acamamento no Grupo Canastra distinguem esta unidade das formações Córrego do Barreiro e Quilombo. Essa foliação é uma clivagem filítica, caracterizada pela orientação preferencial de microcristais de mica branca e clorita. A atitude dos planos da Ss, na subárea, tem em média 256/40, mas há uma grande variação do mergulho, entre 17 e 57 graus. Acredita-se que essa amplitude ocorra por causa do dobramento sistemático da sucessão metapelítica.

Essa estrutura foi interpretada como associada a duas origens não mutuamente exclusivas: i) ser formada por recristalização e orientação de filossilicatos durante o soterramento da pilha sedimentar; ou ii) ser associada à orientação de filossilicatos durante o transporte tectônico responsável pela colocação tectônica da Formação Serra do Landim em porção crustal mais rasa, em contato com sedimentos do Grupo Paranoá.

As lineações de intersecção entre Sp, S0 e de deslizamento são comumente observadas. Enquanto a foliação e lineação de crenulação são raras, encontradas em apenas dois afloramentos, de acordo com os dados integrados do projeto.

5.4 Estruturas de Caráter Rúptil

As estruturas rúpteis são representadas principalmente por fraturas e clivagens espaçadas. Têm-se duas principais direções de fraturas, que são N e NW (Fig. 5.6). As clivagens espaçadas foram consideradas como a expressão da foliação principal (Sp) nas litofácies de maior competência das formações Quilombo e Córrego do Barreiro. Essas litofácies de maior competência são representadas por litoarenitos, arenitos grossos a conglomeráticos e dolomitos.

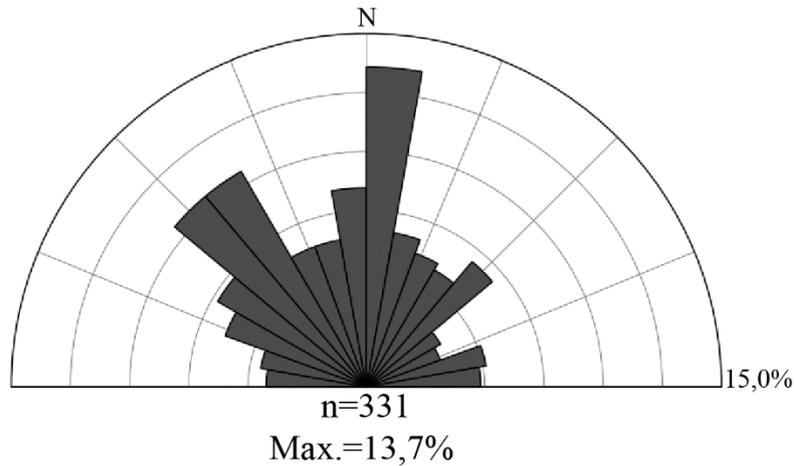


Figura 5.6: Roseta das medidas dos planos de fratura de todo o projeto.

Na Formação Quilombo, as famílias de fraturas são comumente vistas em afloramentos de corte de estrada e em drenagens, e ocorrem preenchidas (Fig. 5.7) ou não por cimento silicoso ou por óxidos. As clivagens espaçadas, Sp, são comuns nas camadas de arenitos (Fig. 5.8).



Figura 5.7: Afloramento em drenagem de ritmito pelítico, pertencente ao Membro Ribeirão do Franco. A figura mostra a relação entre uma camada de grauvaca e suas fraturas preenchidas por cimento silicoso. Ponto 157, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.145.783, E 298.298. Medidas referente a cada fratura: **1)** 126/45, **2)** 030/35, **3)** 076/34 e **4)** 008/71.

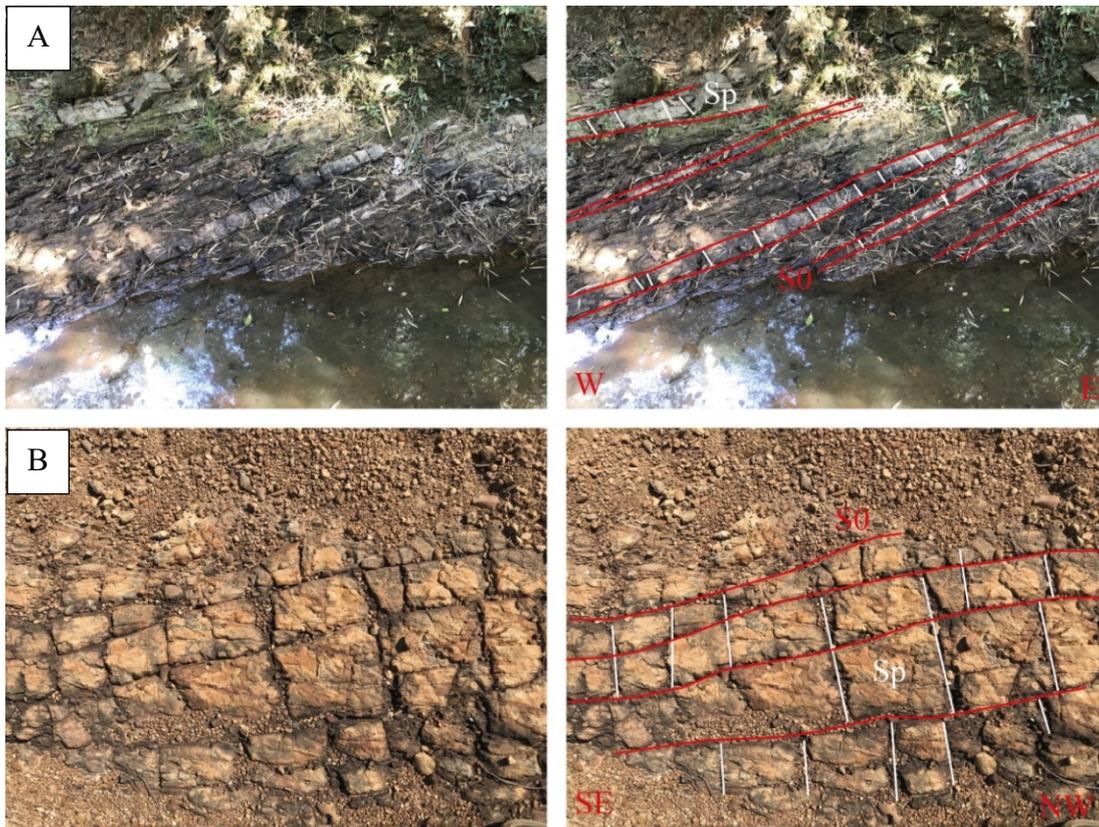


Figura 5.8: Ilustração da relação entre o acamamento e as clivagens espaçadas (Sp), desenvolvidas em arenitos da Formação Quilombo A) Afloramento em drenagem de ritmitos psamítico, pertencente ao Membro Ribeirão da Porteira. Ponto 106, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.146.611, E 302.018. B) Afloramento na base de estrada de camada métrica de arenito, pertencente ao Membro Ribeirão do Franco. Ponto 95, Coordenada UTM: Zona 23 S, N 8.144.017, E 300.540.

Na Formação do Córrego do Barreiro, as fraturas são observadas nas raras exposições *in situ* de rochas carbonáticas. As fraturas apresentam abertura milimétrica a centimétrica (esse intervalo de abertura pode ter contribuição da dissolução) e duas direções preferenciais: 255 e 145, ambas com ângulo de mergulho variando entre 50 e 70 graus. Como demonstrado na Fig. 5.9, as fraturas são perpendiculares ou fazem alto ângulo com S₀, caracterizando a clivagem espaçada, Sp.



Figura 5.9: Afloramento em morrote de dolomito com abundantes extraclastos de quartzo. A relação entre o alto ângulo entre S₀ e Sp é ilustrada à direita. Ponto 50, Coordenadas UTM: 23 S, N 8.144.561, E 296.900.

A grande abundância de blocos rolados e ausência de afloramentos dos arenitos talvez possa ter influência da expressão das estruturas rúpteis nessas litofácies. Uma hipótese é a de que os pacotes psamíticos não acomodaram a deformação e fraturaram-se intensamente.

Na Formação Serra do Landim, as fraturas ocorrem normalmente em duas direções preferenciais, com espaçamento de 16 cm, para F1 e 18 cm, para F2 (Fig. 5.10).

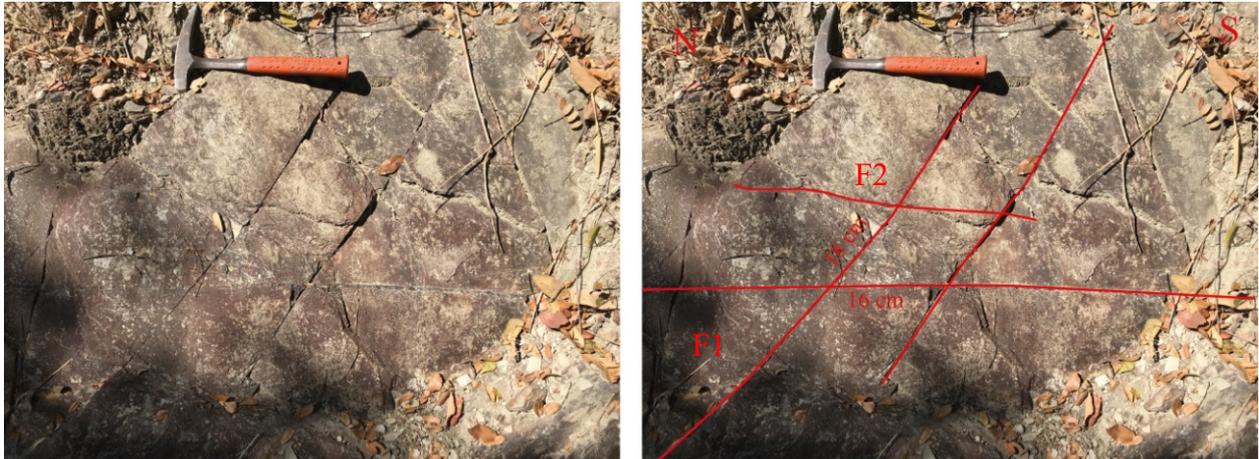


Figura 5.10: Afloramento em drenagem de fengita clorita filito, com duas direções de fraturas com abertura milimétrica. Ponto 71, Coordenadas UTM: 23 S, N 8.145.530, E 291.875.

Slickenside e *slickenlines* são feições muito comuns em rochas da Formação Quilombo por toda área do projeto (Fig. 5.11). Elas estão ligadas aos encurtamentos internos da unidade, que ocorreram com os desacoplamentos. Essas estruturas mostram cinemáticas reversas com topo para leste de modo geral.

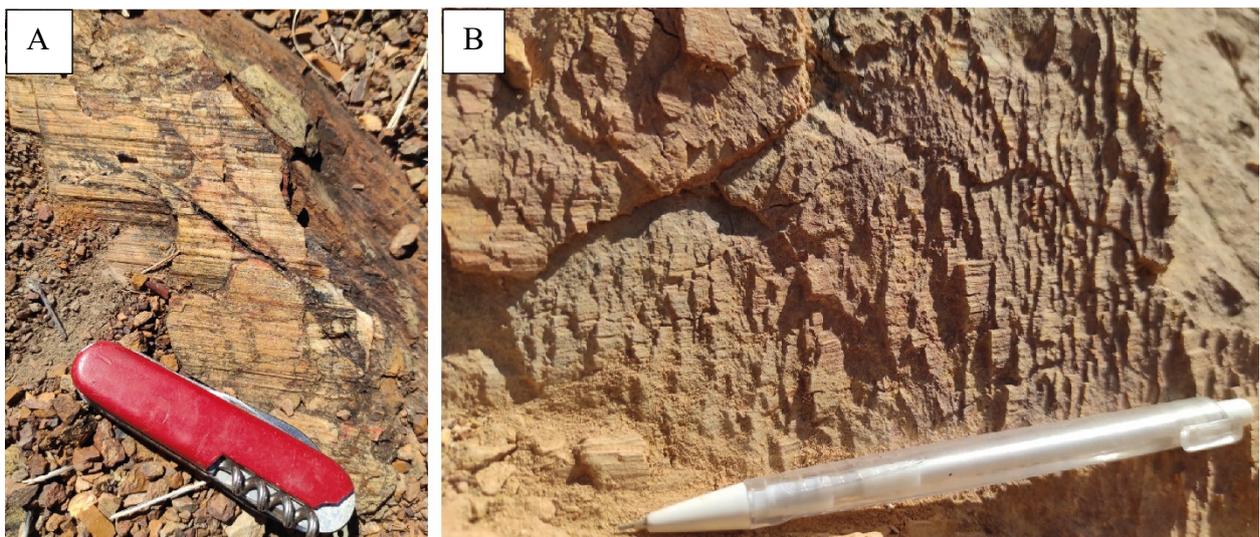


Figura 5.11: A) *Slickenside* e *slickenlines* (ranhuras) em arenito. B) *Slickensteps*. Subárea IX, Ponto 72, Coordenadas UTM: 23 S, N 8.150.576, E 298.292.

5.5 Discussão

A área do projeto teria um único domínio estrutural, devido a ocorrência de estruturas relacionadas ao mesmo evento em todas as unidades cartografadas. As estruturas observadas incluem dobras assimétricas, falhas reversas e de empurrão vergentes parte para leste, foliação paralela ao acamamento (Ss), clivagens ardosianas e espaçadas em alto ângulo com o acamamento (Sp). Com base no arcabouço estrutural, o domínio seria caracterizado por deformação em nível crustal raso, estilo *thin-skinned*. Regionalmente, pode-se considerar a evolução de duas fases deformacionais: Dp-1 e Dp (Uhlein *et al.*, 2012, e referências nele contidas).

A fase Dp-1 seria responsável pela formação da foliação Ss, paralela ao acamamento S0, e o metamorfismo em fácies xisto-verde, zona da clorita, apenas expressos no Grupo Canastra. Essa fase teria ocorrido durante o início do encurtamento crustal, transportando a *nappe* do Grupo Canastra por uma grande distância. O grupo provavelmente esteve em um nível crustal relativamente mais profundo que o Grupo Paranoá e a Formação Quilombo, apesar de ser cronocorrelato ao Grupo Paranoá e mais jovem com relação à Formação Quilombo.

A *klippe* do Grupo Canastra na Subárea III estaria associada a falha reversa ou de empurrão, que o colocou sobre o Grupo Paranoá e Formação Quilombo. O terreno se desenvolveu com a erosão da parte que se conectaria a *nappe* do Grupo Canastra a oeste, expondo a Formação Quilombo.

A foliação Sp, as dobras assimétricas e falhas reversas seriam estruturas resultantes do encurtamento durante a fase Dp, que daria continuidade ao encurtamento iniciado em Dp-1. A vergência para leste das dobras assimétricas e das falhas indicam transporte para a direção do Cráton São Francisco. A fato da foliação Sp caracterizar-se por clivagens disjuntivas, com orientações similares às superfícies axiais das dobras, sugere desenvolvimento tectônico inicial em um nível crustal raso. Esse arcabouço estrutural pode ter ligação a proximidade com o Domínio Cratônico, em que a deformação apresenta restrito confinamento crustal e o metamorfismo é tipicamente incipiente. Localmente, devido a progressão da deformação durante a fase Dp, ocorreria a formação da foliação de crenulação, vista em afloramentos de filitos do Grupo Canastra.

Durante a fase Dp ocorreria a sobreposição da lasca ou *nappe* do Grupo Canastra sobre a Formação Córrego do Barreiro, que por sua vez seria colocada sobre a Formação Quilombo, empurrada sobre o Grupo Bambuí. Os contatos tectônicos reversos entre as unidades possivelmente surgiram com o descolamento basal. As bases das unidades foram aproveitadas como zonas de fraqueza para os cavalgamentos. Portanto, a dobra anticlinal regional, que envolve as formações Quilombo e Córrego do Barreiro, seria de propagação de falha. Ela se

desenvolveu provavelmente com o transporte sobre a rampa do cavalgamento entre as unidades.

As dobras em *chevron*, em caixa e *kink bands* são estruturas de baixa temperatura ou grau metamórfico, que se desenvolvem comumente em antepaís. Elas têm fortes anisotropias mecânicas representadas pela laminação ou pela alternância de camadas competentes e incompetentes, sendo este o caso na Formação Quilombo. Essas estruturas se formam quando o encurtamento é paralelo ao acamamento.

As dobras em caixa e *kinks* não são registradas na área do projeto, apesar de ocorrerem em seções da BR-251 a NW de Unai (Moura, 2018). As dobras mais comuns na área seriam aquelas classificadas como semi-*chevron*. Talvez o fato se dê pelo efeito de uma maior contribuição de descolamento do que o falhamento durante o encurtamento. Os *chevrons* comumente se desenvolvem quando há descolamento, enquanto as dobras em caixa e *kink bands* estão mais relacionadas a propagação de falhas e a proximidade com rampas frontais.

6 ZONEAMENTO HIDROGEOLÓGICO

6.1 Introdução

A cartografia hidrogeológica é entendida como a reprodução gráfica, em escala definida, que visa sintetizar informações sobre condições climatológicas, hidrogeológicas, geológicas entre outros fatores, com o objetivo de caracterizar o arcabouço hidrogeológico local ou regional de determinada localidade. Essa compilação de informações fornece uma série de dados que auxiliam na gestão e planejamento do uso dos recursos hídricos, tópico este relevante para a área de estudo, pois há intensa atividade agropastoril na região.

Neste capítulo será apresentado o zoneamento hidrogeológico realizado na área do Projeto Unaí (651 km²), as divisões das unidades hidrogeológicas dos domínios freático ou intergranular, fraturado e fissuro-cárstico, os usos potenciais dos recursos hídricos e a relação entre a hidrologia superficial e os aquíferos, baseados na geologia (tipos petrográficos), dados estruturais (comportamento reológico das rochas), vazão, regularização e perenidade dos cursos d'água superficiais, pedologia, dentre outras informações.

A área do projeto está localizada em uma região que apresenta precipitação pluvial média anual de 1.400 mm, e temperatura média anual de 24°C, com médias máximas e mínimas de 31 e 18°C, respectivamente (INMET, 2021). Segundo dados meteorológicos retirados da estação de superfície convencional número 83428, de Unaí-MG, para o período de (2011 a 2021), fornecidos pelo INMET, a evapotranspiração de referência média da região é de 3,74 mm.d⁻¹; o período chuvoso inicia-se em novembro e se estende até março; as deficiências hídricas anuais acumuladas são de 383,6 mm, distribuídas entre abril e outubro; e o excedente hídrico de 338,5 mm entre novembro e março (Fig. 6.1).

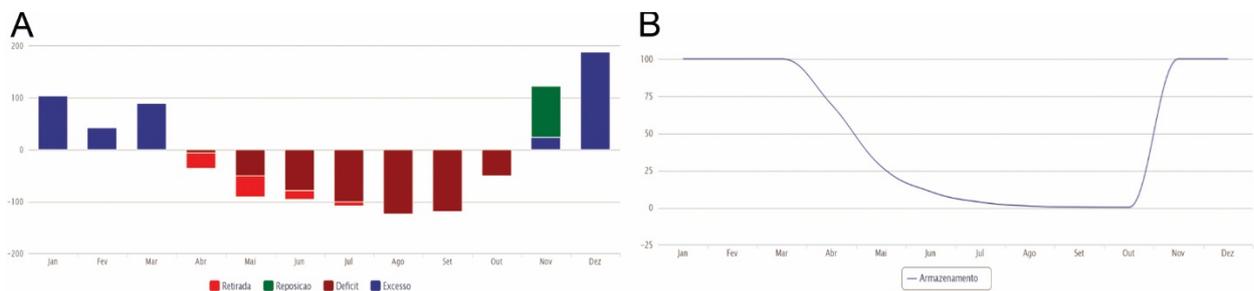


Figura 6.1: A) Gráfico de balanço hídrico climatológico – exibe a relação mês (eixo X) e o volume de água em mm (eixo Y) retirado, repostado, em deficit e em excesso. B) Gráfico de armazenamento de água no solo com normal realizado a partir da capacidade de água disponível (CAD - solo argiloso) igual a 100 entre 2019 e 2021. Fonte: INMET, 2021.

Os principais cursos d'água presentes na região de estudo são os ribeirões da Aldeia e do Franco, córregos do Capão e do Amaro, alimentados principalmente por solos espessos como: latossolos, argissolos e nitossolos, e pelos córregos Água Fria, Bandeira e Ribanceira, associados

a solos pouco espessos, como cambissolos, neossolos litólicos e plintossolos. Durante a etapa de campo foi notado que as drenagens perenes, as quais alimentam esses cursos d'água, se encontravam secas, coincidindo com o período de déficit hídrico da região.

Com base na reclassificação do mapa de solos e do mapa geológico propôs-se o zoneamento hidrogeológico (Fig. 6.2). Os dados utilizados para o zoneamento são apenas de natureza qualitativa, não sendo inclusos dados quantitativos de hidráulica de poços. Portanto, apenas demonstra-se o potencial hidrogeológico da região com base em feições intrínsecas das rochas e solos que as recobrem.

6.2 Unidades hidroestratigráficas

A caracterização das unidades hidroestratigráficas apresentadas no mapa de zoneamento hidrogeológico é baseada na classificação dos sistemas aquíferos. A partir deste reagrupamento foram estimados os parâmetros hidráulicos e dimensionais. No mapa de zoneamento hidrogeológico (Fig. 6.2), são individualizadas cinco unidades hidroestratigráficas, separadas em Três domínios, que incluem: Domínio Freático ou Intergranular; Domínio Fraturado Profundo; e Domínio Fissuro-Cárstico. As unidades do Domínio Freático estão representadas por hachuras e as demais unidades por cores.

6.2.1 Domínio Freático ou Intergranular

O Domínio Freático ou Intergranular é composto por dois sistemas, FI1 e FI2. O Sistema FI1 compreende os aquíferos contidos em solos espessos, que na região são classificados como Latossolos e Argissolos/Nitossolos (solos podzolizados). Espera-se elevada condutividade hidráulica, da ordem de 10^{-6} m/s, e uma alta transmissividade, da ordem de 10^{-5} m²/s.

De forma complementar, o Sistema FI2 engloba os aquíferos relacionados a solos pouco espessos, classificados como Cambissolos, Neossolos litólicos e Plintossolos. Este sistema apresenta condutividade hidráulica variável, da ordem de 10^{-7} a 10^{-8} m/s, e comumente não mostram zona saturada.

6.2.2 Domínio Fraturado

O Domínio Fraturado é dividido nos sistemas FP1 (composto por rochas com comportamento mais rúptil quando submetidas à tensão) e FP2 (que inclui rochas de caráter mais dúctil). O Sistema FP1 abrange aquíferos homogêneos e anisotrópicos, com valores de condutividade e transmissividade moderados, da ordem de 10^{-7} m/s e 10^{-5} m²/s, respectivamente. O fluxo é laminar. As principais rochas reservatório são ritmitos psamo-pelíticos do Membro Ribeirão da Porteira, da Formação Quilombo.

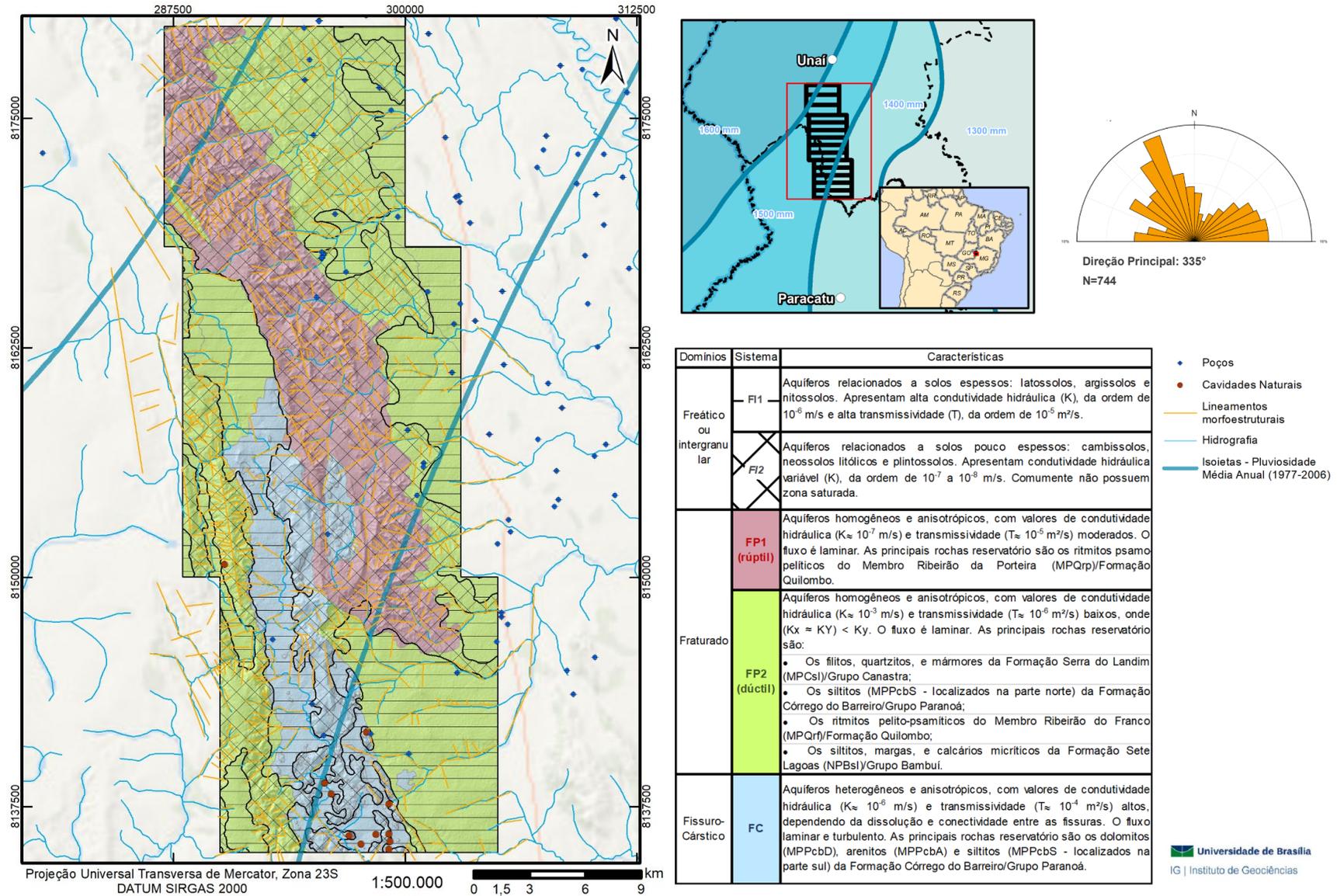


Figura 6.2: Mapa de Zoneamento Hidrogeológico do Projeto Unai.

O Sistema FP2 também abarca aquíferos homogêneos e anisotrópicos, mas com valores de condutividade hidráulica da ordem de 10^{-8} m/s e transmissividades baixas na faixa de 10^{-6} m²/s, considerando a presença de fraturas abertas até no mínimo a 100 metros. O fluxo também é do tipo laminar em função da abertura restrita das fraturas. As principais rochas reservatório são: os metassedimentos, em maior volume os filitos, da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra; siltitos da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá; ritmitos pelito-psamíticos do Membro Ribeirão do Franco, Formação Quilombo; e os siltitos, margas e calcários micríticos da Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí.

6.2.3 Domínio Físsuro-Cárstico

O Domínio Físsuro-Cárstico tem apenas o Sistema FC, que compreende aquíferos heterogêneos e fortemente anisotrópicos, com valores de condutividade e transmissividade altos (10^{-6} m/s e 10^{-4} m²/s, respectivamente). Os parâmetros hidrodinâmicos dependem da densidade, abertura e conectividade das fraturas e do grau de carstificação. O fluxo é simultaneamente, laminar e turbulento, sendo preferencialmente laminar nos meios fissurados e turbulento nos condutos cársticos. As rochas reservatório são os dolomitos, arenitos e siltitos da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá.

6.3 Poços Tubulares

Na plataforma do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS (Serviço Geológico do Brasil - CPRM) estão cadastrados 38 poços tubulares na área do Projeto ou em suas vizinhanças. Desses, a maior parte se refere a poços tubulares para abastecimento doméstico/animal, abastecimento múltiplo, abastecimento doméstico, pecuária e irrigação. De forma geral, o cadastro de todos os poços está incompleto, sem todos os dados gerais, construtivos, geológicos, de testes de bombeamento e de análises químicas completas. Os poços foram construídos entre o ano de 1977 e 2001. Apenas um dos poços cadastrados (UNA-262) tem todas as informações necessárias para a visualização do perfil construtivo (Fig. 6.3).

A partir dos dados de nível dinâmico, nível estático e vazão específica foi possível calcular a vazão de alguns dos poços da região. Foram estimadas as vazões de oito poços, em que três estão inseridos na Formação Sete Lagoas e cinco no Membro Ribeirão do Franco, de acordo com o mapa geológico do projeto. Os demais poços não tinham um ou mais dados necessários para o cálculo. O Quadro 6.1 traz a síntese das informações de vazões dos sete poços com dados disponíveis.

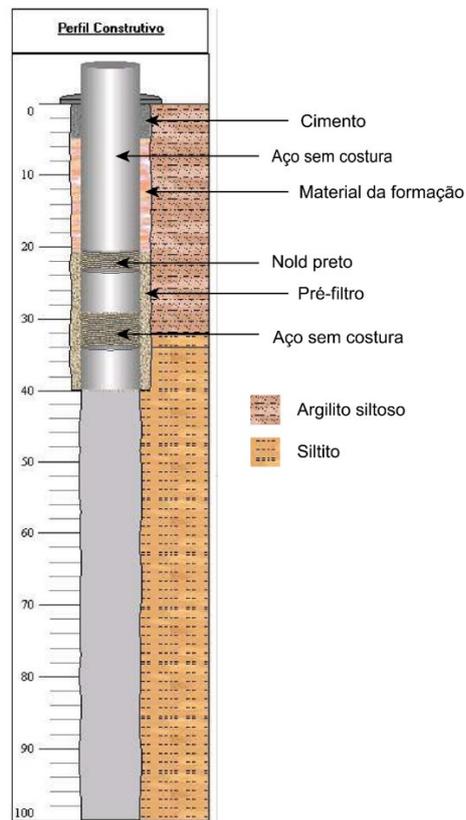


Figura 6.3: Perfil construtivo do poço tubular UNA-262 (SIAGAS – CPRM).

Quadro 6.1: Dados de vazões e hidráulicos de poços tubulares na área do projeto.

Poço	Unidade	Domínio Freático ou Intergranular	Domínio Fraturado ou Fissuro-Cárstico	Nível estático (m)	Nível dinâmico (m)	Vazão específica (m ³ /h/m)	Vazão (m ³ /h)
UNA-77	F. Sete Lagoas	FI1	FP2	11	64	0,377	19,98
UNA-78		FI1	FP2	15	48	0,455	15,02
UNA-263				13	57	0,048	2,11
UNA-79	Membro Ribeirão do Franco	FI2	FP2	21	72	0,202	10,3
UNA-80		FI2	FP2	14	48	0,706	24
UNA-262		FI1	FP2	27	50	0,217	4,99
UNAI-08		FI2	FP2	11,54	28,14	1,033	17,15
UNAI-09		FI2	FP2	12,1	24,95	1,696	21,82

6.4 Considerações Finais

Os dados cadastrais dos poços são de forma sistemática incompletos na área do projeto, e seriam necessários para a melhor caracterização hidrogeológica da região, considerando que o conhecimento dos sistemas aquíferos é a primeira etapa para uma boa gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

O Domínio Freático que é explorado pela população rural, não tem um registro adequado de informações, visto que apenas dois poços escavados estão registrados. Já os poços tubulares são muito utilizados para abastecimento animal, pois a região tem extensas áreas destinadas a criação bovina. A irrigação é a atividade que demanda o maior volume dos recursos hídricos, porém, há apenas um poço cadastrado para esse uso na área. A ausência de poços destinados a

irrigação se deve à concentração das monoculturas à oeste da área, nas porções de relevo tabular, ou a subutilização dos recursos hídricos subterrâneos na região para esse fim.

As feições estruturais das litofácies devem ser as responsáveis pela variação de vazão entre os poços, de 2,11 a 24,00 m³/h (Quadro 6.1). O comportamento reológico das rochas foi um dos principais fatores na avaliação do potencial hídrico subterrâneo. Dessa forma, inferiram-se maiores potenciais hídricos para as litofácies psamíticas e carbonáticas e um menor potencial para as rochas pelíticas. Em suma, a locação dos poços tubulares na região deve levar em conta principalmente a densidade, abertura e conectividade entre as fraturas (Fig. 6.4) e o grau de carstificação, considerando que os sistemas aquíferos explorados são aqueles dos domínios Fraturado e Fissuro-Cárstico.



Figura 6.4: Afloramento em drenagem de ritmito psamo-pelítico. Na foto tem-se uma camada psamítica, classificada como grauavaca, bem alterada, que mostra um sistema de fraturas. Ponto 114, coordenadas UTM: Zona 23 S, N 8.146.907, E 298.543.

Tendo em vista as datas de perfuração dos poços na região, entre 1977 e 2001, deve-se verificar se os poços precisariam de alguma forma de manutenção, principalmente relacionada a limpeza das bombas. Caso observada a diminuição de vazão do poço com o tempo, sugere-se a realização do desenvolvimento do poço.

Durante a etapa de realização dos trabalhos de campo do projeto foram vistos poços sem perímetros ou zonas de proteção, em meio a pastos e próximos a estradas (Fig. 6.5). A falta de estruturas que garantam a segurança e proteção dos poços pode causar a contaminação dos sistemas aquíferos. Assim, se faz necessária a construção de estruturas de proteção nas adjacências dos poços existentes e a locação de novos poços deverá ser feita seguindo as regras técnicas mínimas que garantam a proteção dos aquíferos.



Figura 6.5: Poço tubular sem proteção sanitária adequada, não cadastrado no SIAGAS. Ponto 123, coordenadas UTM: Zona 23S, N 8.144.323, E 297.549.

Promover ações sociais, visando conscientizar a população local sobre práticas de manutenção dos cursos d'água e da implantação de um sistema mais robusto de fossas sépticas para mitigar possíveis problemas causados aos aquíferos da região por efluentes gerados pelo homem e pela atividade de pecuária bovina.

Dado o extenso uso da área para a pecuária bovina, a recarga na região deve ser afetada de alguma forma pelo pisoteio do gado. O pisoteio animal causa a compactação superficial do solo, prejudicando a infiltração da água com a diminuição da porosidade. Esse problema está muito ligado ao sistema de integração lavoura-plantio (IPL), que utiliza os resíduos da lavoura no período de entressafra para a engorda de animais. A compactação do solo também pode aumentar a erosão e reduzir o crescimento das plantas, o que diminui a produtividade do solo (Embrapa, 2009). Tendo em vista esse problema, a seguir estão possíveis medidas para reduzir o efeito da compactação do solo:

- Fertilização das pastagens para aumentar o crescimento de raízes e dissipar a energia do pisoteio;
- Melhor manejo das pastagens perenes em lavouras IPL, assim, diminuindo um pouco a intensidade do uso do solo;
- Reduzir a taxa de lotação do gado;
- Utilização de semeadora para romper a camada superficial compactada do solo;
- Realizar a prática de reformação de pastos.

7 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

7.1 Introdução

A evolução da Faixa Brasília é resultante da Orogênese Brasileira, com a amalgamação do Gondwana Oeste, durante o Neoproterozoico. Este compartimento geotectônico formou-se da acreção do Cráton Amazônico, Cráton São Francisco-Congo, Cráton Paranapanema, Maciço de Goiás e Arco Magmático de Goiás. As sequências meso-neoproterozoicas que se desenvolveram a oeste do Cráton São Francisco foram deformadas e metamorfizadas durante a orogênese (Dardenne, 2000; Pimentel, 2016).

Considerando o arcabouço litológico e estrutural regional, a área do Projeto Unaí insere-se na Zona Externa da Faixa Brasília centro-meridional. Apenas uma pequena porção a nordeste estaria contida no Domínio Cratônico, onde o Grupo Bambuí aflora. Para a discussão da evolução geológica local, e sua provável inserção no contexto geológico de maior escala, serão considerados os dados obtidos e integrados do projeto, a seção sísmica “Cristalina - Unaí” e dados disponíveis na literatura (principalmente relativos à geocronologia das diferentes unidades).

7.2 Geologia Não Aflorante

Com base na interpretação da seção sísmica (Fig. 3.16) e nos furos de sondagem usados para a sua amarração, tem-se três unidades não aflorantes na região e facilmente reconhecíveis em subsuperfície. Da base para o topo, estas unidades incluem: **i)** o embasamento cristalino estabilizado no Riáciano, composto por tonalitos, granodioritos e granitos, correlacionado a Suíte Aurumina (Moura, 2018); **ii)** Grupo Araí (Estateriano), formado a partir da evolução de rifteamento crustal, a cerca de 1.77 Ga; e **iii)** Grupo Traíras (Calaminiano), representante da fase *SAG* (bacia intracratônica) da evolução posterior ao rifteamento. As unidades não aflorantes têm espessuras aproximadamente contínuas e apresentam falhas normais e reversas em alto ângulo, que mostram evolução complexa no tempo geológico onde falhas de gravidade podem ser reativadas por movimento reverso durante a tectônica Brasileira. Essas estruturas afetaram todas as unidades paleo-mesoproterozoicas e são reconhecidas no embasamento cristalino.

7.3 Geologia Aflorante

Na área do projeto foram mapeadas unidades meso-neoproterozoicas, compreendendo a Formação Quilombo (Ectasiano), formações Córrego do Barreiro e Serra do Landim (Esteniano), e pequena área ocupada pela Formação Sete Lagoasm, do Grupo Bambuí (Ediacariano). A Formação Serra do Landim é a única que exhibe rochas metamorfizadas em fácies xisto-verde baixo, as demais unidades se encontram em condições anquimetamórficas.

Essas unidades estão imbricadas tectonicamente, indicando vergência para leste, em direção ao Cráton São Francisco, compondo um leque imbricado com a seguinte sequência de contatos tectônicos reversos de baixo ângulo, de oeste para leste:

- Grupo Canastra sobre o Grupo Paranoá, indicando uma inversão metamórfica em que uma sucessão em fácies xisto verde, zona da clorita, está sobreposta a um conjunto de rochas sedimentares;
- Grupo Paranoá sobre a Formação Quilombo, em que não há inversão cronoestratigráfica, assim, há truncamento tectônico uma vez que a unidade que está em contato com a sequência turbidítica é representada pela Formação Córrego do Barreiro, topo do Grupo Paranoá;
- Formação Quilombo (Ectasiano) sobre a base do Grupo Bambuí (Ediacariano), compondo um empurrão clássico, por ser responsável pela inversão cronoestratigráfica.

O estilo tectônico regional ainda está impresso fora da área do projeto, para leste, há cunhas tectônicas do Grupo Paranoá sobre o Grupo Bambuí (que podem ser observadas na interpretação sísmica e nas exposições regionais na região de Unai).

7.4 Discussão

O embasamento com idade de 2,14 Ga, apresenta pequenas exposições à norte da área do projeto e é correlacionado à Suíte Aurumina (Moura, 2018). Este conjunto de rochas graníticas, tonalíticas e granodioríticas foi estabilizado em ambiente de arco magmático, durante a Colagem Riacciana (Moura, 2018). A foliação protomilonítica observada nessas rochas graníticas é atribuída aos vários estágios de acreção crustal, responsáveis pela formação do Paleocontinente São Francisco.

O Supergrupo Veadeiros evoluiu sobre esse substrato Riacciano, sendo representado pelas sequências Araí (bacia tipo rifte, Estateriano), Traíras (bacia tipo *SAG*, Calimiano) e Paranoá (bacia intracontinental, Esteniano) (Martins-Ferreira, 2017). A megassequência seria o resultado de sucessivas reativações do sistema, que aproveitam as zonas de fraqueza preexistentes da colagem do embasamento da Faixa Brasília com o Cráton São Francisco. O Supergrupo Veadeiros é correlacionado ao Supergrupo Espinhaço, desenvolvido na margem leste do cráton.

A deposição desta megassequência inicia-se com o rifteamento Estateriano do embasamento e deposição do Grupo Araí (Fig. 7.1), que englobaria as sequências intracontinentais pré e sin-rifte (sequência rifte datada de 1771 ± 2 Ma por U-Pb, em zircões de vulcânicas ácidas, Pimentel *et al.*, 1991).

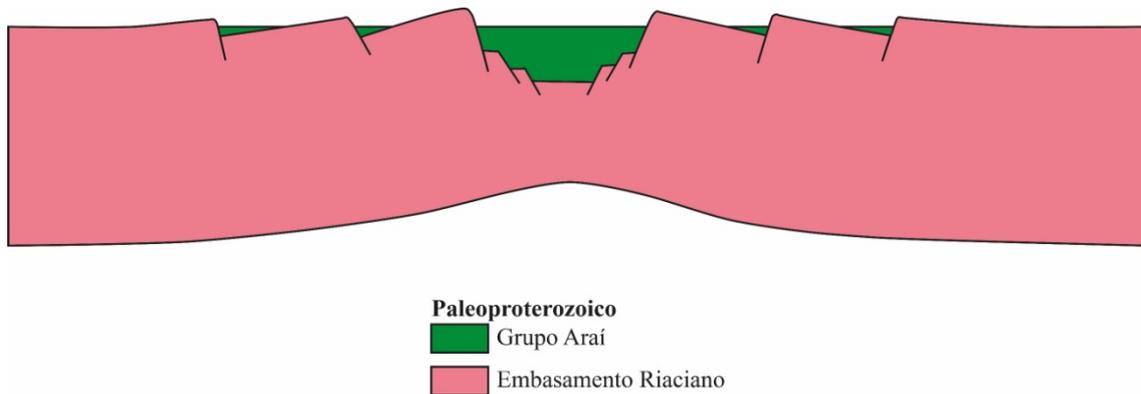


Figura 7.1: Rifteamento do embasamento e deposição do Grupo Araí, durante o Estateriano, com sedimentação continental incluindo sistemas de leques aluvionares, fluviais entrelaçados, eólicos, lacustres e vulcanismo bimodal.

O sistema rifte evoluiu para uma bacia do tipo *SAG* calaminiana, onde o Grupo Traíras (Fig. 7.2) se deposita, sendo atribuída idade máxima de sedimentação de 1543 ± 31 Ma (método U-Pb em zircões detríticos, Martins-Ferreira, 2017). Entre os grupos Araí e Traíras há um hiato de tempo, de no mínimo 228 Ma.

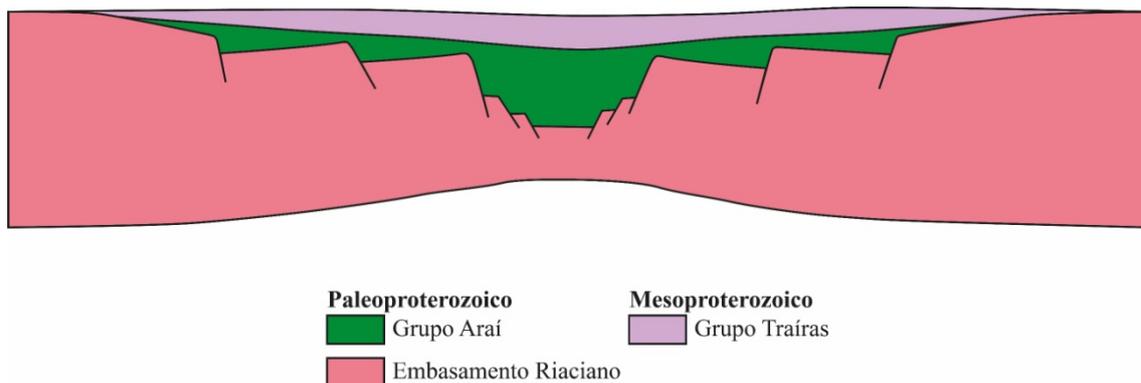


Figura 7.2: Evolução do sistema para uma bacia tipo *SAG*, com a deposição do Grupo Traíras, durante o Calaminiano.

Durante o início do Ectasiano, ocorreu a deposição da Formação Quilombo (Fig. 7.3) (idade de deposição de 1394 ± 19 Ma, Campos *et al.*, 2021). As rochas vulcânicas do Membro Ribeirão do Franco indicariam ambiente de arco continental ou arco pós-colisional (Campos *et al.*, 2021). Esta unidade é preliminarmente correlacionada à mesma bacia do Grupo Traíras (Seraine *et al.*, 2021). Portanto, a partir desta interpretação o Grupo Traíras teria se depositado em bacia tipo *SAG* Calaminiana-Ectasiana, compondo parte da sucessão Veadeiros Médio, do Supergrupo Veadeiros.

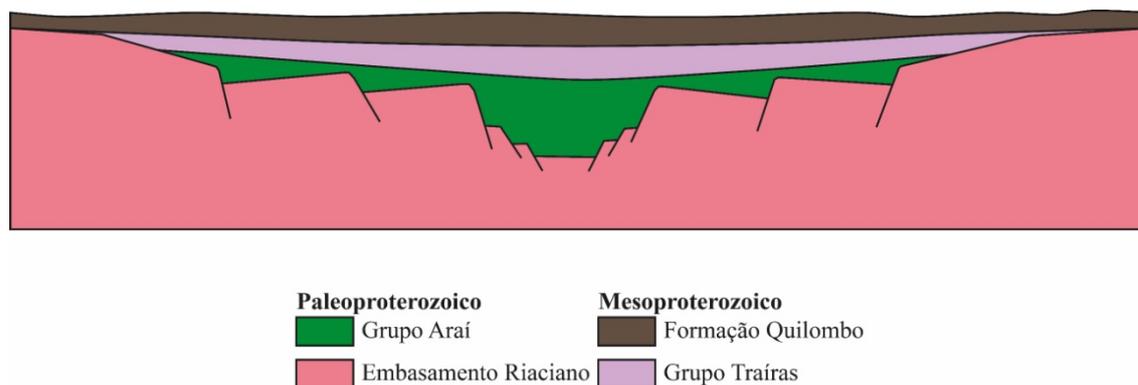


Figura 7.3: Deposição da Formação Quilombo em bacia tipo SAG, no início do Ectasiano.

Condições de deposição interpretadas como de águas profundas são características que poderiam relacionar a Formação Quilombo com os grupos Canastra ou Vazante, entretanto, as idades destas unidades não permitem tal correlação. Essas mesmas relações de idades não permitem sua correlação com o Grupo Paranoá.

A dominância de litoarenitos imaturos, que não ocorrem nas demais unidades, pode representar um contexto de deposição único na Faixa Brasília para a Formação Quilombo, porém são necessários mais estudos para uma melhor determinação do possível intervalo de deposição e/ou correlação estratigráfica com as demais unidades da Faixa Brasília (Campos *et al.*, 2021).

O Grupo Paranoá se depositou sobre uma bacia intra- a pericratônica durante o Esteniano (Fig. 7.4). A bacia evoluiria de subsidência mecânica incipiente inicial, que passaria para termo-flexural e posteriormente para flexural (Seraine *et al.*, 2021). No estágio inicial o espaço de acomodação surgiu com a reativação das falhas preexistentes do paleorifte Araí. Neste contexto, a Formação Córrego do Barreiro depositou-se no último estágio de evolução, com uma idade máxima de deposição de 1132 ± 74 Ma.

Os siltitos, dolomitos e arenitos que ocorrem de forma interdigitada na área são correlacionados à Formação Córrego do Barreiro. As principais evidências que permitem e corroboram esta correlação incluem: i) presença de litofácies da sequência pelito-psamo-carbonática, que resumidamente incluem: siltitos laminados; dolomitos micríticos, dolomitos intraclásticos e extraclásticos, brechas carbonáticas; estromatólitos colunares, dômicos e planares; ii) abundância de arenitos finos a conglomeráticos feldspáticos, e de forma restrita marcas onduladas assimétricas e laminação cruzada e iii) presença de estromatólitos colunares e cônicos.

Os arenitos feldspáticos finos a conglomeráticos podem ser correlacionados especificamente ao nível arcoseano da Formação Córrego do Barreiro (Seraine *et al.*, 2020). A presença desses arenitos foi um fator determinante para a mudança da interpretação prévia,

anteriormente correlacionada ao Grupo Vazante, mapeamento na escala 1:100.000 realizado pelo Serviço Geológico do Brasil.

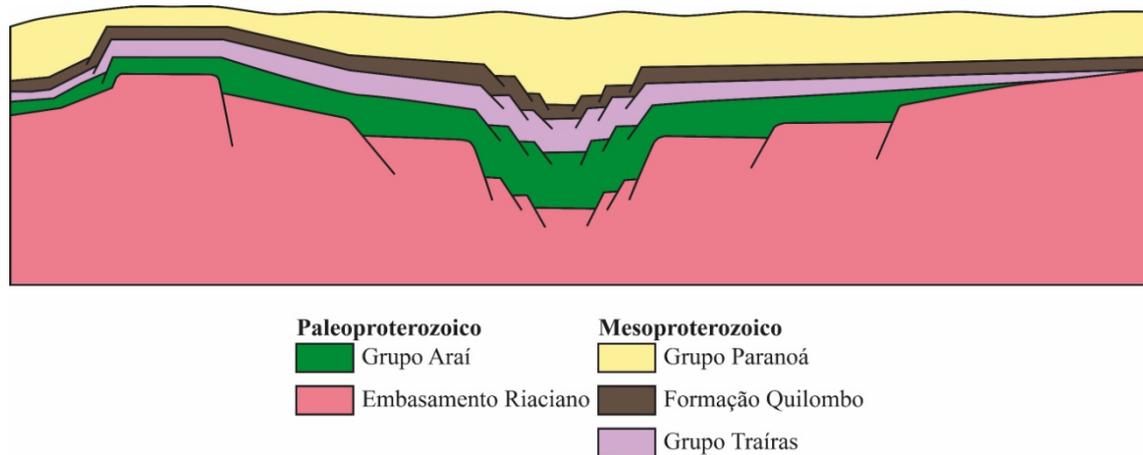


Figura 7.4: Deposição do Grupo Paranoá, no Esteniano. A bacia tipo *SAG* evoluiria inicialmente de um mecanismo de subsidência mecânica, e passaria por termo-flexural e flexural, sendo preenchida em sua etapa final de deposição por uma plataforma mista siliciclástica-carbonática.

O nível arcoseano está associado a um sistema fluvial entrelaçado, cujos canais cortariam a plataforma mista (Campos *et al.*, 2013). O sistema formou-se por falhamentos no cráton, responsáveis por expor o embasamento e sucessões paleo-mesoproterozoicas anteriores. Os zircões detríticos mais jovens encontrados no Nível Arcoseano são datados de 1,1 Ga, sendo interpretados como provenientes de magmatismo durante um evento de rifteamento abortado no Esteniano, ou nos estágios iniciais de abertura do Oceano Goiás-Pharusian, no Toniano (Seraine *et al.*, 2020).

Durante a Tafrogênese Toniana também ocorreria a deposição dos grupos Canastra e Vazante, em bacias de margem passiva (Rodrigues *et al.*, 2010; Seraine *et al.*, 2021). As datações U-Pb em zircões detríticos indicam que a Formação Córrego do Barreiro possivelmente seja cronocorrelata às porções inferiores dos grupos Canastra e Vazante (1079 ± 45 e 935 ± 14 , respectivamente; Rodrigues 2008; Rodrigues *et al.*, 2010). Assim, a relação entre os grupos Paranoá, Canastra e Vazante poderia representar a transição entre uma bacia intracontinental para margem passiva, com a abertura do Oceano Goiás-Pharusian (1,0-0,8 Ga) (Seraine *et al.*, 2021). Outra evidência é a ocorrência de zircões detríticos com idades próximas a 1,1 Ga em rochas do Grupo Canastra (Rodrigues 2008; Rodrigues *et al.*, 2010).

Há controvérsias quanto a colocação do Grupo Canastra em bacia de margem passiva. Toscani *et al.* (2021) considera que esta unidade seja associada à uma mesma bacia intra a pericratônica, tipo *SAG*, do Grupo Paranoá.

Durante o Brasiliano, o Grupo Canastra, depositado a uma maior distância do Cráton São Francisco (em porção mais interna na Faixa Brasília), seria empurrado sobre o Grupo Paranoá. Em seguida, ocorreria o imbricamento tectônico que empilharia o grupo Paranoá e a Formação

Quilombo, que por sua vez seriam cavalgados sobre o Grupo Bambuí. Esta unidade Ediacariana foi depositada como uma sequência sin-colisional na bacia de antepaís da Faixa Brasília (Fig. 7.5).

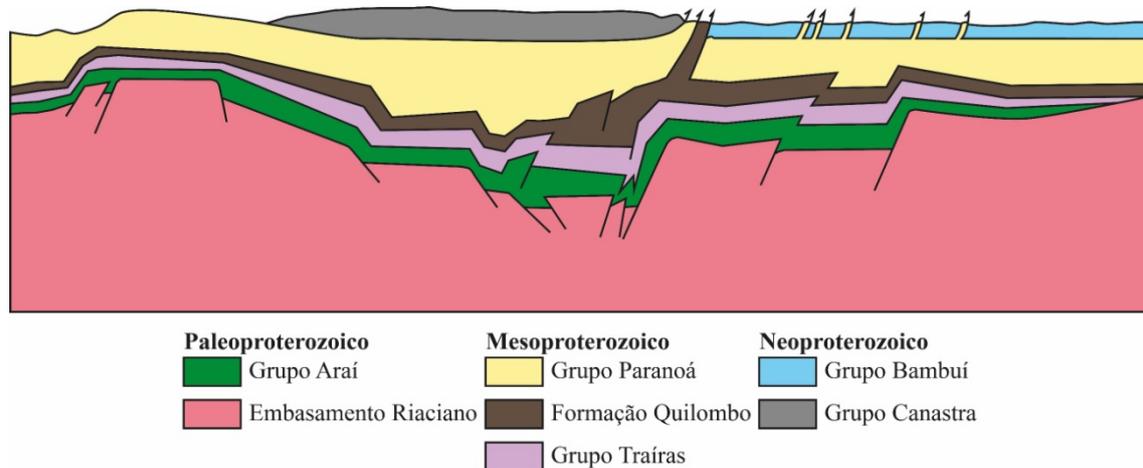


Figura 7.5: Durante a Orogênese Brasileira ocorreria a exumação e transporte da *nappe* do Grupo Canastra, depositada a maior distância do Cráton São Francisco. Em seguida, ocorreriam as falhas reversas e os empurrões. Na bacia de antepaís da Faixa Brasília, se depositaria o Grupo Bambuí.

As exposições do embasamento Riaciano da Faixa Brasília ao norte de Unai são consideradas como paleoaltos do embasamento que atuariam como anteparo durante a deformação Brasileira. Dessa forma, os paleoaltos contribuíram para a inflexão da deformação, expressa pela mudança na direção dos lineamentos na região, de N20-30W para N60-70W e novamente para N20-30W (Moura, 2018). Os mesmos paleoaltos poderiam ter restringido as bacias que se desenvolveram sucessivamente sobre o embasamento. Talvez essas configurações paleogeográficas tenham controlado a separação de sequências possivelmente cronocorrelatas (ou em parte), como os grupos Paranoá, Canastra e Vazante.

Duas fases deformacionais seriam impressas nas rochas do Grupo Canastra. A primeira responsável pela exumação e transporte da *nappe* até porções mais externas da Faixa Brasília (ca. 605 Ma, Valeriano, 2017). Durante essa fase, se desenvolveria a deformação e o metamorfismo na fácies xisto verde, zona da clorita, que explicaria a existência da foliação Ss e o maior grau metamórfico apenas nas rochas da unidade.

Na segunda fase, responsável pela continuação do encurtamento, levou a formação do imbricamento tectônico das unidades alóctones. Durante o período desenvolveram-se as dobras, a foliação Sp e o anquimetamorfismo das demais sequências mapeadas. O baixo grau metamórfico das unidades alóctones na região, Formação Quilombo e Grupo Paranoá, indicaria menor transporte (Campos *et al*, 2021).

8 POTENCIAL ECONÔMICO

8.1 Introdução

O estado de Minas Gerais é destaque no cenário nacional no que diz respeito a bens minerais, pois tem algumas das maiores jazidas, províncias e distritos minerais do país, além de centenas de ocorrências de médio e pequeno porte.

A área do Projeto Unai está inserida na região da Província Mineral Vazante-Paracatu (Fig. 8.1). Esta província localiza-se no noroeste do Estado de Minas Gerais, e é disposta em uma faixa na direção N-S com aproximadamente 250 km de extensão. Ela faz parte da porção centro-sul da Faixa de Dobramentos Brasília, que é classicamente definida como um orógeno colisional neoproterozoico localizado na borda oeste do cráton São Francisco (Almeida, 1981). Nesse contexto, a província metalogenética situa-se nas porções mais externas do orógeno, junto ao limite cratônico, e está associada a um cinturão de dobramentos e falhamentos denominado de Zona Externa (Fuck *et al.*, 1994; Valeriano *et al.*, 2004).

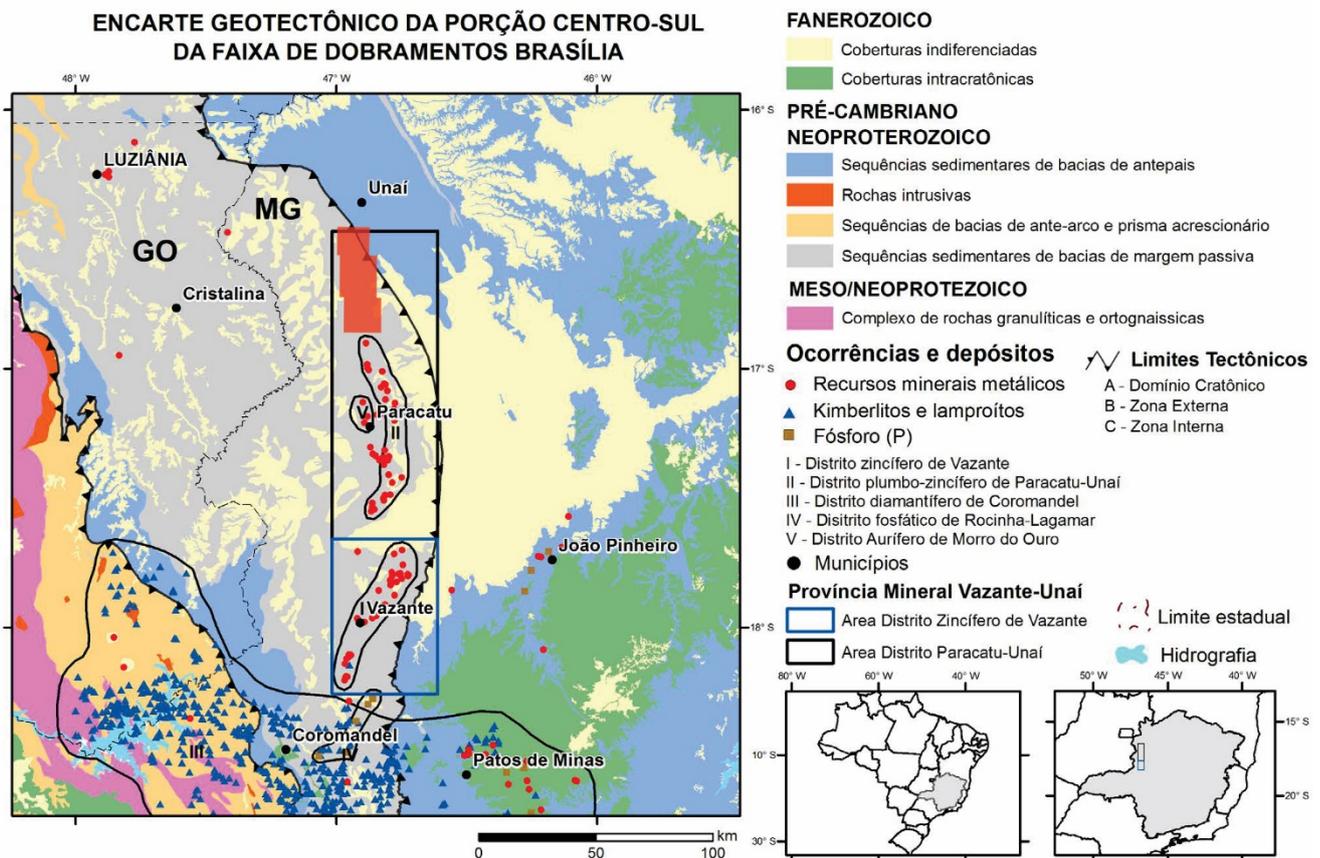


Figura 8.1: Arcabouço geotectônico da porção centro-sul da Faixa Brasília com localização da Província Mineral Vazante-Paracatu, destaque para as áreas dos projetos realizados no Distrito Zíncífero de Vazante (Dias *et al.*, 2015) e Distrito Mineral (Zn-Pb-Cu) de Paracatu-Unai. O polígono em vermelho representa a área do Projeto Unai (adaptado de Heineck *et al.*, 2004 e Valente *et al.*, 2004).

A Província Mineral Vazante-Paracatu é composta por sequências de bacias meso- e neoproterozoicas (Fig. 8.1), representadas pelos grupos Canastra, Paranoá e Vazante, e sequências sedimentares depositadas em bacias de antepaís sobre o substrato cratônico representadas principalmente pelo Grupo Bambuí. Tais rochas estão metamorfozadas sob condições de fácies xisto verde inferior a aquimetamórficas e são estruturadas por sistemas de dobras e falhas rasas, contendo nappes e empurrões com vergência para leste, em direção ao cráton (Fuck, 1994; Valeriano *et al.*, 2004).

Em termos metalogenéticos, a Província Mineral Vazante-Paracatu é composta por três distritos minerais: Distrito Zincífero de Vazante, Distrito Aurífero de Morro do Ouro e o Distrito Mineral Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), que está inserido na área do projeto.

8.2 Potencialidades Geoeconômicas Minerai

O Distrito Mineral Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), abrange depósitos (*e.g.* Mina de Morro Agudo), ocorrências e indícios de mineralizações de zinco e chumbo sulfetados, entre os municípios de Paracatu e Unai. A associação mineral de interesse é constituída principalmente por esfalerita (ZnS) e galena (PbS). Além disso, nesse distrito são registradas diversas ocorrências e indícios de cobre, representados principalmente por malaquita ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})$), por sulfetos de cobre e por outras substâncias, como água mineral, areia, argila, calcário (calcítico e dolomítico), fosfato, potássio, e até diamante (CPRM, 2018).

8.2.1 Potencial Pb e Zn \pm Cu

Os depósitos de Pb e Zn \pm Cu apresentam semelhança com dois grandes depósitos sedimentares, os do tipo SEDEX (sedimentar exalativo) e tipo Mississippi Valey (MVT). Segundo Misi (1999), depósitos do tipo SEDEX em geral são estratiformes, dispostos na forma de lentes ricas em sulfetos maciços de Pb e Zn, com Ba e Cu associados. Esse tipo de depósito se forma a partir da circulação de soluções hidrotermais por meio de fraturas e falhas, e apresentam como rochas hospedeiras folhelhos, siltitos, calcários, brechas e/ou dolomitos. Por outro lado, depósitos MVT têm corpos de minérios estratiformes a remobilizados, onde o Pb e Zn podem ocorrer hospedados principalmente em rochas carbonáticas (dolomitos ou, mas raramente, calcários) de sequências carbonáticas plataformais localizadas geralmente nas margens de bacias sedimentares (Sangster, 1990).

A ocorrência de dolomitos da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá, cartografadas na área do projeto, pode apresentar potencial para depósitos MVT de Pb-Zn, uma vez que na porção sul da área (subáreas IX a XIV), existe ampla ocorrência de lentes de dolomitos, as quais foram descritas, interpretadas e classificadas como dolarenitos, dololutitos e

brechas carbonáticas maciças.

8.2.2 Potencial para Dolomito Agrícola e Agregados

No estado de Minas Gerais, mais precisamente na faixa que vai de Coromandel a Vazante, existem várias ocorrências de dolomito associados ao Grupo Vazante. Nessa região, as principais minas exploram o carbonato visando principalmente à correção de solo, sendo o magnésio e o cálcio utilizados como nutrientes para as plantas, além de elevar o pH dos solos no processo conhecido como calagem (CPRM, 2017).

Na área do projeto, tal atividade econômica pode ser desenvolvida a partir dos dolomitos associados à Formação Córrego do Barreiro, bem como em ocorrências de lentes de mármore dolomíticos vinculadas à Formação Serra do Landim.

8.2.3 Potencial para Fosfato

Os principais depósitos de fosfato sedimentar lavrados no Brasil estão localizados nos estados da Bahia e de Minas Gerais, ambos formados em bacias de margem passiva neoproterozoicas.

No estado de Minas Gerais, as principais ocorrências de fosfato são representadas pelos depósitos de Rocinha e Lagamar, estes inseridos na Formação Rocinha, porção basal do Grupo Vazante. Os fosforitos presentes nesta unidade associam-se a ardósias carbonosas e carbonáticas microdobradas, na forma de fosforuditos, fosfarenitos, e principalmente fosfolutitos, onde os fosfarenitos são a parte essencial do minério.

Em termos econômicos, nas subáreas II a V, afloram rochas da base da Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí. Essas rochas são representadas por siltitos, folhelhos e margas. Uma possível associação com essas rochas pode ser feita com os depósitos do tipo Campos Belos (GO)/Arraias (TO). Nesses depósitos ocorrem fosforitos e siltitos fosfatados associados aos siltitos calcíferos sedimentados em águas rasas. A origem desse fosfato é relacionada aos picos de fosfogênese proterozoicas, onde os maiores episódios são durante o Neoproterozoico (idade do Grupo Bambuí). Tendo em vista a associação com os depósitos supracitados, na área do projeto os processos pedogenéticos avançados e conseqüentemente o potencial econômico é baixo para fosfato.

8.2.4 Potencial para Argila

Outra atividade econômica que pode ser desenvolvida na área do projeto seria a extração de argila em ambientes hidromórficos localizados principalmente em pelitos das formações Sete Lagoas e Córrego do Barreiro. Ambas as formações se encontram expressivamente na área do

projeto, e devido ao processo de pedogênese avançado sobre os pelitos, gerou-se regolitos que apresentam potencial para extração de argila visando confecção de telhas, tijolos e revestimentos.

8.2.5 Potencial para Ouro

Próximo a região de estudo, especificamente no Município de Paracatu encontra-se a mina do “Morro do Ouro”. Esta mina é considerada um dos maiores depósitos auríferos do Brasil, entretanto de grande volume e baixo teor. O depósito é de idade neoproterozoica, do tipo orogênico, hospedado em filitos carbonosos e quartzitos da Formação Paracatu, do Grupo Canastra (Freitas Silva *et al.* 1991).

Em associação a esse depósito, na área do projeto ocorrem filitos com lentes carbonosas e quartzitos pertencentes a Serra do Landim de forma mais expressiva nas subáreas IX a XIV. Todavia, esses filitos ocorrem de maneira restrita, e assim, a possibilidade de ocorrência desse metal na área é considerada de baixo potencial.

8.3 Potencialidades Geoeconômicas Não Minerais

Na área do projeto, além do potencial econômico que envolve bens minerais, há outras formas que podem ser exploradas visando ao desenvolvimento econômico da região (*e.g.* geoturismo, atividades ao ar livre e turismo de aventura).

Em função de processos naturais, foi desenvolvida uma série de cavidades naturais, quedas e cursos d’água, bem como feições geomorfológicas que podem, em tese, ser utilizadas para visitação, realização de trilhas, escaladas ou acampamentos.

8.3.1 Potencial para Geoturismo

O geoturismo é um seguimento do turismo de natureza que tem como principais atrativos as belas paisagens, que devem ser monitoradas para permitir um desenvolvimento sustentável, harmonioso e compatível com a dinâmica ambiental. A seguir são exibidas feições naturais que podem ser exploradas como atividade econômica pela comunidade residente na área do projeto.

A Fig. 8.2 mostra os principais pontos que podem ser explorados, incluindo cavidades naturais e uma queda d’água.

Sobre a ocorrência de cavidades naturais, vale destacar a Lapa do Sapezal. Está cavidade está inserida na Formação Córrego do Barreiro, precisamente na Subárea XII. O caminho percorrido entre o centro de Unai até a gruta tem 59 km e a principal forma de acesso se dá pela BR-251/MG-188 e, posteriormente, por estradas não pavimentadas até o local. O acesso a seu enorme salão se dá por um grande pórtico de onde se avista quase todo seu interior. Lá se

encontra um bellissimo lago (Fig. 8.3). Ademais, o local é utilizado como cenário para manifestações religiosas, que ocorrem nos dias 1º a 3 de maio, onde peregrinos visitam a lapa, para exaltar a Santa Cruz e São José Operário. A festa mobiliza parte da população residente nas comunidades próximas e de municípios vizinhos, como Paracatu, Vazante e Buritis.

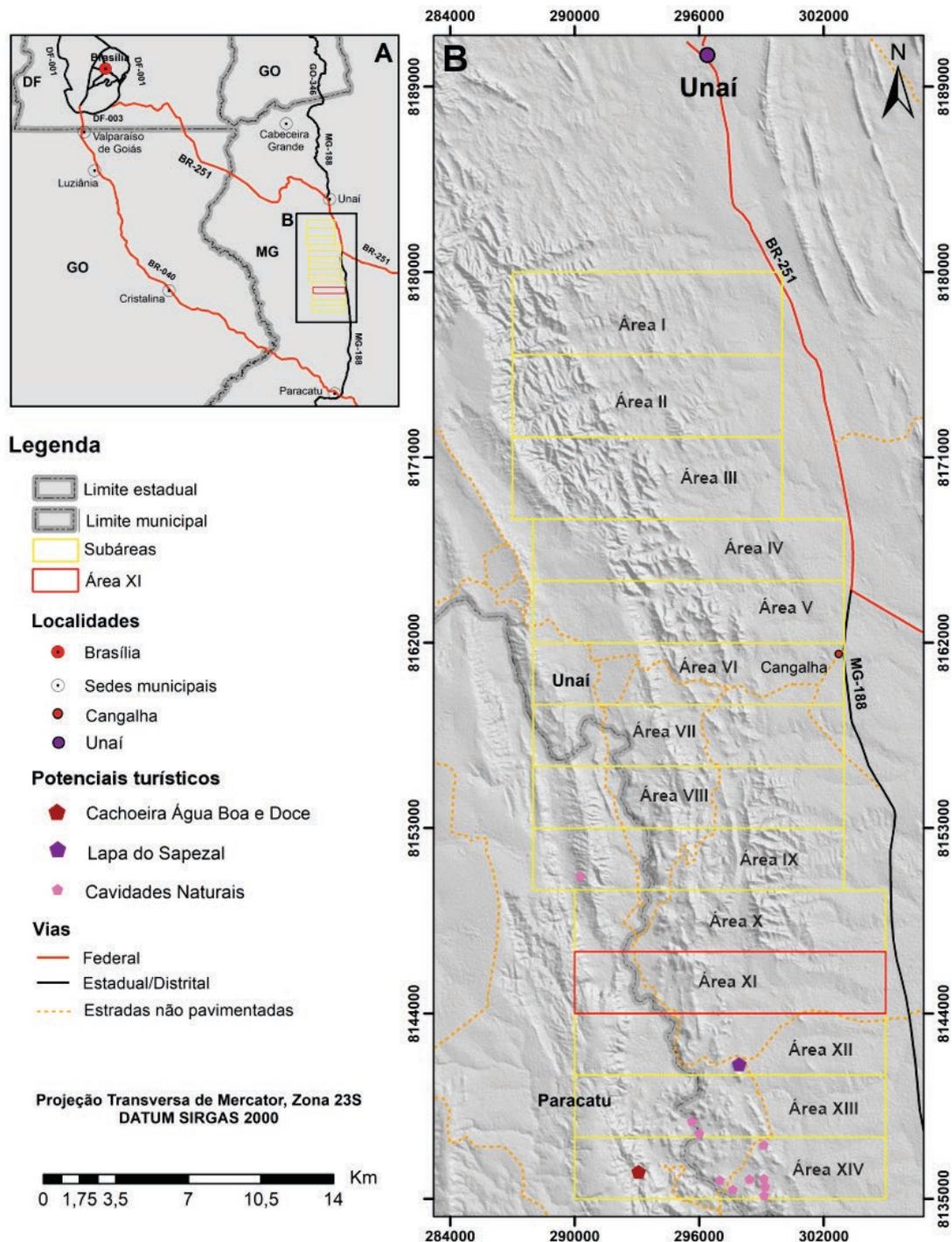


Figura 8.2: Mapa de localização. A) exibe as principais vias de acesso até a área do Projeto Unai. B) expõe os principais pontos turísticos da área do Projeto Unai, bem como as vias de acesso.



Figura 8.3: Vista do salão principal da cavidade natural conhecida como Lapa do Sapezal e do lago de origem freática, em Unaí (MG). Estalactites e estalagmites representam os principais espeleotemas encontrados na cavidade. Coordenadas UTM: Zona 23S, N 8141431 / E 297893.

A queda d'água conhecida localmente por cachoeira Água Boa e Doce tem cerca de 35 metros de queda d'água (Fig. 8.4), e está inserida na Formação Serra do Landim, na Subárea XIV. O acesso até o local se dá de forma semelhante ao da Lapa do Sapezal, sendo que a distância entre os dois locais é cerca de 20 km. É necessário realizar um percurso a pé de 500 m para acessar o local.



Figura 8.4: Imagens da queda d'água conhecida por Água Boa e Doce. Coordenadas UTM: Zona 23S, N 8136314 / E 293092.

8.3.2 Potencial para atividades ao Ar Livre

Segundo informações obtidas pela equipe dos alunos que compõe o Projeto Unai, na região há inúmeras feições geomorfológicas que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de atividades ao ar livre como trilhas, escaladas e acampamentos (Fig. 8.5). Além, disso vale ressaltar que devido à distância da zona urbana, as áreas com altitudes elevadas se tornam perfeitas para observar o pôr do sol e as estrelas.

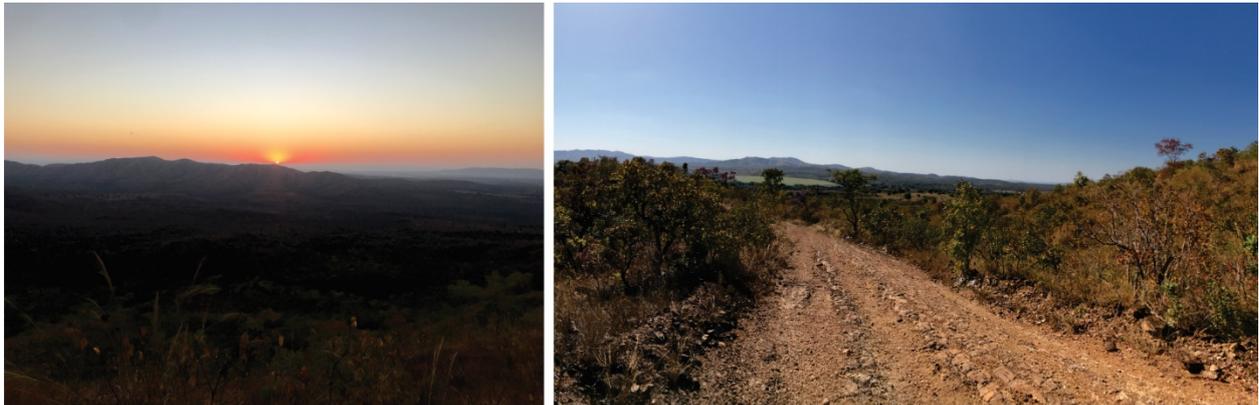


Figura 8.5: Fotografias obtidas na Subárea XI na Formação Quilombo. **A)** Vista para o nascer do Sol. Ponto indicado para observar estrelas ou realizar acampamentos. Coordenadas UTM: Zona 23S, N 81346552 / E 295930. **B)** Estrada de terra com declividade elevada. Indicada para trilhas ou para outros esportes.

9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

9.1 Principais Resultados

O Projeto Unaí está inserido entre as folhas em escala 1:100.000 Unaí SE.23-V-A-III e Serra da Aldeia SE.23-V-A-VI, do Projeto Vazante-Paracatu II, executado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM (CPRM, 2015). As cartas geológicas foram publicadas em 2015. Nestes produtos estão registradas as formações: Serra do Garrote, Serra do Poço Verde, Serra da Lapa e outras duas unidades indefinidas, todas pertencentes ao Grupo Vazante; além de área restrita de ocorrência da Formação Serra de Santa Helena, do Grupo Bambuí.

O Projeto Unaí detalha parte da área coberta pelas cartas, em escala 1:50.000 e propõe uma nova interpretação para a litoestratigrafia da região. Comparando-se os mapas (Fig. 9.1), têm-se a total exclusão do Grupo Vazante e inclusão das formações Quilombo, Córrego do Barreiro, Serra do Landim e Sete Lagoas. As coberturas cenozoicas não são representadas no mapa integrado do Projeto Unaí.

Os contatos e demais estruturas também estão cartografadas em maior detalhe. São reconhecidas as seguintes estruturas, em escala de mapa: **i)** o empurrão da Formação Quilombo sobre a Formação Sete Lagoas; **ii)** as falhas reversas de baixo ângulo que colocam a Formação Serra do Landim sobre a Formação Córrego do Barreiro e este sobre a Formação Quilombo; **iii)** a dobra de propagação de falha regional, que colocou a Formação Córrego do Barreiro sobre a Formação Quilombo, entre as subáreas VII e IX; e **iv)** a *klippe* da Formação Serra do Landim sobre a Formação Quilombo, na subárea III.

Os principais resultados do projeto incluem:

- As litofácies das formações Quilombo, Córrego do Barreiro e Sete Lagoas são tratadas como sedimentares, por preservarem estruturas e texturas primárias e não ter registros de recristalização em fácies metamórfica.
- A Formação Serra do Landim apresenta metamorfismo em fácies xisto-verde baixo, zona da clorita e foi exumada e transportada a partir de porções internas da Faixa Brasília, à maior profundidade e distância que as demais unidades.
- A Formação Quilombo foi cartografada e dividida na área principalmente com base no padrão do relevo. As porções de relevo acidentado e de maior altitude são designadas à Formação Ribeirão da Porteira. O relevo plano a suave ondulado de menor altitude foi associado a Formação Ribeirão do Franco. A expressão do relevo é diretamente ligada ao volume e espessura dos pacotes psamíticos em cada membro.

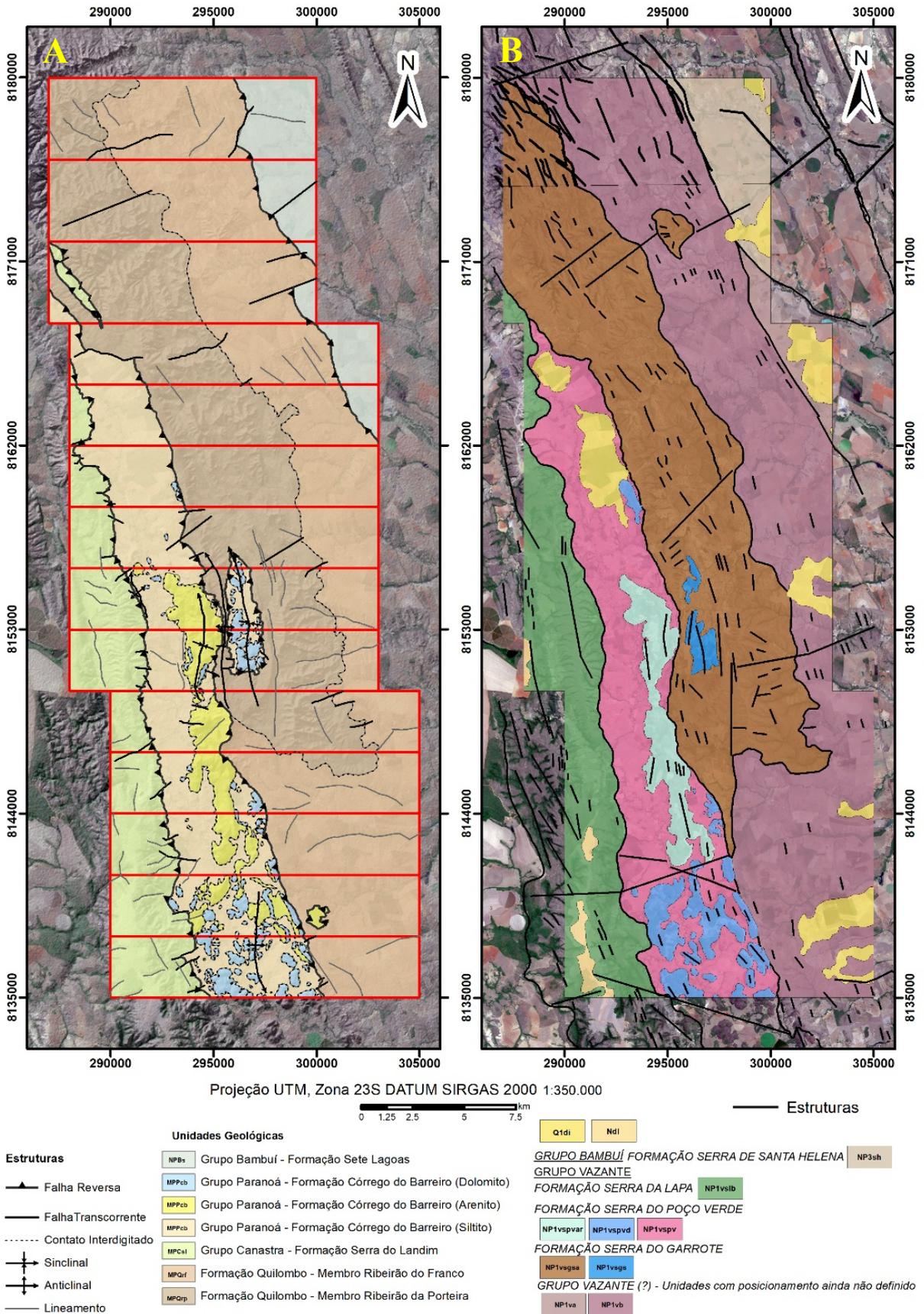


Figura 9.1: Figura comparativa entre o mapa integrado do Projeto Unai (A) e as folhas Unai e Serra da Aldeia (B) (CPRM, 2015).

- A região é caracterizada por deformação em nível crustal raso, estilo *thin-skinned*, inserida na Zona Externa da Faixa Brasília. Há apenas um domínio estrutural de um único evento. O arcabouço estrutural inclui: planos de foliação principal - Sp (clivagens disjuntivas); foliação paralela ao acamamento - Ss (penetrativa, desenvolvida apenas na Formação Serra do Landim); dobras assimétricas, falhas reversas e de empurrão vergentes para leste; *chevrons*; fraturas; lineação de deslizamento, crenulação e crescimento mineral. De forma geral, todo o arcabouço indicaria transporte para leste, em direção ao Cráton São Francisco.

- Apesar de útil, a aerogeofísica não auxiliou de forma direta na cartografia geológica. A distribuição dos radioelementos mostra um forte controle geomorfológico e pedológico. Os domínios gamaespectométricos não mostram a mesma correlação clara com as unidades ou litofácies, mas mostram contraste associado aos solos: i) solos rasos mostram enriquecimento em potássio, pois amostram mais diretamente as rochas; ii) solos espessos mostram enriquecimento em tório, uma vez que este radioelemento é menos móvel em condições pedogenéticas e acumula relativamente com a migração dos outros dois radioelementos.

- A magnetometria apresenta dois grandes domínios. Um deles é caracterizado por altos gradientes magnéticos devido a presença de regolitos ricos em óxi-hidróxidos de ferro. Os perfis se desenvolveram em áreas de maior altitude onde há boa infiltração e drenagem. Nas demais porções, os gradientes magnéticos são baixos e estão relacionados às exposições dos metassedimentos com menor conteúdo de óxi-hidróxidos de Fe.

- Três domínios aquíferos foram propostos de forma qualitativa para a área estudada, incluindo: o Domínio Freático ou Intergranular; o Domínio Fraturado; e o Domínio Fissuro-Cárstico. A caracterização desses domínios foi realizada a partir da análise integrada do comportamento reológico das rochas, espessuras dos regolitos associados, vazões dos cursos d'água superficiais e tipos de porosidade em cada conjunto de material (solo, saprolito e rocha). O entendimento dos aquíferos é importante para a melhor gestão dos recursos hídricos e estabelecimento dos usos potenciais na região.

- As imagens de satélite em diferentes composições de banda foram essenciais na cartografia prévia da região, tendo em vista as diferentes texturas e colorações observadas que refletem as litofácies, estruturas, relevo, vegetação e ocupação do solo.

- A área tem baixo potencial econômico para metais, considerando o baixo metamorfismo, magmatismo restrito e a ausência de hidrotermalismo. Por outro lado, a área tem potencial para desenvolvimento de atividades que visam a extração de carbonato para uso agrícola e industrial e de argila dos regolitos de pelitos, para uso industrial.

9.2 Recomendações para Estudos Futuros

Considerando a demanda da população que habita a região da poligonal do projeto e adjacências por água de qualidade seria interessante a realização do adensamento dos dados hidrogeológicos da região. Uma melhor caracterização das unidades hidroestratigráficas seria conveniente, com a realização de ensaios de infiltração, realização de testes de bombeamento e instalação de mais poços para perfilagem.

Os mapeamentos realizados anteriormente interpretam que a maior parte das litofácies descritas neste trabalho pertencem ao Grupo Vazante. Em função dessa discordância, a realização de trabalhos de mapeamento a sul da área do projeto pode determinar o contato das unidades mapeadas e sua relação com o Grupo Vazante.

Como apontado no trabalho de Campos *et al.* (2021), a Formação Quilombo necessita de mais estudos incluindo: i) a datação das rochas vulcânicas, tendo em vista a possibilidade de os zircões já datados (1394 ± 19 Ma) serem herdados; ii) refinamento dos estudos geoquímicos das rochas vulcânicas, para melhor entendimento do ambiente geotectônico; iii) realização de mapeamentos e linhas sísmicas para a melhor compreensão da extensão da unidade e do seu posicionamento estratigráfico.

Referências

- Alkmim, F. F.; Teixeira, W. The Paleoproterozoic Mineiro Belt and the Quadrilátero Ferrífero. *In: Heilbron, M.; Cordani, U.G.; Alkmim, F.F. (Eds.), São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent.* Suíça: Springer International Publishing, 2017. p. 71-94.
- Almeida, F.F.M.; Hasui, Y.; Brito Neves, B.B.; Fuck, R.A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, n. 1-2, p.1-29, 1981.
- Araújo-Filho, J.O. The Pireneus Syntaxis: an example of the intersection of two Brasiliano fold-thrust belts in central Brazil and its implications for the tectonic evolution of western Gondwana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n.1, p. 144-148, 2000.
- Azmy, K.; Kendall, B.; Creaser, R.A.; Heaman, L.; Oliveira, T. F. de. Global correlation of the Vazante Group, São Francisco Basin, Brazil: Re–Os and U–Pb radiometric age constraints. **Precambrian Research**, v. 164, n. 3–4, p. 160–172, 2008.
- Babinski, M.; Monteiro, L.V.S.; Fetter, A.H.; Bettencourt, J.S.; Oliveira, T.F. de. Isotope geochemistry of the mafic dikes from the Vazante nonsulfide zinc deposit, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 18, n. 3–4, p. 293–304, 2005.
- Babinski, M.; Vieira, L.C.; Trindade, R.I.F. Direct dating of the Sete Lagoas cap carbonate (Bambuú Group, Brazil) and implications for the Neoproterozoic glacial events. **Terra Nova**, v. 19, n. 6, p. 401-406, 2007.
- Barroso, R.H.G.; Araújo Filho, J.O.; Guimarães, E.M. ESTUDO PETROGRÁFICO E MICROTTECTÔNICO DOS GRUPO PARANOÁ E CANASTRA, NORTE DO DF E ENTORNO. **XVI Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos [...]**. Salvador, Bahia, Brasil: [s.n.], p. 22–25, 2017.
- Campos, J.E.G.; Dardenne, M.A.; Freitas-Silva, F.H.; Martins-Ferreira, M.A.C. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 3, p. 461–476, 2013.
- Campos, J.E.G.; Martins-Ferreira, M.A.C.; Moura, F. das G.; Chemale, F. Jr. Discovery of Precambrian deep-water turbidites and submarine volcanism in the Brasília Belt, Central Brazil: The Quilombo Formation. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 108, p. 103226, 2021.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Folha Unai – SE.23-V-A-III. Belo Horizonte: CPRM, 2015. Escala 1:100.000.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Folha Serra da Aldeia – SE.23-V-A-VI. Belo Horizonte: CPRM, 2015. Escala 1:100.000.
- Dardenne, M.A. Os grupos Paranoá e Bambuú na Faixa Dobrada Brasília. *In: Simpósio sobre o Cráton São Francisco e suas Faixas Marginais*, 1, Salvador, 1981. **Anais...**, Salvador, SBG/SME, p. 140-157, 1981.
- Dardenne, M.A. The Brasília Fold Belt. *In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Tomas Filho, A.; CAMPOS, D.A. (Eds.). Tectonic Evolution of South America. Proceedings of the XXXI International Geological Congress (Rio de Janeiro)*, p.231-263, 2000.
- Dardenne, M.A.; Faria, A.; Andrade G.F. Occurrence de stromatolites columnnaires dans Le Group Bambuú (Goiás, Brésil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, n.3, p. 555-566, 1976.
- Dunham, R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional textures. 1962.

- Ferreira, M.A.C.M. **Evolução tectônica das bacias Araí, Traíras e Paranoá na Faixa Brasília Norte**. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- Folk, R.L. **PETROLOGY OF SEDIMENTARY ROCKS**. Austin: Hemphill Publishing Company, 1980.
- Freitas-Silva, F.H.; Campos J.E.G. Geologia do Parque Nacional de Brasília - DF. **Boletim de Geociências do Centro-Oeste**, v. 18, n. 1-2, p.32-43, 1995.
- Freitas-Silva, F.H.; Dardenne, M.A. Proposta de subdivisão estratigráfica formal para o grupo Canastra no oeste de Minas Gerais e leste de Goiás. *In*: Simp. Geol. Centro Oeste, 4, Brasília, 1991. **Anais...**, Brasília, SBG-DF/CO, p. 164–165, 1994.
- Freitas Silva F.H., Dardenne M.A., Jost H. 1991. **Lithostructural control of the Morro do Ouro gold deposit, Paracatu, Minas Gerais**. *In*: Ladeira E.A. (ed.). Proceedings of Brazil Gold'91, Belo Horizonte/MG. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, p. 681-683, 1991.
- Fuck, R.A.; Marini, O.J. **Projeto São Félix**: Geologia da Folha Córrego São Bento. Brasília: FUB/Eletronorte, Relatório Inédito, 49 p., 1979.
- Fuck, R.A.; Pimentel, M.M.; Soares, J.E.; Dantas, E.L. Compartimentação da Faixa Brasília. *In*: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, Goiânia. **Anais...**, 2005, p. 26-27.
- Fuck, R.A.; Pimentel, M.M.; D'el Rey Silva, L.J.H. Compartimentação tectônica da porção oriental da Província Tocantins. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Balneário Camboriú. **Actas...**, Florianópolis, SBG, 1994. p. 215-216.
- Geboy, N.J.; Kaufman, A.J.; Walker, R.J.; Misi, A.; Oliveira, T.F.; Miller, K.E.; Azmy, K.; Kendall, B.; Poulton, S. W. Re-Os age constraints and new observations of Proterozoic glacial deposits in the Vazante Group, Brazil. **Precambrian Research**, v. 238, p. 199–213, 2013.
- Guimarães, E.M. **Estudos de proveniência e diagênese com ênfase na caracterização dos filossilicatos dos Grupos Paranoá e Bambuí, na região de Bezerra-Cabeceiras (GO)**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1997. 270 p.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados Meteorológicos. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. 2021. Acesso em: 16 de agosto de 2021.
- Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). **ALOS Data Users Handbook**. Revision C. Earth Observation Research and Application Center, 2008.
- Laranjeira, N. P. F. **A Plataforma mista de siliciclásticos e carbonatos do Grupo Paranoá na região de Unai - MG**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1992. 207 p.
- Martins-Ferreira, M. A. C. **Evolução tectônica das bacias Araí, Traíras e Paranoá na Faixa Brasília Norte**. Tese (Doutorado em Geologia) —Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- Martins, F.B.; Gonzaga, G.; Santos, D.F. dos; Reboita, M.S. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN E DE THORNTHWAITE PARA MINAS GERAIS: CENÁRIO ATUAL E PROJEÇÕES FUTURAS. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 149–164, 2018.
- Matteini, M., Dantas E.L., Pimentel M.M., Alvarenga C.J.S. & Dardenne M.A. U-Pb and Hf isotope study on detrital zircons from the Paranoá Group, Brasília Belt Brazil: constraints on depositional age at Mesoproterozoic-Neoproterozoic transition and tectono-magmatic events in the São Francisco craton. **Precambrian Research**, v. 206, p.168-181, 2012.
- Meneses, P & Almeida, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, 2012.

- Misi, A. **Um modelo de evolução metalogenética para os depósitos de zinco e chumbo hospedados em sedimentos proterozóicos de cobertura do Cráton do São Francisco (Bahia e Minas Gerais)**. Tese Professor Titular, Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 1999.
- Moura, F. G. **Geologia do Grupo Quilombo e seu embasamento cristalino na região de Unai-MG**. Dissertação (mestrado) – Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas, 2018.
- Mutti, E.; Tinterri, R.; Remacha, E.; Mavilla, N.; Angella, S.; Fava, L. **An Introduction to the Analysis of Ancient Turbidite Basins from an Outcrop Perspective: AAPG Continuing Education Course Note, No. 39**. AAPG, 1999.
- Naime, U.J.; Motta, P.E.F. da; Silva, D.C. da; Simão, M.L.R.; Santos, A.J.R. **Solos e avaliação do potencial agrossilvipastoril das microrregiões Paracatu e Unai - Minas Gerais**. Belo Horizonte: [s. n.], 2014.
- O’Leary, D.W.; Friedman, J.D.; Pohn, H. A. **Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms**. Geological Society of America Bulletin, v. 87, p. 1463-1469, 1976.
- Pimentel, M. M.; Heaman, L.; Fuck, R. A.; Marini, O. J. U-Pb zircon geochronology of Precambrian tin-bearing continental-type acid magmatism in central Brazil. **Precambrian Research**, v. 52, no. 3–4, p. 321–335, 1991.
- Pimentel, M. M.; Rodrigues, J.B.; DellaGiustina, M.E.S.; Junges, S.; Matteini, M.; Armstrong, R. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS U-Pb sedimentary provenance data: A review. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 31, n. 4, p. 345–357, 2011.
- Pimentel, M. M. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: A geochronological and isotopic approach. **Brazilian Journal of Geology**, v. 46, n. (Suppl 1), p. 67–82, 2016.
- Pinto, C.P.(Coord.). Caracterização hidrogeológica da microrregião de Unai. Belo Horizonte: CPRM; COMIG. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB, 2001.
- Programa Geologia do Brasil. **Área de Relevante Interesse Mineral – ARIM: Distrito Mineral de Paracatu-Unai (Zn-Pb-Cu), MG**. Série de Províncias Mineraias do Brasil, nº 14, CPRM, Belo Horizonte, 2018.
- Programa Geologia do Brasil. **Geologia e Recursos Mineraias Das Folhas Cabeceira Grande, Unai, Ribeirão Arrojado, Serra da Aldeia, Serra da Tiririca, Paracatu, Guarda-Mor, Arrenegado, Coromandel, Lagamar, Monte Carmelo, Patos**. Projeto Vazante – Paracatu. Levantamentos Geológicos Básicos. Belo Horizonte, 2017.
- Rodrigues, J.B.; Pimentel, M.M.; Dardenne, M.A.; Armstrong, R.A. Age, provenance and tectonic setting of the Canastra and Ibiá Groups (Brasília Belt, Brazil): Implications for the age of a Neoproterozoic glacial event in central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, n. 2, p. 512–521, 2010.
- Rodrigues, J.B.; Pimentel, M.M.; Buhn, B.; Matteini, M.; Dardenne, M.A.; Alvarenga, C.J.S.; Armstrong, R.A. Provenance of the Vazante Group: New U–Pb, Sm–Nd, Lu–Hf isotopic data and implications for the tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt. **Gondwana Research**, v. 21, n. 2–3, p. 439–450, 2012.
- Rodrigues, J.B. **Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí: um estudo de zircões detríticos e idades modelo Sm-Nd**. Tese (doutorado) – Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, 2008.

- Sangster, D. F. **Missisipi Valley-type and sedes lead-zinc deposits: a comparative examination.** *Transaction of the Institution of Mining and Metallurgy*, B99, p.21-42, 1990.
- Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Araújo Filho, J. C. de; Oliveira, J. B. de; Cunha, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- Seraine, M.; Campos, J. E. G.; Martins-Ferreira, M. A. C.; Giorgioni, M.; Angelo, T. V. Tectonic significance of abrupt immature sedimentation in a shallow cratonic margin basin: The Arkose Level, Mesoproterozoic Paranoá Group. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 97, p. 102397, 2020.
- Seraine, M.; Campos, J. E. G.; Martins-Ferreira, M. A. C.; Alvarenga, C. J. S. de; Chemale, F.; Angelo, T. V.; Spencer, C. Multi-dimensional scaling of detrital zircon geochronology constrains basin evolution of the late Mesoproterozoic Paranoá Group, central Brazil. **Precambrian Research**, v. 365, p. 106381, 2021.
- Silva, C.H. da; Simões, L.S.A.; Damázio, W.L.; Ferreira, S.N.; Luvizotto, G.L. O Grupo Canastra em sua área-tipo, região de Tapira, sudoeste do estado de Minas Gerais. **Geologia USP - Serie Científica**, v. 12, n. 2, p. 83–98, 2012.
- Souza Filho, C. R.; Crósta, A. P. **Geotecnologias aplicada à geologia.** Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- Toscani, R.; Campos, J. E. G.; Matos, D. R.; Martins-Ferreira, M. A. C. Complex depositional environments on a siliciclastic-carbonate platform with shallow-water turbidites: The Natividade Group, central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 107, p. 102939, 2021.
- Valeriano C.M., Dardenne M.A., Fonseca M.A., Simões L.S.A., Seer H.J. **A Evolução Tectônica da Faixa Brasília.** In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito-Neves B.B. (eds.). *Geologia do Continente Sul-Americano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* Beca, São Paulo, p. 575-592. ISBN: 8587256459, 2004.
- Valeriano C. M.; Pimentel M. M.; Heilbron M.; Almeida J. C. H.; Trouw R. A. J. Tectonic evolution of the Brasília Belt, Central Brazil and early assembly of Gondwana. **Geological Society**, London, Special Publications, v. 294; p. 197-210, 2008.
- Valeriano, C. M. The southern Brasília belt. In: Heilbron, M.; Cordani, U.G.; Alkmim, F.F. (Eds.), **São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent.** Suíça: Springer International Publishing, 2017. p. 189-203.
- Uhlein, A.; Fonseca, M. A.; Seer, H. J.; Dardenne, M. A. Tectônica Da Faixa De Dobramentos Brasília – Setores Setentrional E Meridional. **Geonomos**, v. 20, n. 2, p. 1–14, 2012.



Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Graduação em Geologia

TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO - 2020

ANEXOS

PROJETO UNAÍ - SUBÁREA XI

João Gabriel Cavalcante Vieira

Manoel Lázaro Frazão Júnior

Brasília, DF

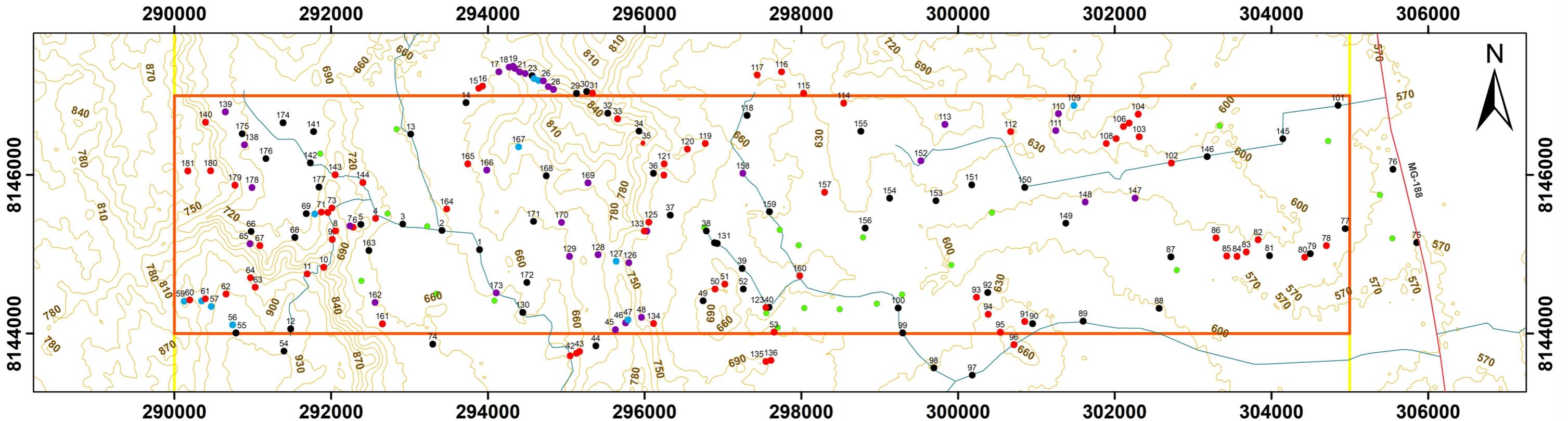
Novembro de 2021.

Sumário

Mapa de Pontos	1
Tabela de Pontos.....	2
Mapa Geológico da Subárea XI	6
Mapa Geológico do Projeto Unai.....	7
Fichas petrográficas	8
Difratogramas de raios-X	41
Mapa de Zoneamento Hidrogeológico do Projeto Unai	44
Tabela de poços cadastrados no SIAGAS	45

PROJETO UNAÍ - TF 2020

Mapa de pontos - Subárea XI



Legenda

Pontos

- Afloramentos
- Blocos *in loco*
- Blocos rolados
- Controle
- Apoio (Latifúndios)

— Vias pavimentadas

— Vias não pavimentadas

— Curvas de nível (30m)

□ Subárea XI

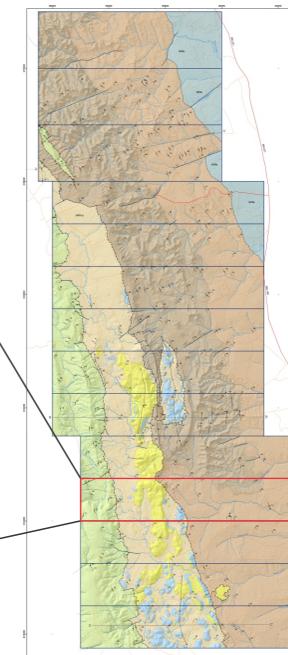
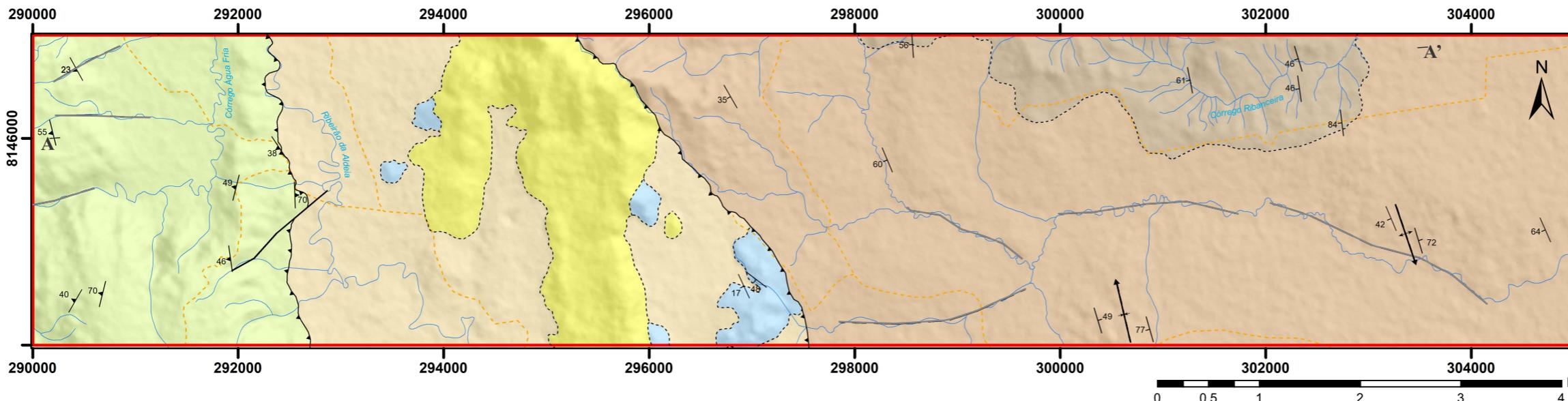
0 0,75 1,5 3 4,5 6 Km

Projeção Universal Transversa de Meractor - UTM, Zona 23S
DATUM SIRGAS 2000

Tabela de Pontos

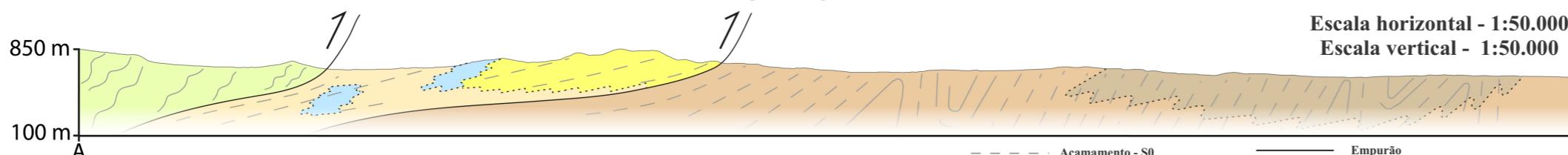
Ponto	X	Y	Tipo	Litologia	Litologia_simplificada	Unidade	Subunidade	S0_A	S0_M	Sp_A	Sp_M	Ss_A	Ss_M	Lx_A	Lx_C	F1_D	F1_M	F2_D	F2_M	F3_D	F3_M	F4_D	F4_M	Estruturas_sedimentares	Amostras	
1	293896	8145058	Controle																							
2	293414	8145299	Controle																							
3	292914	8145380	Controle																							
4	292568	8145451	Afloramento	Filito	Filito	Grupo Canastra	Formacao Serra do Landim	47	26	88	70					177	84	283	84	226	89				20-XI-04	
5	292380	8145376	Controle																							
6	292281	8145339	Afloramento	Filito	Filito	Grupo Canastra	Formacao Serra do Landim									175	75	296	85							
7	292240	8145356	Blocos rolados	Dolomito	Dolomito																					
8	292055	8145294	Afloramento	Filito	Filito	Grupo Canastra	Formacao Serra do Landim					221	57													20-XI-08
9	292015	8145188	Afloramento	Filito	Filito	Grupo Canastra	Formacao Serra do Landim					274	33													
10	291906	8144836	Afloramento	Filito	Filito	Grupo Canastra	Formacao Serra do Landim					262	46													
11	291695	8144751	Afloramento	Filito	Filito	Grupo Canastra	Formacao Serra do Landim					226	17													20-XI-11
12	291484	8144059	Controle																							
13	293016	8146514	Controle																							
14	293722	8146912	Controle																							
15	293885	8147093	Afloramento	Siltito	Siltito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																		Laminação plano-paralela	
16	293934	8147121	Afloramento	Siltito	Siltito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro	10	24																Laminação plano-paralela	
17	294140	8147300	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
18	294271	8147360	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
19	294323	8147372	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
20	294346	8147342	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
21	294406	8147298	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
22	294478	8147278	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
23	294564	8147252	Controle																							
24	294590	8147215	Blocos in loco	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
25	294649	8147190	Blocos in loco	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
26	294708	8147186	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
27	294772	8147114	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
28	294837	8147080	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
29	295132	8147029	Controle																							
30	295261	8147052	Controle																							
31	295336	8147034	Afloramento	Arenito/Siltito	Arenito/Siltito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro	249	34																	
32	295531	8146779	Controle																							20-XI-32
33	295656	8146707	Afloramento	Siltito	Siltito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
34	295930	8146552	Controle																							
35	295981	8146403	Siltito					202	21																	
36	296114	8146021	Controle																							
37	296327	8145492	Controle																							
38	296790	8145293	Controle																							
39	297246	8144821	Controle																							
40	297589	8144330	Controle																							
41	295051	8143719	Afloramento	Siltito	Siltito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro	285	33																Laminação plano-paralela	
42	295131	8143749	Afloramento	Siltito	Siltito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro	270	30									344	90						Laminação plano-paralela	
43	295170	8143774	Afloramento	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro	342	35																Laminação plano-paralela; laminação cruda; marcas onduladas assimétricas.	20-XI-43
44	295379	8143844	Controle																							
45	295629	8144048	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
46	295758	8144135	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
47	295789	8144174	Blocos in loco	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
48	295962	8144205	Blocos rolados	Arenito	Arenito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro																			
49	296747	8144412	Controle																							
50	296900	8144561	Afloramento	Estromatolito	Dolomito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro	220	43																Esteiras microbianas planares, sinuosas e descontinuas	20-XI-50
51	297025	8144623	Afloramento	Estromatolito	Dolomito	Grupo Paranoa	Formacao Corrego do Barreiro	217	48																Esteiras microbianas planares, sinuosas e descontinuas	20-XI-51
52	297261	8144561	Controle																							
53	297654	8144018	Afloramento	Grauvaca/siltitos	Ritmito	Formacao Quilombo	Membro Ribeirao do Franco																			

Mapa Geológico - Subárea XI - Projeto Unaí - 2020



Mapa integrado

Seção geológica A-A'



Escala horizontal - 1:50.000
Escala vertical - 1:50.000

ERA	PERÍODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
MESOPROTEROZOICO	Toniano	Grupo Canastra Formação Serra do Landim MPCsl clorita filitos, clorita-fengita filitos, clorita-fengita-quartzto filitos, calcifilitos, mármores finos dolomíticos, mármores finos calcíticos, quartzitos finos micáceos.
	Steniano	Grupo Paranoá Formação Córrego do Barreiro MPPcb <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">s</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">a</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">d</div> </div> s - siltitos argilosos, margas laminadas de cores escuras quando frescas e as a rosadas quando alterados. a - arenitos grossos, médios, finos até conglomeráticos feldspáticos (escuras quando frescos e cinza claro a esbranquiçados quando alterados). d - dolomitos cinza claro a escuro, micríticos, estromatolíticos (estromatólitos colunares), doloruditos intraclásticos e oncolíticos e dolarenitos intraclásticos e oolíticos.
	Ectasiano	Formação Quilombo MPQrf MPQrp Membro Ribeirão do Franco: ritmitos pelito-arenosos, com intercalações de camadas centimétricas de litoarenitos, grauvacas líticas, siltitos laminados, siltitos maciços, argilitos, folhelhos e rochas vulcânicas ácidas a intermediárias subordinadas (dacito e riolito), afaníticas ou com esferulitos. Membro Ribeirão da Porteira: ritmitos psamo-pelíticos, representados por intercalações de litoarenitos finos, litoarenitos grossos, grauvacas líticas finas, grauvacas líticas grossas, arenitos, sublitoarenitos, siltitos maciços, siltitos laminados, folhelhos, argilitos, e conglomerados clasto-suportados subordinados. Rochas com coloração escura quando frescas passando a amarelada, ocre e rosada quando alteradas. Contatos bruscos entre as camadas individuais.

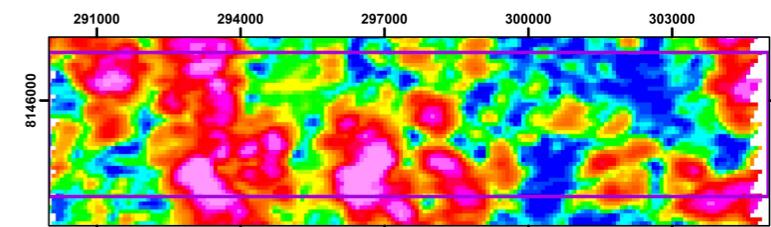
LEGENDA

Convenções geológicas

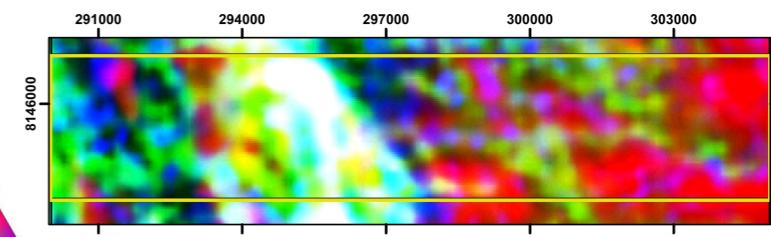
Acamamento - S0	Contato tectônico reverso	Linha de carneira de dobra antiforme com caimento
Foliação principal - Sp	Falha transcorrente ou de rasgamento	Linha de carneira de dobra sinforme com caimento
Contato interdigitado	Lineamento estrutural	

Convenções cartográficas

Hidrografia	Vias de acesso não pavimentadas	Limite da subárea XI
-------------	---------------------------------	----------------------

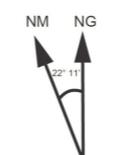


ASA - Amplitude do Sinal Analítico



Ternário

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Datum Horizontal: SIRGAS 2000 Zona UTM 23S

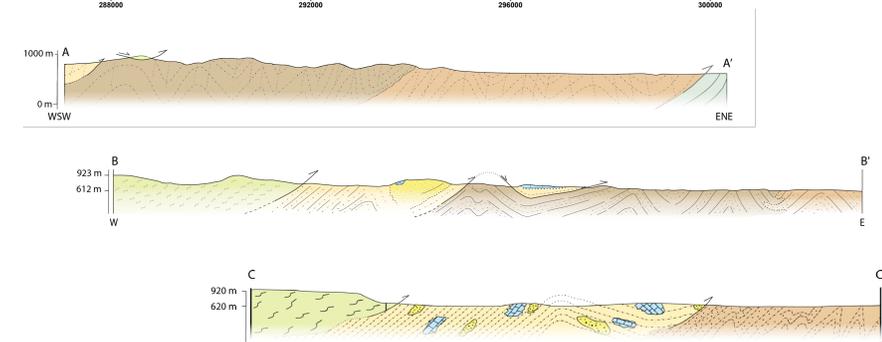
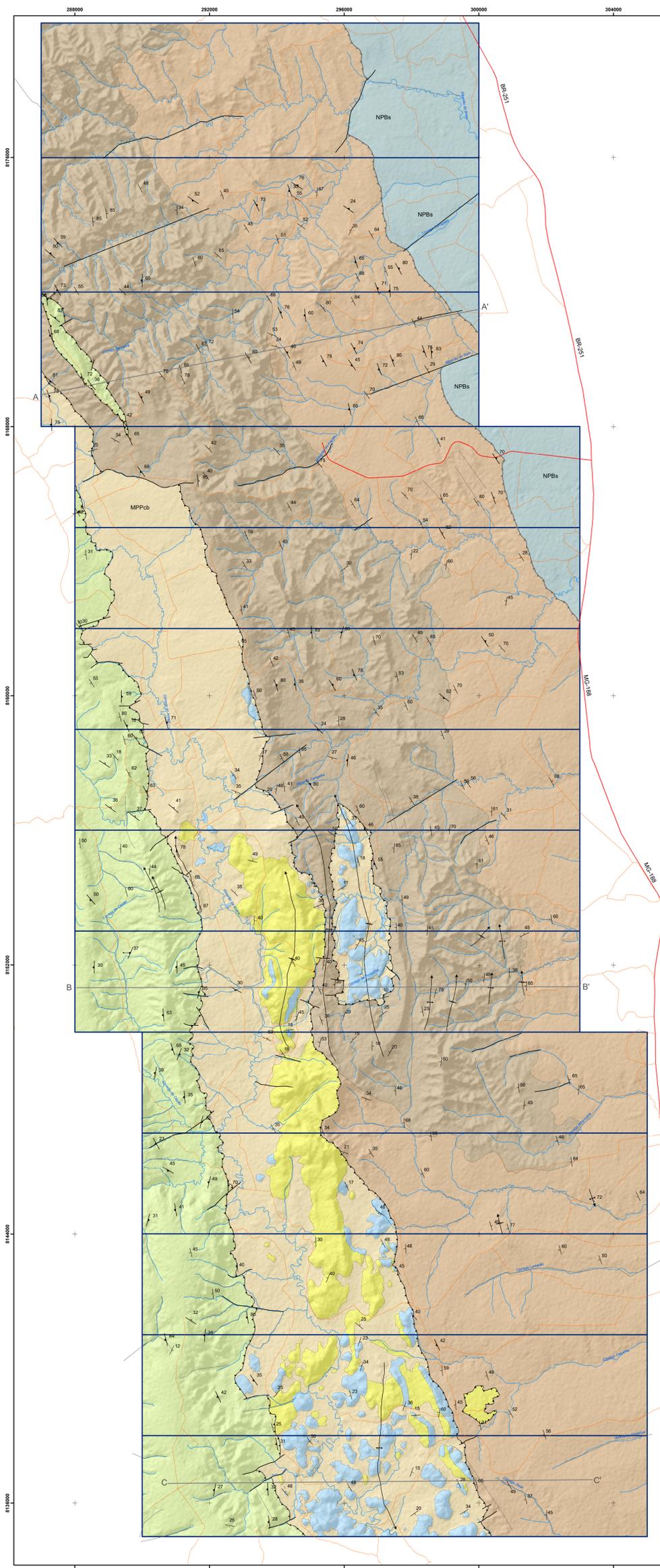


Declinação Magnética de Almas: 22° 11' ± 0° 23'
Decresce 0° 5' por ano - Modelo WMM-2020
Fonte: NOAA - National Geophysical Data Center
Obtido em 03/09/2021

Projeto Unaí - 2020 - Subárea XI
Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Autores: João G. C. Vieira e Manoel L. Frazão Júnior
Novembro de 2021

Projeto Unai 2020

Mapa Geológico Integrado



Escala horizontal: 1:50000
Escala vertical: 1:50000

1mm = 50m

UNIDADES GEOLÓGICAS

NEOPROTEROZOICO

Ediacariano

Grupo Bambuí - Formação Sete Lagoas

NPBs

Siltito, siltito argiloso, folhelho, margo, dololuto, compondo sucessão estratificada em camadas centimétricas a decimétricas. Litotipos tem cores escuras (preto a cinza escuro) quando não alteradas e ocre/amarela/rosada quando alteradas.

MESOPROTEROZOICO

Esteniano

Grupo Paranoá - idade máxima de deposição de 1100 Ma por zircão detritico.

Formação Córrego do Barreiro

MPPCb

Arenito fino a grosso, localmente conglomerático ou feldspático, de cor escura quando frescos e cinza claro a esbranquiçado quando alterado.
Siltito laminado, siltito argiloso, margo laminada de cor escura quando não alterada e amarelada a rosada quando alterada.
Doluito micrítico, dololuto estromatolítico, dolorudito intracristalino e oncolítico e dolarenito intracristalino e oncolítico, litotipos de cores cinza claro a escuro.

Grupo Canastra - Formação Serra do Landim

MPCsl

Clorita filito, clorita-fengita-filito, clorita-fengita-quartzo filito, calcifilito, mármore dolomítico de granulação fina, mármore calcítico de granulação fina, quartzito fino micáceo.

Ectasianio

Formação Quilombo - idade de deposição 1394 ± 19.4 Ma (U-Pb em zircão de rocha vulcânica).

MPQrf

Membro Ribeirão do Franco: ritmito pelito-arenoso, com intercalações de camadas centimétricas de litoarenito, grauvaça litica fina, siltito laminado, siltito maciço, argilito e folhelho. Dacito e riolito subordinados, afaníticos ou com esterulitos.

MPQrp

Membro Ribeirão da Porteira: ritmito psamo-pelítico, representados por intercalações de litoarenito fino, litoarenito grosso, grauvaça litica fina, grauvaça litica grossa, arenito, subitarenito, siltito maciço, siltito laminado, folhelho, argilito, e conglomerado clasto-suportado subordinado. Rochas com coloração escura quando não alteradas passando a amarelada, ocre e rosada quando alteradas. Contatos abruptos entre os litotipos.

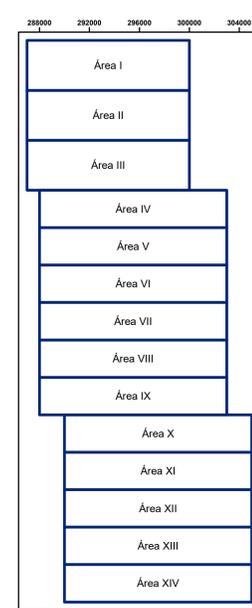
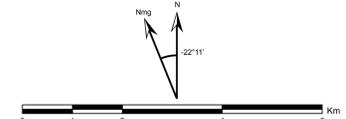
Convenções Geológicas

- Acamamento - S0
- Folição principal - Sp
- Folição paralela ao acamamento - Ss
- Direção de lineação de deslizamento
- Direção de lineação de crenulação
- Contato interdigitado
- Contato tectônico reverso
- Falha de empurrão
- Falha transcorrente ou de rasgamento
- Lineamento estrutural
- Linha de charneira de dobra anticlinal com caimento
- Linha de charneira de dobra sincinal com caimento



Convenções Cartográficas

- Via asfaltada
- Via de uso contínuo
- Drenagem
- Limite de subárea



1:50000
UTM Zona 23S
Datum SIRGAS 2000
Relevo Sombreado (ângulo de iluminação 315°) - ALOS/PALSAR
Dados Geofísicos - Projeto Vazante

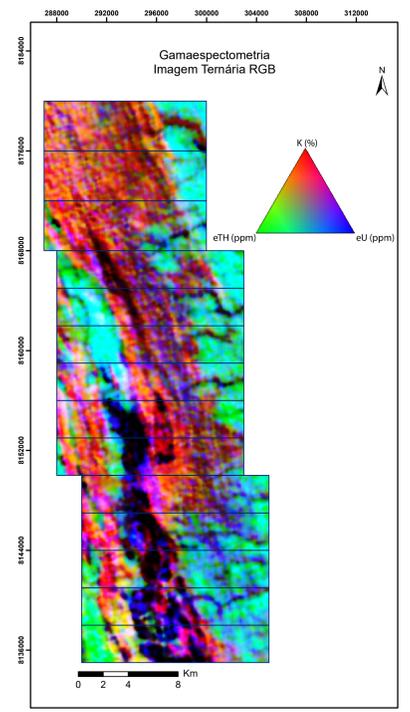
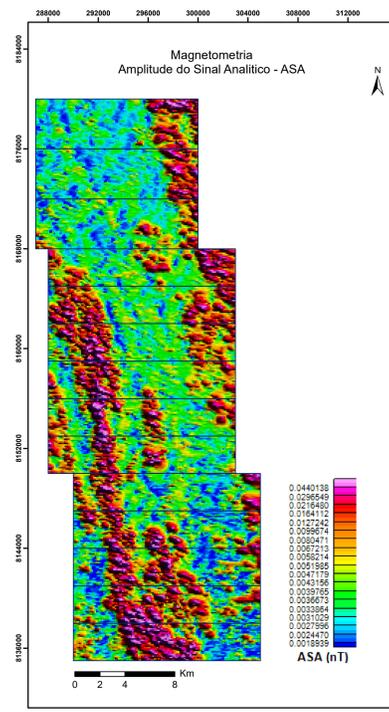
Projeto Unai TF2020 - Mapa Geológico Integrado

Coordenador
Prof. Dr. José Elói Guimarães Campos

Professores Orientadores
Prof. Dr. Martino Giorgioni
Profa. Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto

Orientador Colaborador
Lucas Santos Batista Teles

Estudantes
Área I: Eduardo Dias dos Santos, Matheus Ferreira da Silva
Área II: Ingrid Eva Oliveira Ribeiro, Hanna Costa Nogueira
Área III: Arthur Siqueira Reis, Gustavo Mesquita de Abreu
Área IV: Pailina Azevedo de Amorim, João Carlos Figueiredo
Área V: Ana Caroline Alves de Carvalho, Maria Gabriella Patriota Paiva
Área VI: João Victor Villela de Souza, Mariana da Silva Borges
Área VII: Luiza Motta Campello, Mayck Andrew Silva Silveiro, Vítor Abreu Chaves
Área VIII: Paula Thais da Silva Nascimento, Raylline Ferreira da Silva
Área IX: Ana Flávia Romanholli de Pádua, Linda Beatriz da Silva Sales
Área X: João Gabriel Cavalcante Vieira, Manoel Lázaro Frazão Júnior
Área XI: Bianca Licassali Lucindo, Ricardo Vida e Silva
Área XII: Cintia Silva Soares, Mariana da Silva Gomes
Área XIII: Lívia Reily de Oliveira Gonçalves, Ricardo Avelino Costa



DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS

Número de Referência e Localização	
Amostra	20-IX-42
Unidade	Formação Quilombo, Membro Ribeirão da Porteira.
Localização	23 S, N 8153089, E 297467.
Descrição Macroscópica	
Cor	Preta a cinza escura fresca e marrom alterada.
Estruturas sedimentares	Laminação plano-paralela – visível variação de cor, Lâminas de 0,5 mm ma menos escuras intercaladas (visível na porção cortada).
Granulometria	Areia fina. A cor preta da amostra deve ser resultado do seu conteúdo de matriz. Areia (65%), matriz (35%). Grãos de qtz distinguíveis (Brilho vítreo).
Fósseis	Não tem.
Porosidade	Bem compactada. Não tem porosidade expressiva.
Dolomitização ou silicificação	Não apresenta.
Descrição Microscópica	
Textura	Predomínio de areia fina, subangulosa de alta esfericidade.
Componentes detríticos	Qtz monocristalino e policristalino 45%; Feldspato (Plagioclásio) < 5% - Areia fina a muito fina (0,25 a 0,06 mm), tamanho médio de 0,1 mm. Extinção reta a ondulante. Angulosos a subangulosos, normalmente de alta esfericidade. Distribuição uniforme. Matriz 50% - Matriz lamosa (silte + argila). Por vezes forma lâminas (compactação?), em que a matriz fica preta (maior concentração de argila?). Mica branca 2% -Areia fina a muito fina (0,15 a 0,05 mm), tamanho médio de 0,15 mm. Pequenas lamelas de uma mica branca fina (muscovita?). Distribuição uniforme.
Componentes químicos	
Fábrica	Pobremente selecionada. Há duas porções. Uma tem grãos de quartzo maiores e a matriz perde um pouco da sua porcentagem modal (pequena parte da lâmina, internamente uniforme). O restante da lâmina (a maior parte) é uniforme. De forma geral apresenta algumas fraturas que acompanham a laminação, mas não percorrem toda a lâmina. Contatos flutuantes e pontuais.
Composição	Qtz – 45%; Matriz lamosa - 50%; Feldspato - < 5%; Mica branca fina – 2%.
Normalização	Qtz – 94%; Feldspato – 6%.
Maturidade	Textural – Imatura; Composicional – Imatura.
Interpretação	
Área Fonte	Qtz plutônico e metamórfico. Intracratônica (Diagrama de Dickinson).
Área de deposição	Fluxo de baixa densidade. Fácies F8 de Mutti. Ambiente turbidítico.
Evolução Diagenética	Contatos flutuantes e pontuais. Há algumas lâminas onde se segregou a argila por compactação.
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Quartzo wacke.

Amostra



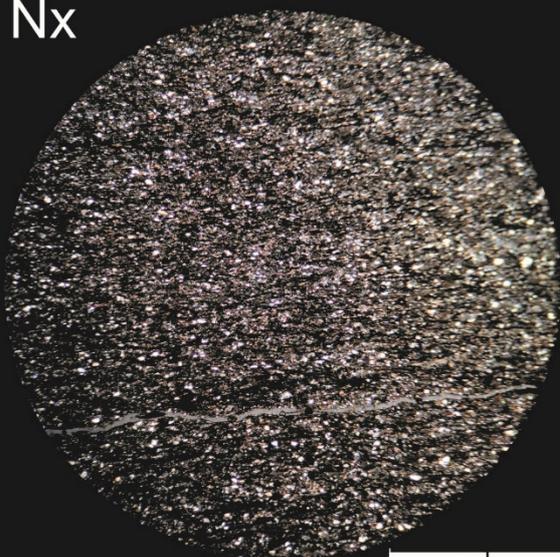
Fotomicrografias (4x)

N//



2 mm

Nx



2 mm

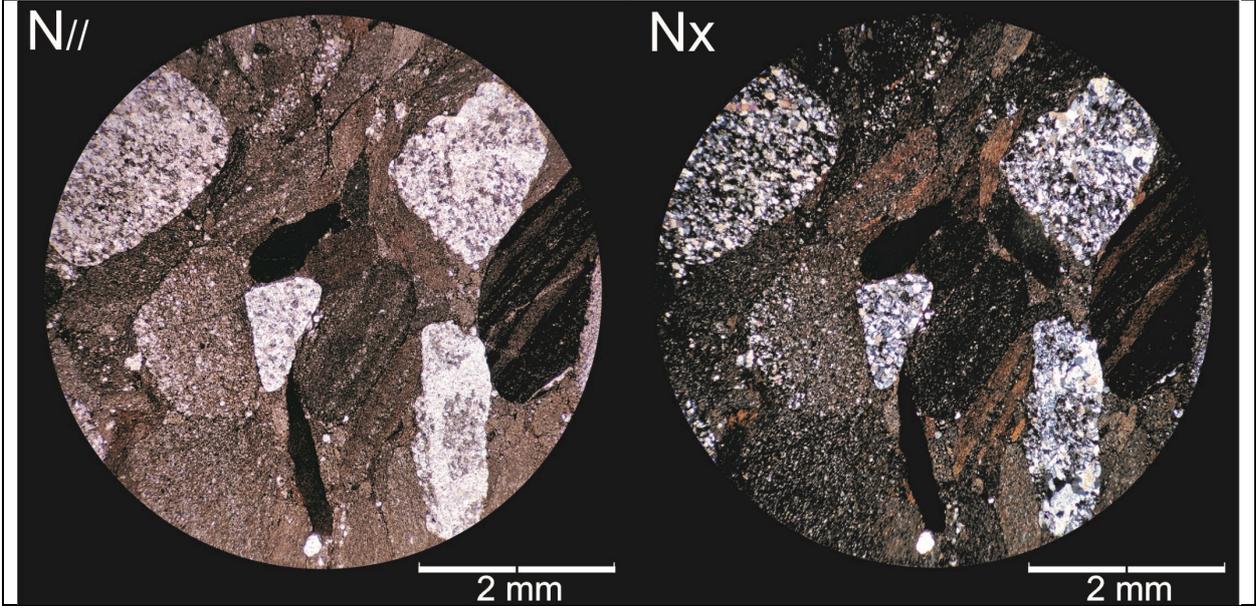
Número de Referência e Localização	
Amostra	20-IX-99
Unidade	Membro Ribeirão da Porteira, Formação Quilombo.
Localização	23 S, N 8250770, E 296175.
Descrição Macroscópica	
Cor	Cinza escuro fresco e marrom alterado.
Estruturas sedimentares	Imbricamento dos clastos.
Granulometria	Seixos de 15 a 4 mm, tamanho médio de 6 mm. Arredondados de baixa esfericidade. Também há grânulos principalmente de quartzo. Oligomítico – seixos de ardósia predominam, mas há seixos de arenito ou quartzito, e grânulos de quartzo. Grão suportado. Pouca matriz.
Fósseis	Não tem.
Porosidade	Baixa.
Dolomitização ou silicificação	Não apresenta.
Descrição Microscópica	
Textura	Predomínio de seixo, arredondado de baixa esfericidade
Componentes detríticos	Líticos de pelitos 55% – Seixo a grânulo (10 a 1,6 mm), tamanho médio de 4 mm. Arredondados, baixa esfericidades bem alongados. Distribuição uniforme. Quartzito 30% – Seixo a areia grossa (9,5 a 0,8 mm), tamanho médio de 3 mm. Arredondados, com esfericidades variantes – predominam os de baixa esfericidade. Distribuição uniforme. Qtz policristalino 5% – Areia grossa a areia média (1 a 0,48 mm), tamanho médio de 0,6 mm. Arredondados, baixa esfericidade. Extinções normalmente ondulantes. Distribuição uniforme. Qtz monocristalino 3% – Areia grossa a areia muito fina (0,6 a 0,08 mm), tamanho médio de 0,4 mm. Arredondados, com esfericidades variantes, normalmente os grãos de areia média a fina são esféricos. Extinção fortemente ondulante nos maiores grãos e reta a fracamente ondulante nos menores. Distribuição uniforme. Fragmentos líticos de folhelho (Biotita) 5% – Grânulos a areia média (2,4 a 0,4 mm), tamanho médio de 1,2 mm. Ripiformes, lamelas alongadas e por vezes deformadas com extinção ondulante. A maioria tem muitas inclusões de grãos de quartzo de areia muito fina a silte. Algumas têm lâminas com opacos ao longo das lamelas. Opacos 1% – Areia média a fina (0,3 a 0,1 mm), tamanho médio de 0,2 mm. Arredondados, alta esfericidade. Distribuição uniforme.
Componentes químicos	
Fábrica	Pobrememente selecionada. Clasto-suportado. Oligomítico. Imbricamento muito bem-marcado. Fábrica anisotrópica.
Composição	Fragmentos de pelitos – 55%; Fragmentos de quartzito – 30%; Qtz – 8%; Fragmentos de folhelho – 5%; Opc – 1%.
Normalização	Qtz – 9%; Líticos – 91%.
Maturidade	

Interpretação	
Área Fonte	Fragmentos líticos indicam pouca distância da área fonte. Qtz metamó predominante.
Área de deposição	Fluxo de alta densidade. Seria a fácies F3 de Mutti. Ambiente turbidítico.
Evolução Diagenética	Compactação caracterizada por contatos planares e deformação de micas.
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Ortoconglomerado oligomítico seixoso.

Amostra



Fotomicrografias (4x)



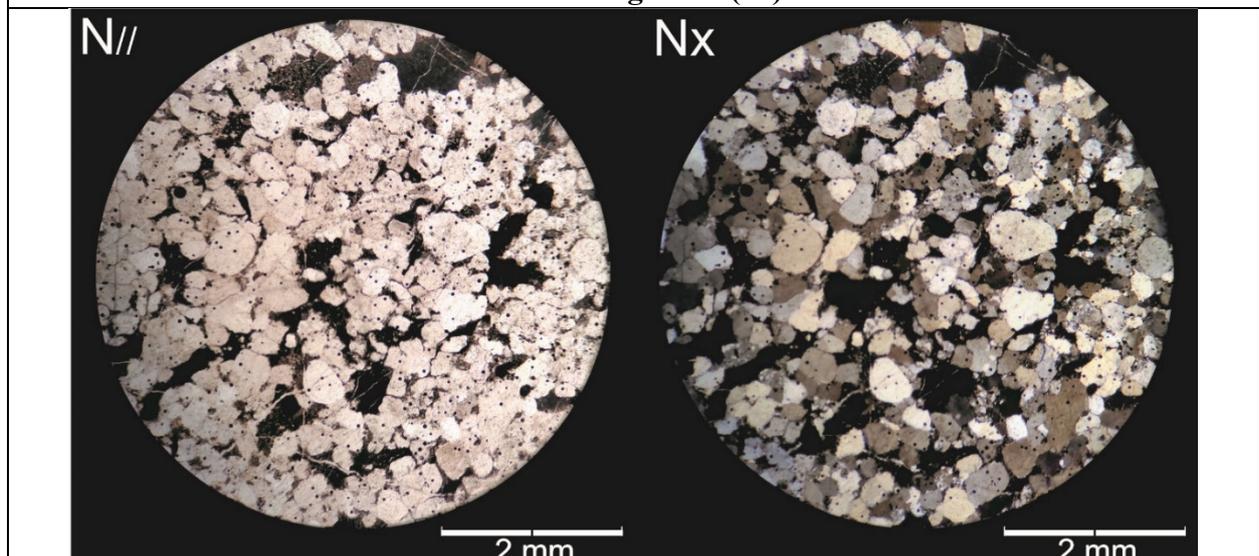
Número de Referência e Localização	
Amostra	20-VI-110
Unidade	Membro Ribeirão da Porteira, Formação Quilombo.
Localização	23 S, N 8161865, E 294313.
Descrição Macroscópica	
Cor	Preta/cinza escura quando fresca e marrom esverdeada quando alterada.
Estruturas sedimentares	Maciça. Fragmentos líticos imbricados.
Granulometria	Fragmentos líticos (15%) arredondados de baixa esfericidade, tamanho de grânulo a areia média. Qtz (70%) – grãos de brilho vítreo, de granulometria areia média a fina.
Fósseis	Não tem.
Porosidade	Muito baixa.
Dolomitização ou Silicificação	Cimento silicoso amorfo preenchendo fraturas e cavidades.
Descrição Microscópica	
Textura	Predomina areia média, arredondada de alta esfericidade.
Componentes detríticos	<p>Qtz – Na maior parte monocristalino, de extinção reta a suavemente ondulante. Areia média a muito fina (0,9 a 0,08 mm), tamanho médio de 0,5 mm. Normalmente arredondados de alta esfericidade. Distribuição uniforme. Contatos predominantemente côncavo-convexos a planares entre si.</p> <p>Fragmentos líticos – Fragmentos de rochas pelíticas com frequentes inclusões de grãos de areia fina a silte (essencialmente qtz). Contornos deformados. Compactação destruiu os contornos originais, formando contornos em cúspide. A deformação tornou os clastos em pseudomatriz, tornando em alguns casos a distinção entre fragmentos líticos e matriz difícil. Areia muito grossa a média (2 a 0,3 mm), tamanho médio de 1 mm.</p> <p>Feldspatos – Levemente alterados. Areia média a fina (0,4 a 0,1 mm), tamanho médio de 0,25 mm. Subangulosos de alta esfericidade. Distribuição uniforme.</p> <p>Opacos – Deformados por compactação. Formam uma pseudomatriz. Poucas ou nenhuma inclusão. Areia grossa a fina (1 a 0,2 mm), tamanho médio de 0,4 mm. Distribuição uniforme.</p> <p>Matriz – Pode estar sendo confundida com pseudomatriz, que na realidade seriam fragmentos líticos deformados. A matriz seria lamosa. Distribuição uniforme.</p>
Componentes químicos	Cimento silicoso – Preenche fraturas de aberturas menores que 1 mm e alguns poros e cavidades.
Fábrica	Pobrememente selecionada. Isotrópica. Contatos côncavo-convexos predominam (contatos entre os grãos de qtz). Componentes como líticos e opacos estão deformados.
Composição	<p>Qtz 75%;</p> <p>Feldspato 3%;</p> <p>Matriz lamosa 3%;</p> <p>Líticos 15%;</p> <p>Opacs 2%;</p> <p>Cimento silicoso 2%.</p>
Normalização	<p>Qtz 81%;</p> <p>Líticos 15%;</p>

	Feldspato 4%.
Maturidade	Textural – Imatura; Composicional – Imatura.
Interpretação	
Área Fonte	Próxima a área de deposição (fragmentos líticos de rochas pelíticas e feldspatos apenas levemente alterados). Predomina qtz plutônico (comum). Orógeno reciclado (Diagrama de Dickinson).
Área de deposição	Final do fluxo de alta densidade e início do fluxo de baixa densidade. Comparável as fácies F6 de Mutti. Ambiente turbidítico.
Evolução Diagenética	Compactação química alterou contato dos grãos parcialmente. Deformação dos fragmentos líticos pelíticos e opacos por compactação. Cimento silicoso preencheu a porosidade primária e secundária (veios e cavidades).
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Sublitarenito ou litarenito.

Amostra



Fotomicrografias (4x)



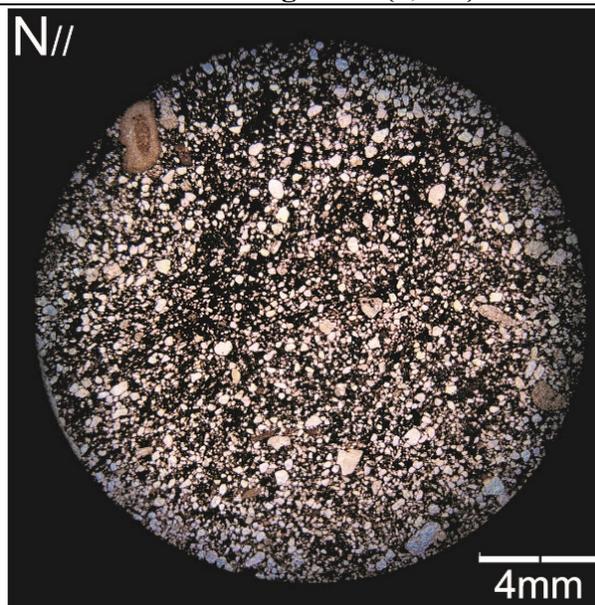
Número de Referência e Localização	
Amostra	20-XI-110
Unidade	Formação Quilombo, Membro Ribeirão da Porteira.
Localização	23 S, N 8146546, E 301281.
Descrição Macroscópica	
Cor	Preta a cinza escura fresca e marrom alterada.
Estruturas sedimentares	Maciça.
Granulometria	Arcabouço varia entre areia muito grossa a areia fina, tamanho médio é areia média; composta basicamente por Qtz (60), Fragmentos líticos (25%) e matriz (15%). Aparenta ter pouco feldspato.
Fósseis	Não tem.
Porosidade	Muito baixa.
Dolomitização ou silicificação	Não apresenta.
Descrição Microscópica	
Textura	Predomínio de areia média, subarredondada de baixa esfericidade.
Componentes detríticos	<p>Qtz monocristalino 40% – Areia muito grossa (1 mm) a areia muito fina (0,1 mm), tamanho médio de 0,3 mm. Subarredondados, e normalmente de baixa esfericidade. Extinção reta predomina (comum). Distribuição uniforme.</p> <p>Qtz policristalino 10% – Areia muito grossa (1,5 mm) a areia grossa (0,5 mm), tamanho médio de 0,8 mm. Arredondados de baixa esfericidade. Distribuição uniforme.</p> <p>Fragmentos líticos 35% (Rocha pelítica – sedimentar – lamito – ou metamórfica de baixo grau - Ardósia) – Grânulos (2,2 mm) a areia grossa (0,4 mm). Tamanho médio de 0,8 mm. Arredondados de baixa esfericidade. Bem alongados.</p> <p>Feldspato 2% – Areia grossa (0,6 a 0,3 mm), tamanho médio de 0,4 mm. Subangulosos de alta esfericidade. Distribuição uniforme. Bem alterados.</p> <p>Matriz 10% – argilosa na maior parte, impregnada por óxidos de ferro em uma porção. Concentrada nessas duas formas em porções distintas e bem-marcadas.</p> <p>Micas brancas 1% – Areia fina (0,15 mm) a areia muito fina (0,015 mm), tamanho médio de 1,2 mm. Bem finas. Distribuição uniforme. Deformadas por compactação mecânica.</p> <p>Opacos 7% – Aparentam ser óxidos de ferro. Grãos opacos com inclusões de silte (Outro tipo de fragmento lítico?) (dois grãos um de 1,6 mm e outro de 0,8 mm). Forma impregnações entre os grãos concentradas em uma porção da lâmina, meio que no lugar do que seria a matriz (Pseudomatriz).</p>
Componentes químicos	
Fábrica	Pobremente selecionada. Duas porções distintas com diferenças composicionais, uma com matriz lamosa e outra com impregnações ou pseudomatriz de óxido de ferro (Opaco avermelhado). Contatos são na maior parte planares, com ocorrência expressiva de côncavo-convexo. Há feições de deformação de micas por compactação. Fábrica isotrópica.
Composição	<p>Qtz 50%;</p> <p>Fragmentos líticos 35%;</p> <p>Feldspato 2%;</p> <p>Matriz lamosa 10%;</p> <p>Opacos 7%;</p>

	Micas brancas 1%.
Normalização	Qtz 57%; Feldspato 3%; Fragmentos líticos 40%.
Maturidade	Textural – Imatura-submatura.; Composicional – Imatura.
Interpretação	
Área Fonte	Orógeno reciclado (Diagrama de Dickinson); qtz plutônico predomina. Feldspatos bem alterados – maior distância da fonte, relativamente.
Área de deposição	Final do fluxo de alta densidade. Fácies F5 de Mutti. Ambiente turbidítico.
Evolução Diagenética	Impregnações/pseudomatriz de óxidos de Fe. Compactação evidenciada por contatos planares e côncavo-convexos e deformação de micas brancas finas.
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Wacke lítico ou Litoarenito.

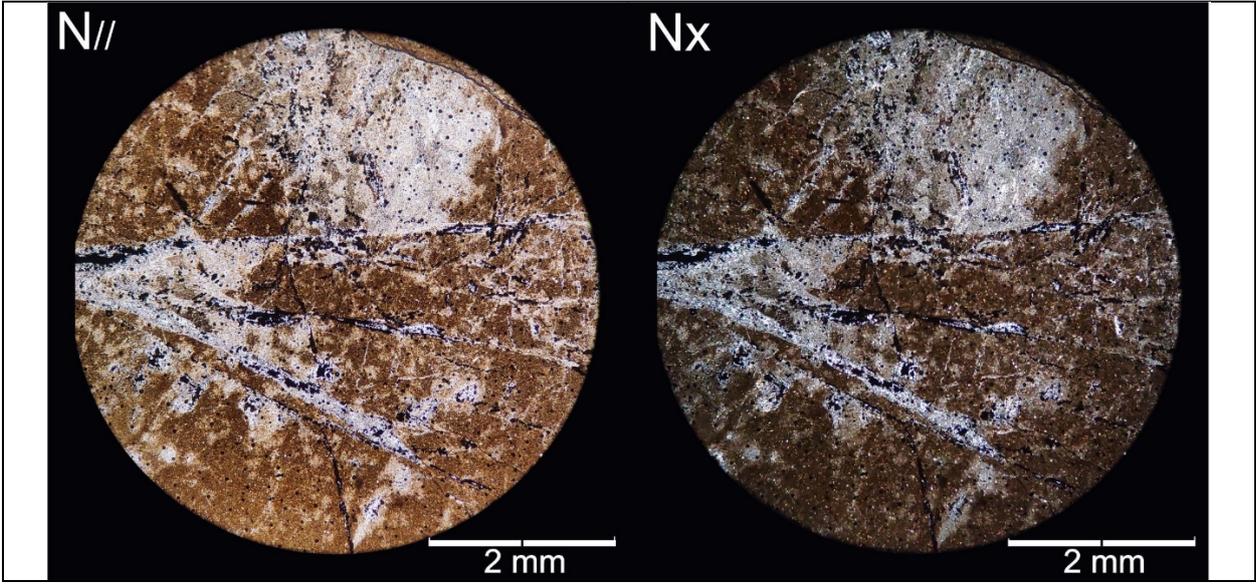
Amostra



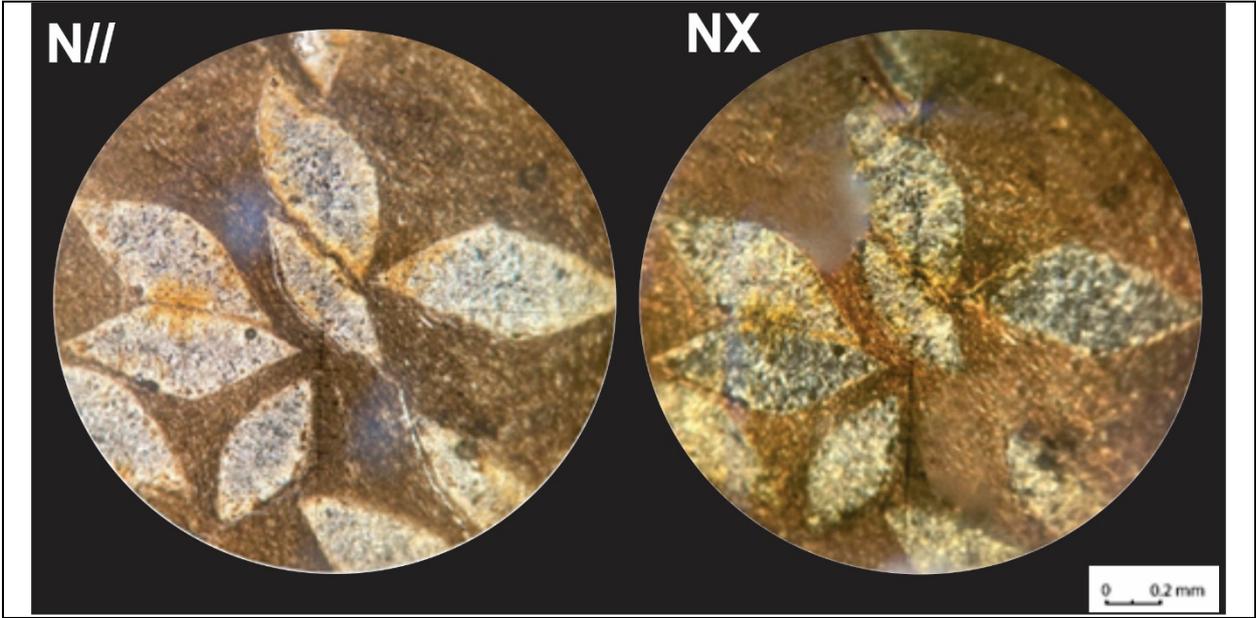
Fotomicrografias (1,25x)



Número de Referência e Localização	
Amostra	20-IV-16
Unidade	Membro Ribeirão do Franco, Formação Quilombo.
Localização	23 S, N 8167114, E 300621.
Descrição Macroscópica	
Cor	Marrom avermelhado/esverdeado quando fresca e tons de vermelho e amarelo quando alterada.
Textura	Afanítica, granulação vítrea/densa.
Estrutura	Compacta, densa.
Dolomitização ou silicificação	Veios de cimento silicoso de granulação densa.
Descrição Microscópica	
Textura	Hipocrystalina (criptocrystalina), inequigranular (cristalitos da matriz e qtz de granulação fina), xenomórfica, trama isotrópica. Caracterizada por conter essencialmente cristalitos e vidro com alguns microcristais de qtz. Há vários veios e cavidades preenchidos por cimento silicoso criptocrystalino.
Fábrica	Isotrópica. Distribuição uniforme dos componentes entre si.
Composição	Vidro 55% - Matriz escura; Cristalitos 30% - prismáticos alongados – bastões; Qtz 5% - anedral, tamanho de 0,3 a 0,04 mm; Cimento silicoso 10%.
Interpretação	
Resfriamento super-rápido.	
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Vulcânica intermediária.
Amostra	
	
Fotomicrografias (4x)	



Número de Referência e Localização	
Amostra	20-II-108a
Unidade	Membro Ribeirão do Franco, Formação Quilombo.
Localização	23 S, N 8173166, E 297669.
Descrição Macroscópica	
Cor	Cinza esverdeada quando fresca e preta quando alterada.
Textura	Vitrofirica, caracterizada por alguns (pseudo)fenocristais brancos visíveis.
Estrutura	Compacta/fluidal - caracterizada por alguns bandamentos.
Dolomitização ou silicificação	Veios e cavidade preenchidos por cimento silicoso.
Descrição Microscópica	
Textura	Hipocristalina (crisptocristalina), inequigranular (cristalitos e microcristais de qtz), xenomórfica, trama isotrópica. Caracterizada por uma matriz composta essencialmente por vidro e cristalitos e com microamídalas preenchidas por microcristais de qtz.
Fábrica	Microcristais sem orientação preferencial. Há algumas lâminas com maior conteúdo de óxidos. Microamídalas parecem ter orientações em alguns casos.
Composição	Vidro 50%. Cristalitos 30% – granulação densa. Microamídalas qtz 15% – granulação fina (0,3 a 0,1 mm, tamanho predominante de 0,25 mm). Óxidos 5% - misturados na matriz.
Interpretação	
Resfriamento super-rápido. Microamídalas indicaria vulcanismo subacoso.	
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Vulcânica intermediária.
Amostra	
	
Fotomicrografias (4x)	



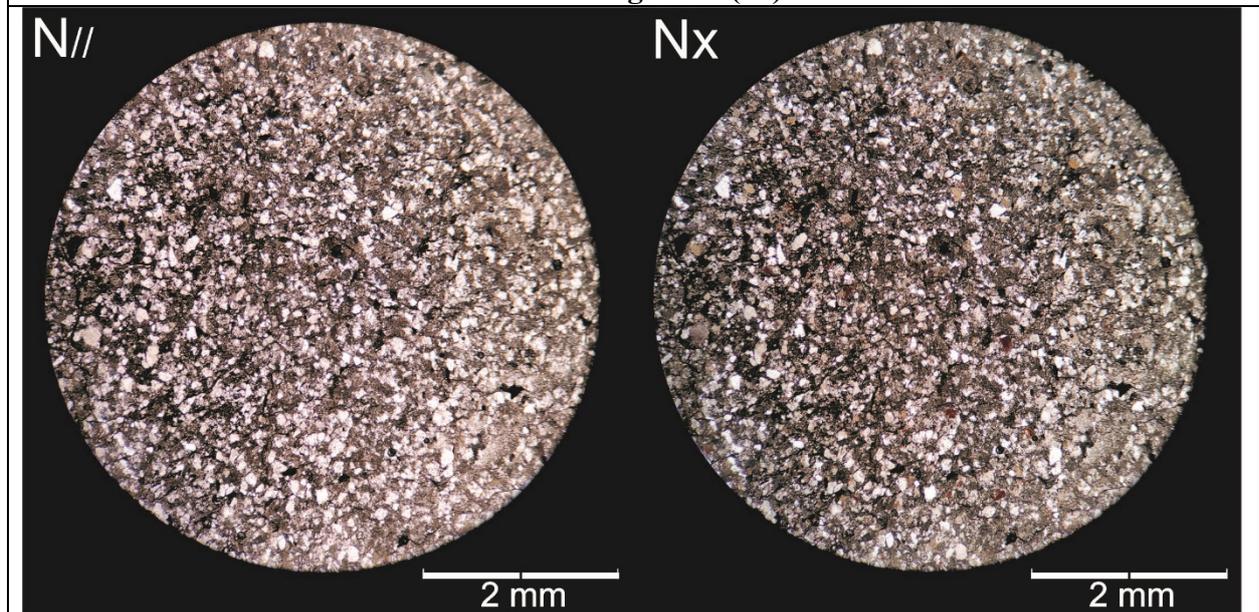
Número de Referência e Localização	
Amostra	20-XI-116
Unidade	Formação Quilombo, Membro Ribeirão do Franco.
Localização	23 S, S 8147300, E 297748.
Descrição Macroscópica	
Cor	Preto fresco e marrom escuro alterado
Estruturas sedimentares	Laminações contínuas a descontínuas irregulares. Intercalação entre lâminas pretas (espessura de 2 a 10 mm, média de 6 mm, moda de 7 mm) e cinza escuras (espessura de 1 a 6 mm, média de 2 mm, moda de 2 mm).
Granulometria	Areia fina, composta por qtz (70%). Matriz escura (30%).
Fósseis	Não tem.
Porosidade	Baixa.
Dolomitização ou silicificação	Não apresenta.
Descrição Microscópica	
Textura	Predomínio de areia fina, subanguloso, esfericidade variante
Componentes detríticos	Qtz monocristalino 50 % – Areia fina (0,2 mm) a silte (0,01 mm), tamanho médio de 0,12 mm. Subangulosos, esfericidade variante com predomínio de alta. Extinção reta a ondulante (Comum e metamórfico). Distribuição uniforme por toda a lâmina. Qtz policristalino 10% – Areia média (0,5 mm) a areia fina (0,2 mm), tamanho médio de 0,4 mm. Subarredondados a subangulosos, esfericidade variante. Distribuição concentrada em certos níveis e uniformemente dispersa na lâmina. Feldspato 3% – Areia média (0,3 mm) a silte (0,1 mm), tamanho médio de 0,15 mm. Subangulosos, baixa esfericidade. Sericitizados, geminações simples e polissintéticas. Distribuição uniforme. Opacos 2% – Areia fina (0,2 mm) a silte (0,03 mm), tamanho médio de 0,16 mm. Formas variam bastante, no geral são arredondados de alta esfericidade. (Detritico ou químico?). Matriz 35% – Argilosa, algumas micas bem finas dispersas.
Componentes químicos	
Fábrica	Pobremente selecionada. Há porções com mais opacos e porções com menos opacos – lâminas mais ou menos escuras. Contatos dos grãos são pontuais, planos e flutuantes, dependendo da porção em que estão. Há domínios em que os grãos de qtz policristalino estão segregados, nesses locais os contatos têm formas mais planares. Onde se concentra mais matriz, os grãos podem ou não se tocar, mostrando contatos pontuais e flutuantes. De forma geral, a fábrica é isotrópica.
Composição	Qtz – 60%; Feldspato – 3%; Matriz argilosa – 35%; Opacos – 2%.
Normalização	Qtz – 95%; Feldspato – 5%.
Maturidade	Textural – Imatura; Composicional – Imatura.
Interpretação	
Área Fonte	Intracratônica (Diagrama de Dickinson), qtz de origem ígnea e metamórfica.

Área de deposição	Fluxo de baixa densidade. Fácies F7 ou F8 de Mutti. Ambiente turbidítico.
Evolução Diagenética	Filmes opacos podem ter surgido com a deformação por compactação de opacos. Contatos planares são outra evidência da compactação.
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Grauvaca quartzosa ou quartzo wacke.

Amostra

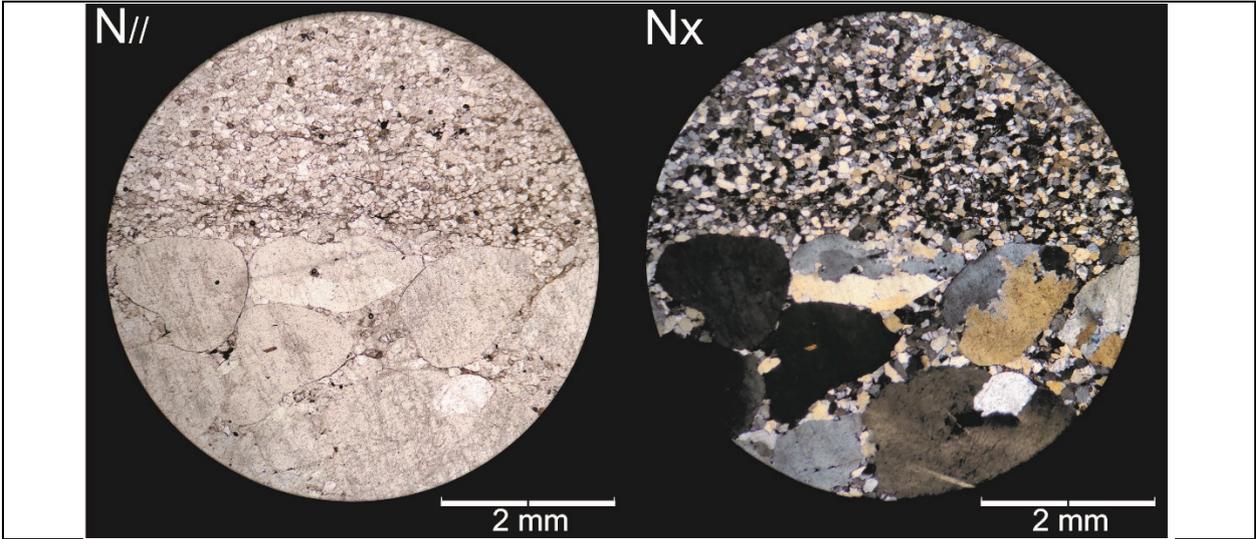


Fotomicrografias (4x)



Número de Referência e Localização	
Amostra	20-XIV-32a
Unidade	Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá.
Localização	23 S, N 8136340, E 294254.
Descrição Macroscópica	
Cor	Cinza clara fresca e marrom avermelhada alterada.
Estruturas sedimentares	Maciço. Discordância entre as duas camadas.
Granulometria	<i>Porção 1</i> (Camada de 2 cm): Areia muito grossa, subarredondados de alta esfericidade. Compostos principalmente por Qtz (90%) e Feldspatos (<10%); <i>Porção 2</i> : Areia fina (Camada de 2 cm) – textura sacaroidal. Composta quase exclusivamente por qtz.
Fósseis	Não tem.
Porosidade	Baixa.
Dolomitização ou silicificação	Silicificada.
Descrição Microscópica	
Textura	Porção 1 – Bimodal, predomínio de areia muito grossa, arredondada de esfericidade variante. Porção 2 – Unimodal, predomínio de areia fina.
Componentes detríticos	<i>Moda 1</i> Qtz monocristalino 65%: Grânulo a areia grossa (3 a 1,2 mm), tamanho médio de 1,6 mm. Arredondados, de esfericidade variante – predomínio de alta. Extinção ondulante. Sobrecrescimento. Distribuição uniforme internamente na porção bimodal. Qtz policristalino 30%: Grânulo a areia grossa (3 a 0,8 mm), tamanho médio de 1,4 mm. Sobrecrescimento. Extinção ondulante. Distribuição uniforme internamente na porção bimodal. Feldspatos 5%: Areia muito grossa a areia grossa (1,8 a 0,6 mm), tamanho médio de 1,6 mm. Arredondados, de baixa esfericidade. Microclínio e Plagioclásio. Distribuição uniforme internamente na porção bimodal. <i>Moda 2</i> Qtz monocristalino 96%: Areia média a fina (0,2 a 0,08 mm), tamanho médio de 0,1 mm. Extinção reta. Distribuição uniforme. Feldspato 3%: Areia média a fina (0,2 a 0,1 mm), tamanho médio de 0,1 mm. Distribuição uniforme. Mica branca 1%: Areia média a fina (0,2 a 0,05), tamanho médio de 0,08 mm. Distribuição uniforme.
Componentes químicos	Cimento de sobrecrescimento (qtz) 2%.
Fábrica	Pobremente selecionada. Há duas porções, uma bimodal e outra unimodal. Internamente as porções são uniformes. Porção Bimodal corresponde a 67% da lâmina. Porção unimodal (composta exclusivamente pela moda 2) corresponde a 33%. Dentro da porção bimodal a moda 1 corresponde a 70% e a moda 2 30%.
Composição	Qtz – 95%; Feldspato (microclínio e plagioclásio) – 4%; Mica branca fina – 1%.
Normalização	Qtz – 96%;

	Feldspato – 4%.
Maturidade	Textural – Submatura/Matura; Composicional – Matura.
Interpretação	
Área Fonte	Qtz de origem plutônica e metamórfica; KF – microclínio (granito ou gnaisses). Intracratônica (Diagrama de Dickinson).
Área de deposição	Canal de fundo que recorta plataforma mista (carbonática e siliciclástica).
Evolução Diagenética	Sobrecrescimento, deformação de micas, contatos planares a côncavo-convexos, alguns limites entre grãos de quartzo podem ter contatos suturados também – Atingiu compactação química.
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Subarcóseo muito grosso com grânulos.
Amostra	
	
Fotomicrografias (4x)	



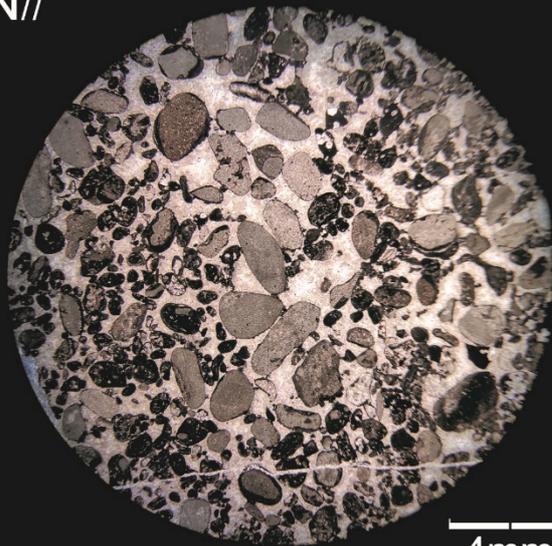
Número de Referência e Localização	
Amostra	TF-20-XIII-32B
Unidade	Grupo Paranoá – Formação Córrego do Barreiro.
Localização	23K / 299036 – 8138608.
Descrição Macroscópica	
Cor	Cinza escuro com alguns domínios cinza médio quando fresca e quando alterada é castanho escuro.
Estruturas sedimentares	Esteiras microbianas sinuosas a descontínuas.
Granulometria	em geral apresenta granulometria fina e os intraclastos tamanho milimétrico que não se tocam.
Fósseis	Organismos bioconstrutores microscópicos.
Porosidade	Poros formados por dissolução.
Dolomitização ou silicificação	Totalmente dolomitizada.
Descrição Microscópica	
Textura	Intraclastos micríticos com tamanhos 0,4mm – 3mm, bem arredondados e com esfericidade baixa. Os intraclastos são envelopados micrítica descontínua ao longo da superfície do grão; Intraclastos de esteiras algais (microbianas) com tamanhos entre 0,6mm – 1mm, bem arredondados e com baixa esfericidade; Intraclastos com tamanhos 0,8mm – 2mm, bem arredondados e de esfericidade baixa. Os intraclastos são compostos por esteiras algais, oncólitos, intraclastos micríticos e cristais de dolomita eudral de aproximadamente 0,1mm. Oncólitos de tamanho entre 0,8mm – 1,4, bem arredondados e com esfericidade baixa.
Fábrica	Fábrica suportada por cimentos (esparita), mas com alguns contatos pontuais entre os intraclastos.
Composição	Intraclastos micríticos: 55%; Intraclastos de esteiras algais: 5%; Intraclastos de composição variada: 40%; Oncólitos: 2%.
Interpretação	
Evolução Diagenética	Os intraclastos indicam retalhamento de rochas carbonáticas, posteriormente os intraclastos se depositaram em meio a micrita, recristalizada para cimento (esparito) durante a diagênese.
Importância Econômica	Rochagem.
Classificação	Intradoloesparudito com oncólitos. Grainstone intraclástico com oncólitos.
Amostra	



Fotomicrografias (1,25X)

N//

Nx



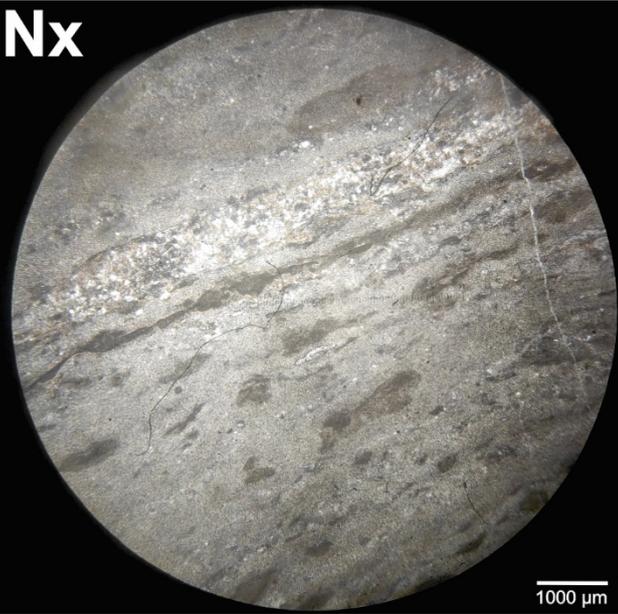
4mm



4mm

Número de Referência e Localização	
Amostra	20-XIV-32B
Unidade	Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá.
Localização	23 S, N 8136340, E 294254.
Descrição Macroscópica	
Cor	Cinza médio fresca, marrom escuro alterada.
Estruturas sedimentares	Bioconstruída, esteiras microbianas curvadas (amostra muito pequena para a distinção do tipo de esteira, pode ser colunar ou dômico).
Granulometria	Fina - Organismos bioconstrutores microscópicos.
Fósseis	Organismos bioconstrutores microscópicos.
Porosidade	Baixa. Fenestras e/ou cavidades preenchidas por cimento calcítico.
Dolomitização ou silicificação	Dolomitização.
Descrição Microscópica	
Textura	Dolomita 93% – organismos bioconstrutores microscópicos. Cimento isopaco 5% - Calcita? Detritos siliciclásticos finos (silte/argila) 2%.
Fábrica	Bioconstruída. Esteiras mais ou menos escuras (descontínuas) intercaladas. Fenestras preenchidas por cimento isopaco, provavelmente calcita. As fenestras são paralelas as esteiras. Há poucas lâminas com grãos detríticos finos bem espaçados.
Composição	Dolomita – 93%; Calcita – 5%; Silte/argila - 2%.
Interpretação	
Evolução Diagenética	Porosidade primária preenchida por cimento – fenestras com calcita. Dolomitização eodiagenética. Durante alguns períodos houve pouca contribuição siliciclástica.
Importância Econômica	Rochagem.
Classificação	Boundstone. Estromatólito.
Amostra	
	
Fotomicrografias (2,5X)	

Nx

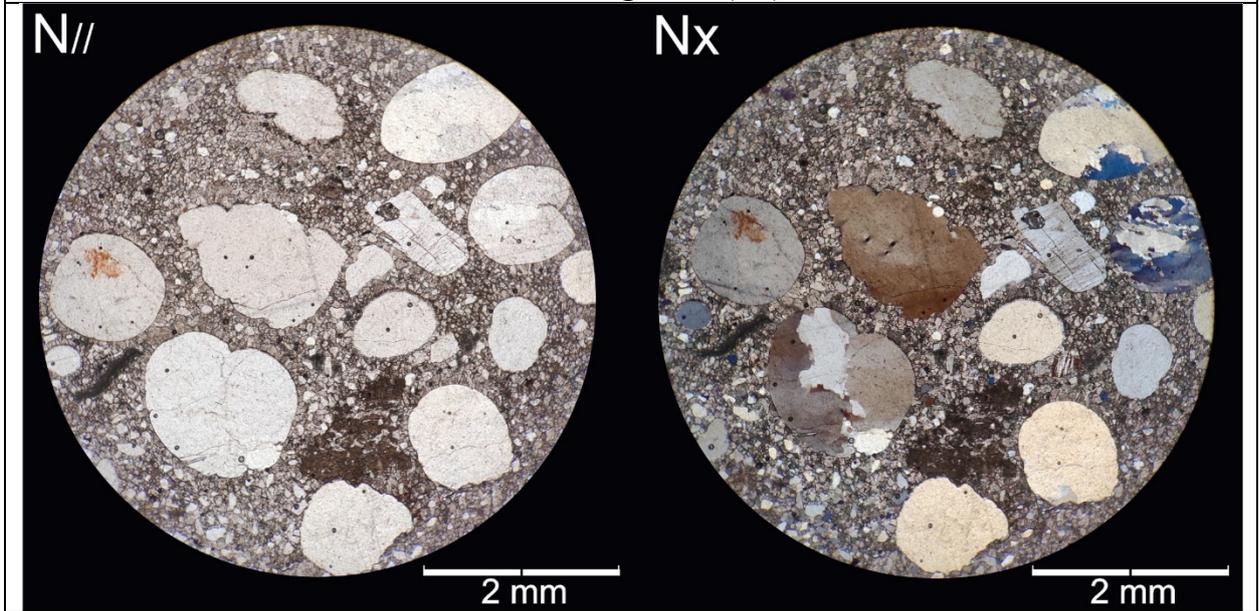


1000 μm

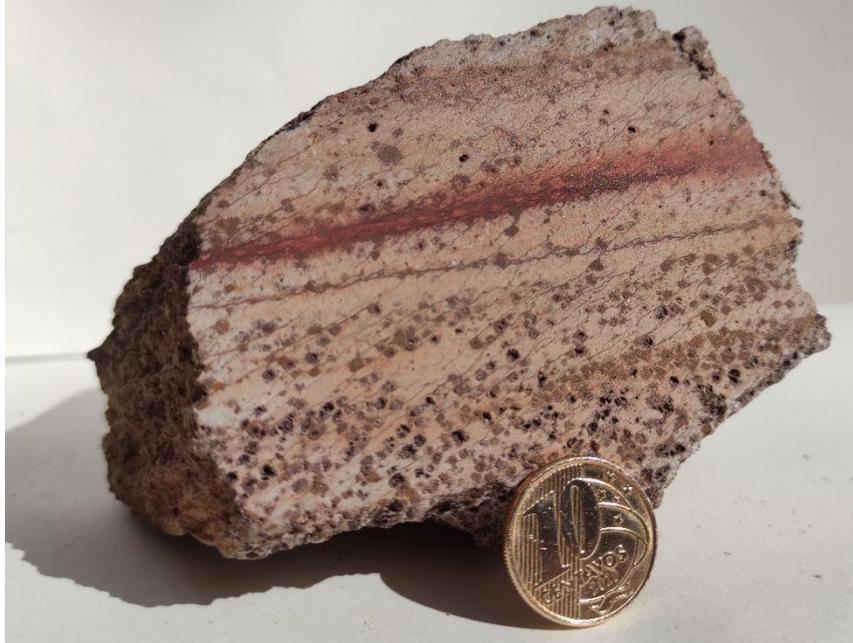
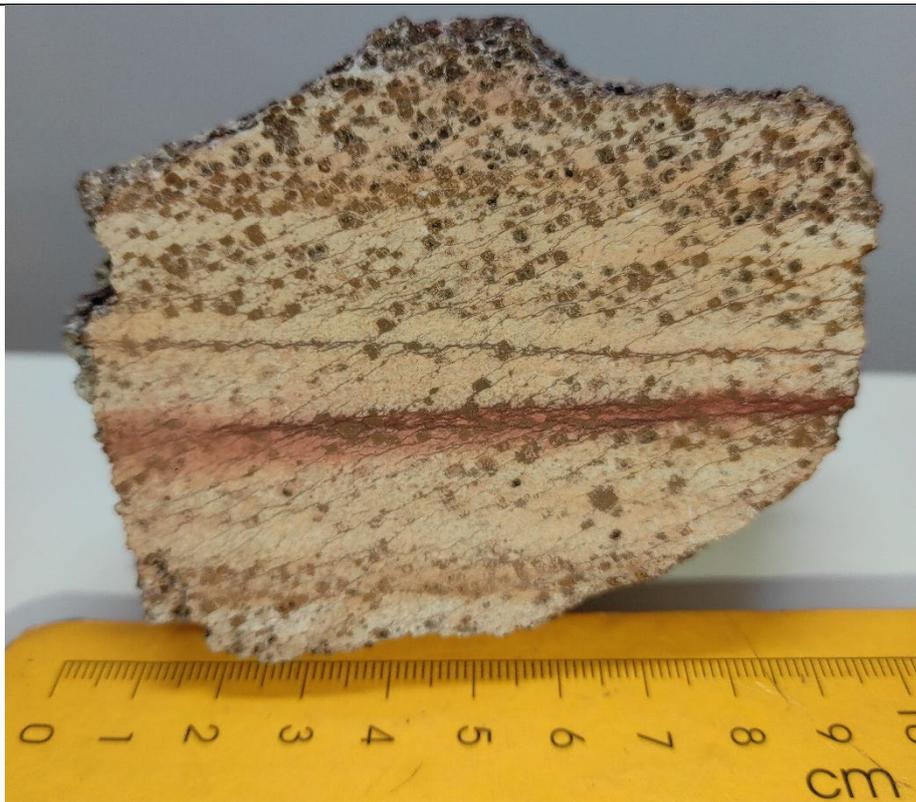
Número de Referência e Localização	
Amostra	TF-20-XI-125
Unidade	Grupo Paranoá – Formação Córrego do Barreiro.
Localização	23S N 8145404, E 296055.
Descrição Macroscópica	
Cor	Cinza a marrom quando fresca e quando alterada é amarela a castanho escuro.
Estruturas sedimentares	Intercalação de níveis com variação de extraclastos.
Granulometria	A porção constituída por grãos de areia apresenta granulometria areia grossa a localmente seixo. A porção carbonática é composta por micrita pouco recristalizada.
Fósseis	Não tem.
Porosidade	Preenchida por cimento.
Dolomitização ou silicificação	Dolomitização.
Descrição Microscópica	
Textura	O carbonato presente é formado por micrita pouco recristalizada, com tamanho 0,03 a 0,1 mm. Em geral, esta micrita envolve os extraclastos. Os extraclastos são representados por grãos de quartzo com 0,08 a 3,6 mm, alta esfericidade, subarredondados a arredondados. Alguns grãos apresentam extinção ondulante moderada a forte e; os grãos de feldspato (plagioclásio/microclínio) têm tamanho de 0,3 mm e apresentam maclas polisintéticas.
Fábrica	Trama anisotrópicas – nota-se uma secreção dos extraclastos, onde há domínios que os extraclastos estão envoltos de micrita e há níveis que eles são clastos-suportados. A micrita é o componente principal da lâmina e se apresenta com grau de recristalização baixo.
Composição	Micrita (75%); Quartzo (24%); Feldspato (1%).
Interpretação	
Evolução Diagenética	Períodos de maior aporte siliciclásticos na plataforma, ocasionando um caráter misto a ela. Micrita recristalizada durante a diagênese. Qtz de origem ígnea e metamórfica.
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Dolomicalutito com extraclastos de quartzo e feldspato. Wackstone extraclástico, localmente packstone.
Amostra	



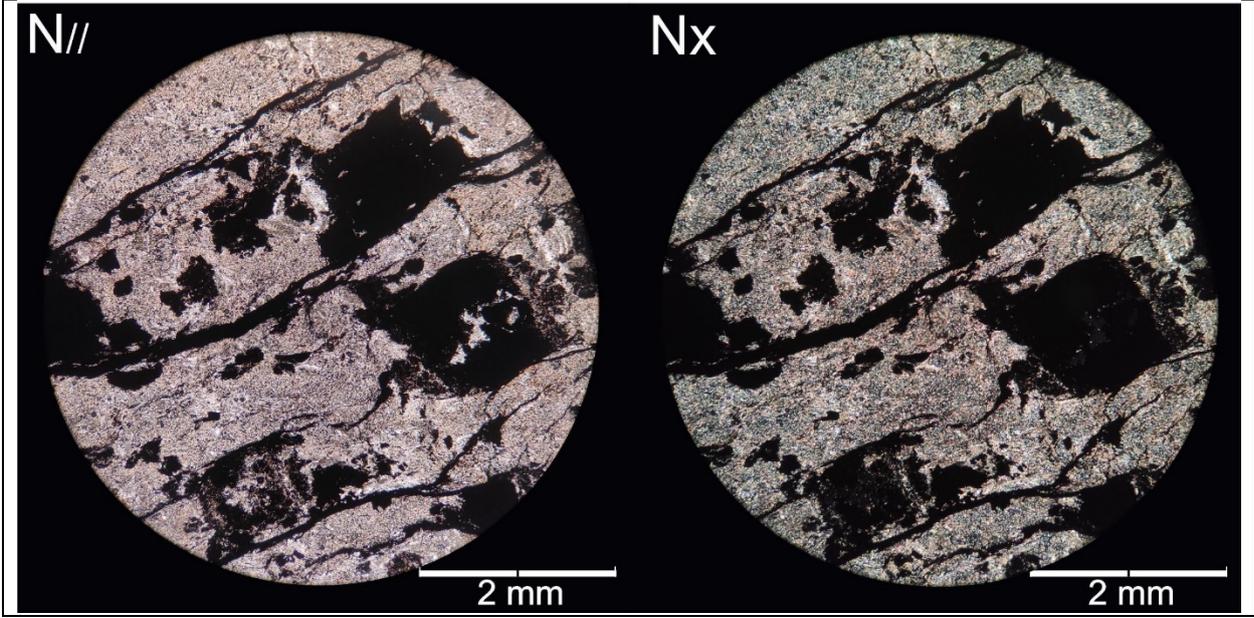
Fotomicrografias (4X)



Número de Referência e Localização	
Amostra	20-XIV-28
Unidade	Formação Serra do Landim, Grupo Canastra.
Localização	23 S, N 8134788, E 292628.
Descrição Macroscópica	
Cor	Branca rosada/avermelhada quando fresca e capa de alteração marrom.
Textura	Porfiroblástica (grãos de 2 mm de formas cúbicas alterados para óxido de ferro, em meio à matriz de granulação fina - fengita). Porfiroblastos ou pseudoporfiroblastos com sombras de pressão. Trama – Bandas com os pseudoporfiroblastos abundantes intercaladas com de menor abundância ou sem eles. Sombras de pressão marcam uma foliação que corta o acamamento.
Estrutura	Foliação filítica.
Porosidade	Cavidades onde os pseudoporfiroblastos foram removidos.
Descrição Microscópica	
Textura	Matriz de granulação muito fina (tamanho médio de 0,05 mm), composta por Chl e fengita. Poderia ter sido lepidoblástica, mas a orientação da fengita e da clorita não é mais tão evidente e marcada.
Fábrica	Anisotrópica. Duas foliações - Orientação da fengita - Ss, orientação das sombras – Sp.
Composição	Fengita 60% – tamanho médio de 0,05 mm, pequenas lamelas Chl 10% – tamanho médio de 0,05 mm (muito alterada, talvez nem contenha). Pseudomorfos de pirita + sombras de pressão 30% – opacos, 2 a 1 mm, tamanho predominante de 1,5 mm.
Interpretação	
Zona da clorita: Chl-Fengita-qtz-ab. Protolito: Pelito piritoso, ambiente anóxico de circulação limitada.	
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Filito com pseudomorfos de pirita.
Amostra	



Fotomicrografias (4X)

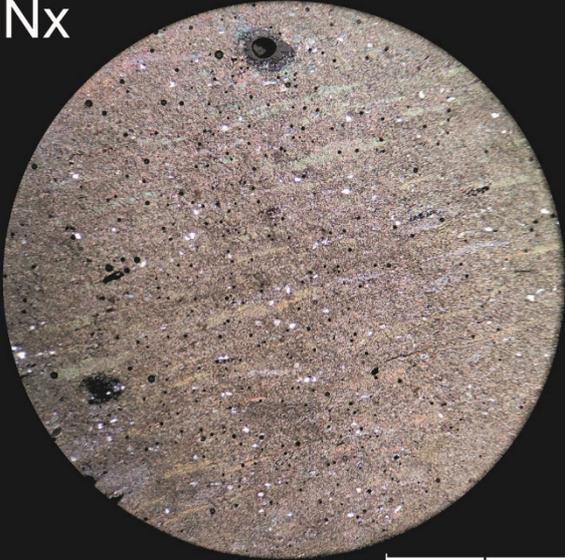


Número de Referência e Localização	
Amostra	20-XIII-33
Unidade	Formação Serra do Landim, Grupo Canastra.
Localização	23 S, N 8138942, E 291812.
Descrição Macroscópica	
Cor	Cinza clara /esverdeada fresca.
Textura	Granulação muito fina, Lepidoblástica.
Estrutura	Foliação filítica.
Porosidade	Muito baixa.
Descrição Microscópica	
Textura	Lepidoblástica, caracterizada pela orientação paralela de micas brancas finas (fengita) e clorita. Granulação fina.
Fábrica	Minerais lamelares orientados plano-paralelamente.
Composição	Fengita 55% – tamanho de 0,01 mm em média; Clorita 34% - tamanho médio de 0,01 mm em média; (Albita)Plagioclásio 3% - tamanho de 0,05 a 0,02 mm; Qtz 3% - tamanho de 0,06 a 0,03 mm; Opaco vermelho 5% - tamanho de 0,6 a 0,2 mm.
Interpretação	
Paragênese: Chl-Fengita-qtz-ab – Zona da clorita (Metamorfismo regional). Protólito: Pelito.	
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Clorita-fengita filito.
Diagrama	
Amostra	

Fotomicrografias (4X)

N//

Nx



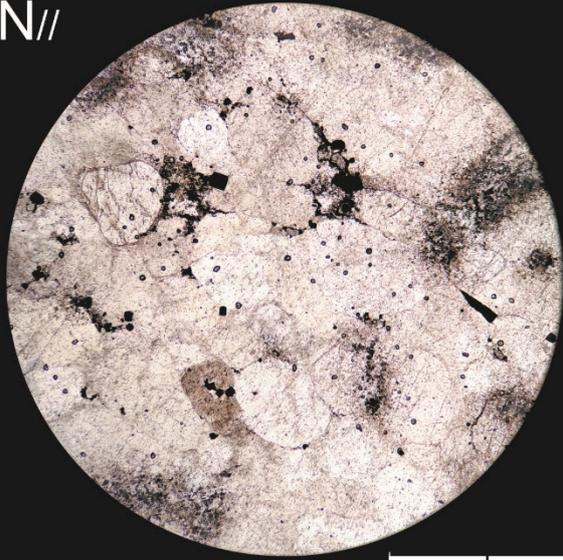
2 mm

2 mm

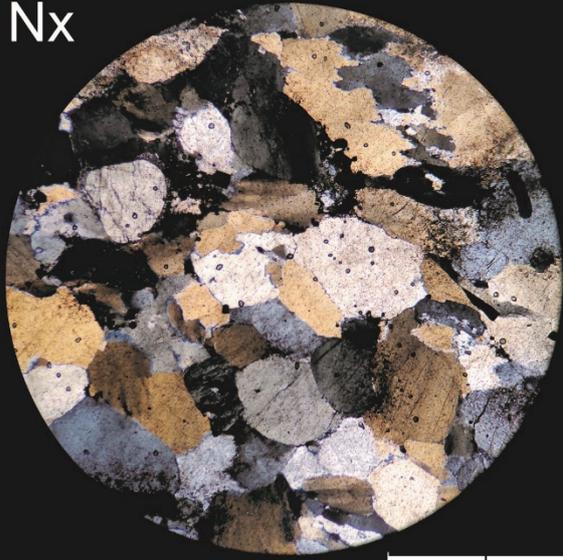
Número de Referência e Localização	
Amostra	20-XII-54
Unidade	Formação Serra do Landim, Grupo Canastra.
Localização	23 S, N 81422507, E 292997.
Descrição Macroscópica	
Cor	Cinza clara fresca e marrom avermelhado alterada.
Textura	Granulação grossa, textura granoblástica, Maciça. Qtz 80%; Feldspatos 10%; Pirita cúbica 5%; Mineral? Preto 3% – forma filmes contornando grãos.
Estrutura	Maciça.
Porosidade	Baixa.
Descrição Microscópica	
Textura	Granoblástica poligonal – junções tríplexes. De forma restrita é denteada. Granulação grossa. Qtz 85% – (3,2 a 0,2 mm, tamanho médio de 1,5 mm) anedral. Forma junções tríplexes e de forma restrita contatos lobulares e denteados. Microclínio 10% – (1,8 a 0,3 mm, tamanho médio de 1 mm) subedral e anedral. Plagioclásio 1% – (0,92 mm) anedral. Pirita 3% – (0,64 a 0,08 mm, tamanho médio de 0,2 mm) Euedral. Filme opaco 1% - Ocorre entre as bordas dos grãos.
Fábrica	Isotrópica e maciça.
Composição	Qtz – 80%; Microclínio – 10%; Plagioclásio – 1%; Pirita – 3%; Filme opaco – 1%.
Interpretação	
Por ocorrer conjuntamente ao filito, interpretamos estar na zona da clorita.	
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Quartzito.
Amostra	
	

Fotomicrografias (4X)

N//

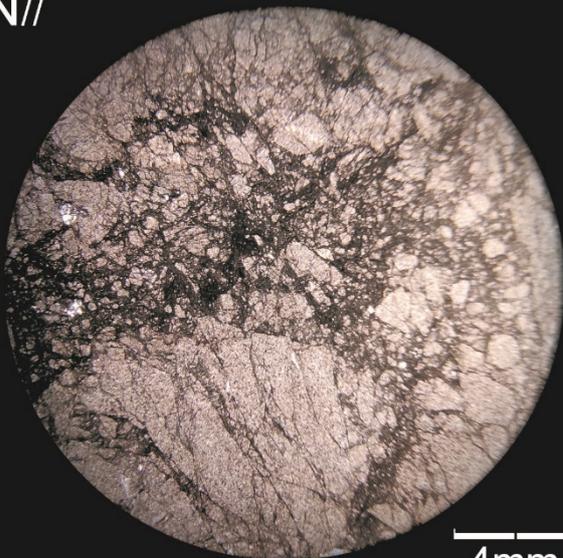


Nx



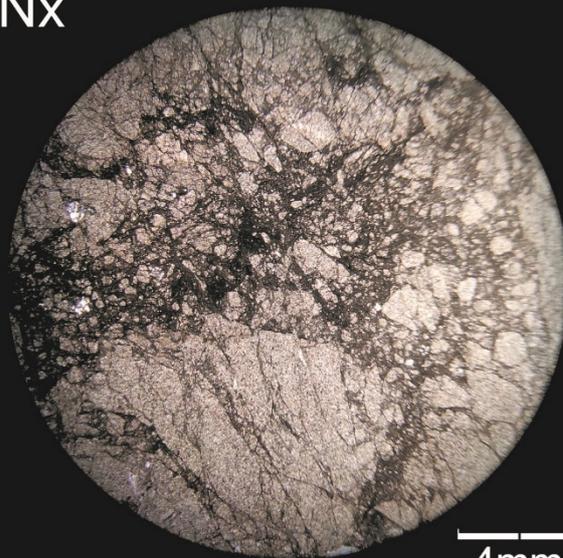
Número de Referência e Localização	
Amostra	20-X-117
Unidade	Formação Serra do Landim, Grupo Canastra.
Localização	23S, N 8147174, E 291327.
Descrição Macroscópica	
Cor	Cinza escuro, com alguns domínios cinza claro gerados por devido a recristalização do material carbonático.
Textura	Granulação muito fina.
Estrutura	Maçica.
Porosidade	Muito baixa.
Dolomitização ou silicificação	Veios de cimento silicoso.
Descrição Microscópica	
Textura	Clastos carbonáticos (dolomita) de granulação 0,5 a 1,5 mm, associados a domínios granoblásticos. Próximo a zonas brechadas, a dolomita apresenta granulação bem fina (0,1 mm) e compõe majoritariamente esses domínios, com eventual presença de quartzo de granulação (0,05).
Fábrica	Isotrópica e maciça.
Composição	Carbonato (dolomita) - 98%; quartzo - 2%.
Interpretação	
A rocha é composta por uma paragênese formada principalmente por carbonato, e subordinadamente por quartzo, o que indica uma associação de minerais primários oriundos de metamorfismo de um protolito essencialmente carbonático em fácies inferiores a xisto-verde ou de áreas anquimetamórficas.	
Importância Econômica	Desconhecida.
Classificação	Mármore dolomítico de granulação fina brechado.
Amostra	
	
Fotomicrografias (1,25)	

N//



4mm

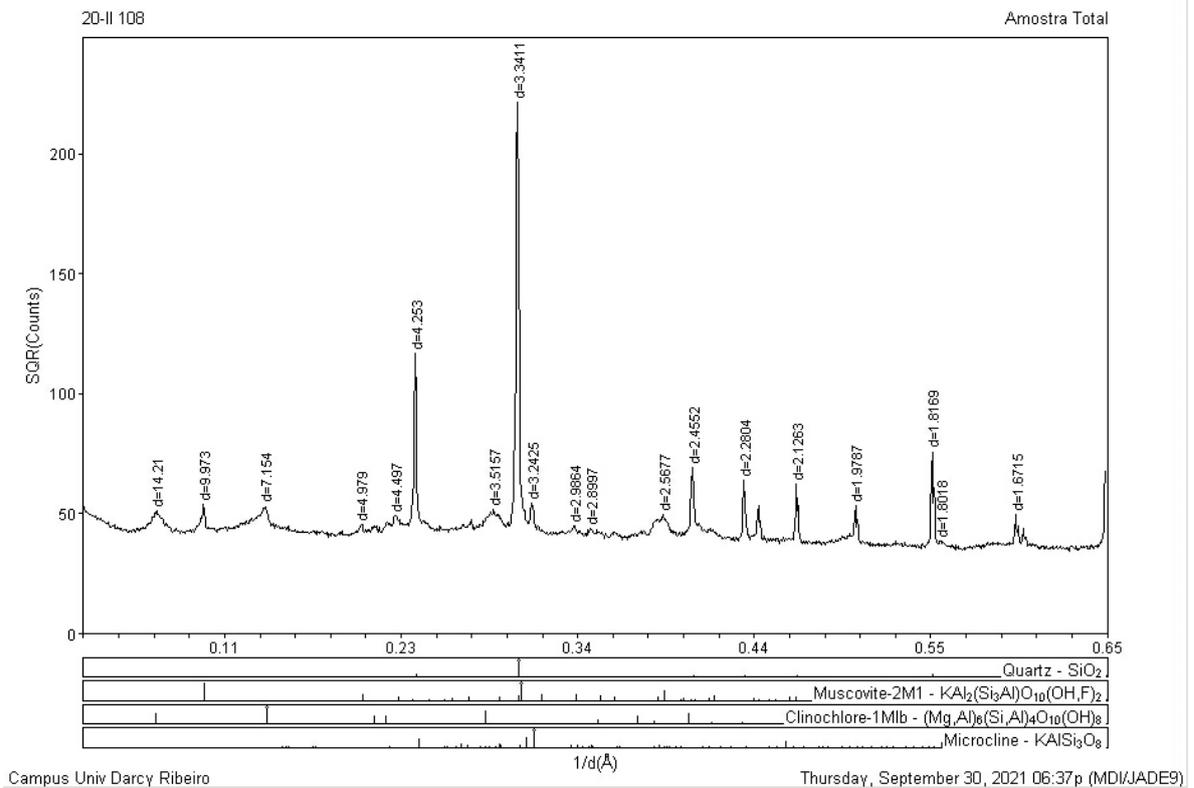
Nx



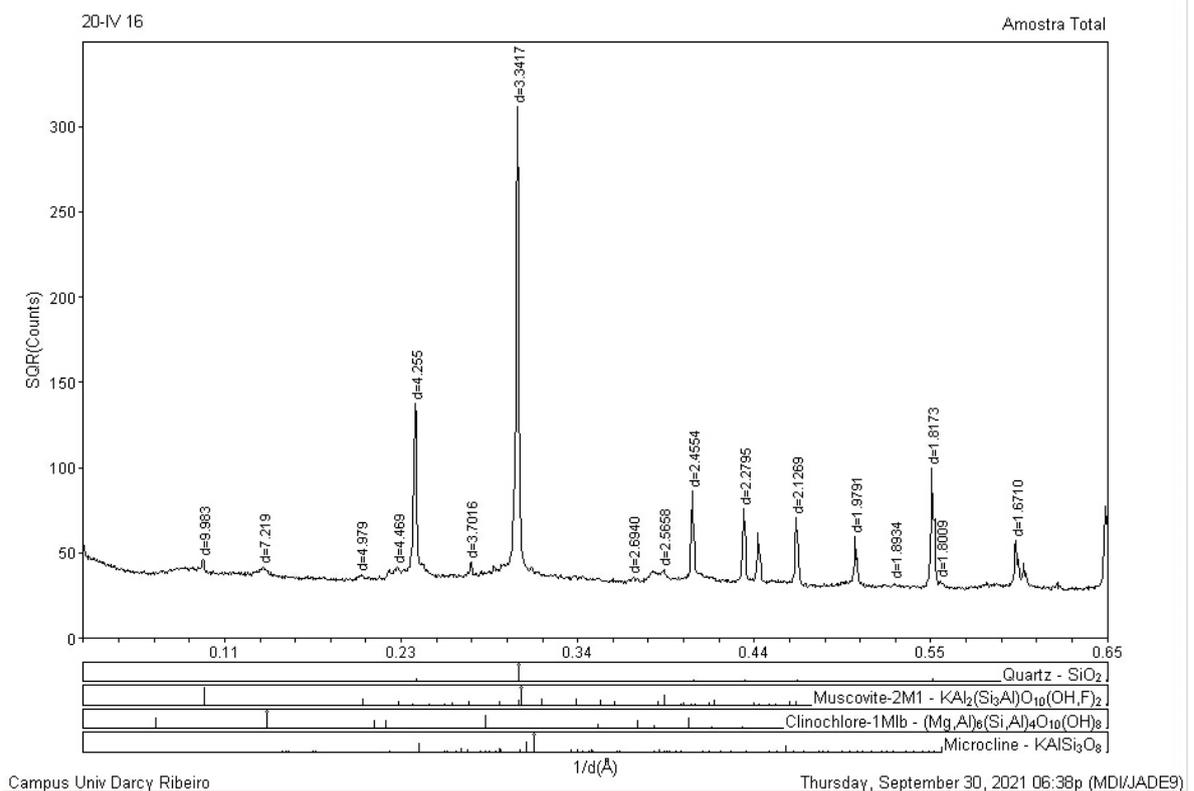
4mm

Difratogramas de raios-X

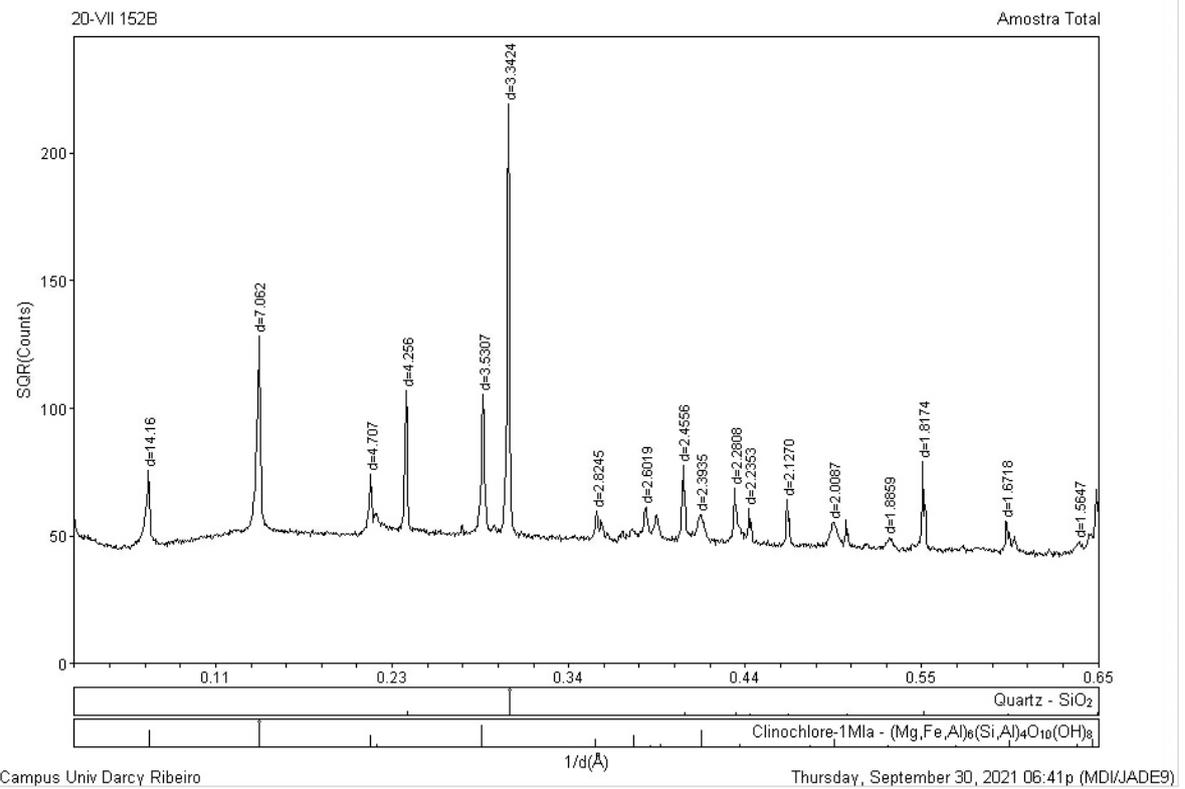
1) Amostra TF-20-II-108



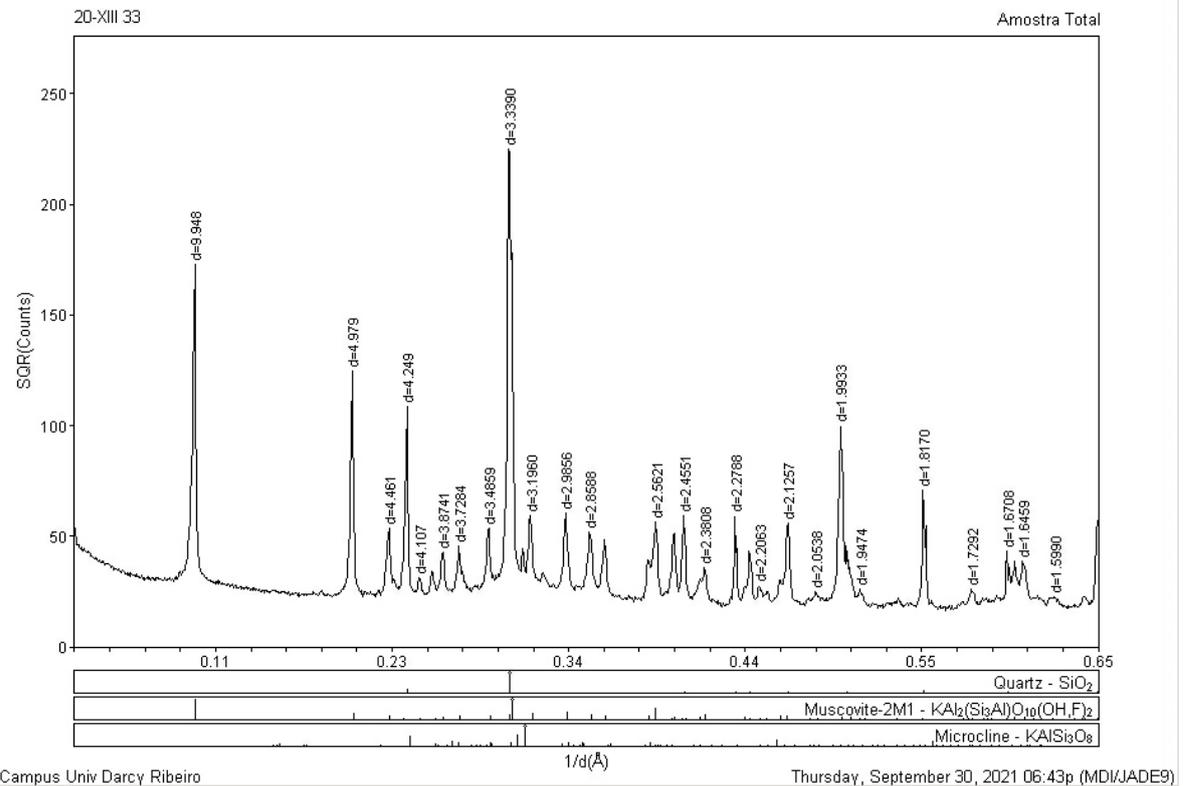
2) Amostra TF-20-IV-16



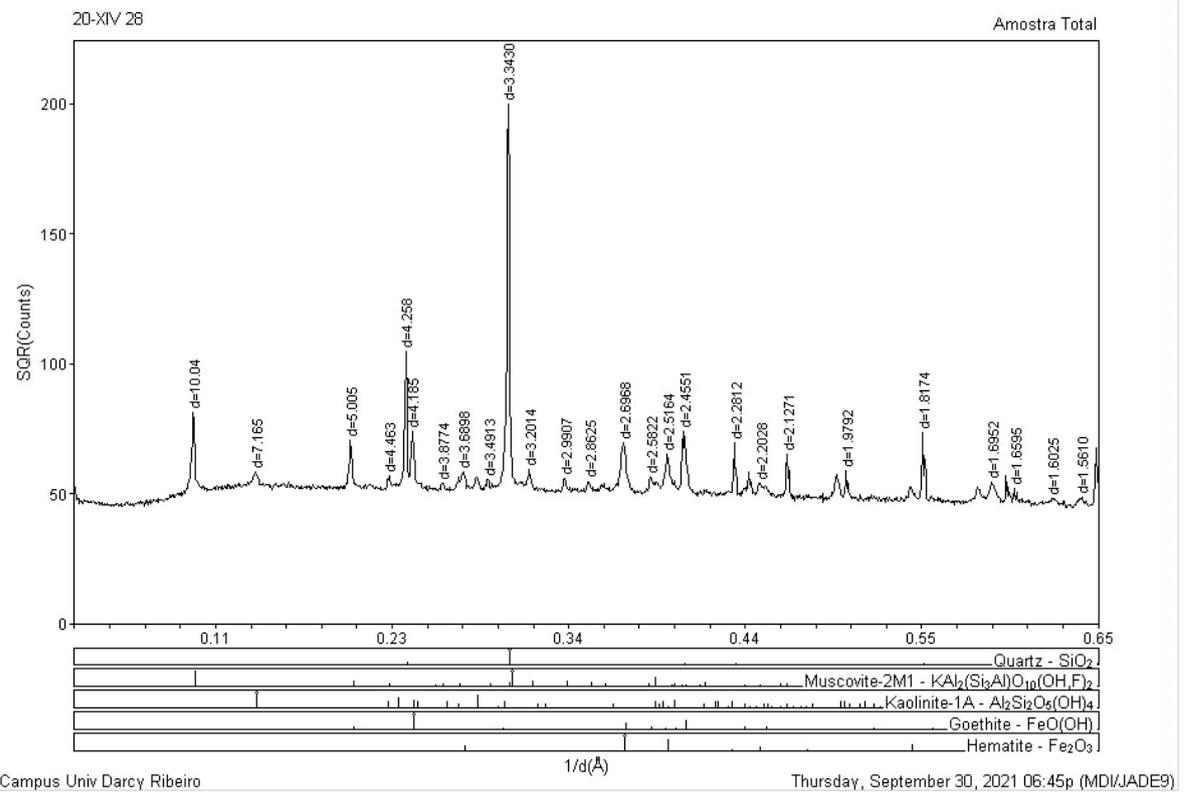
3) Amostra TF-20-VII-152B

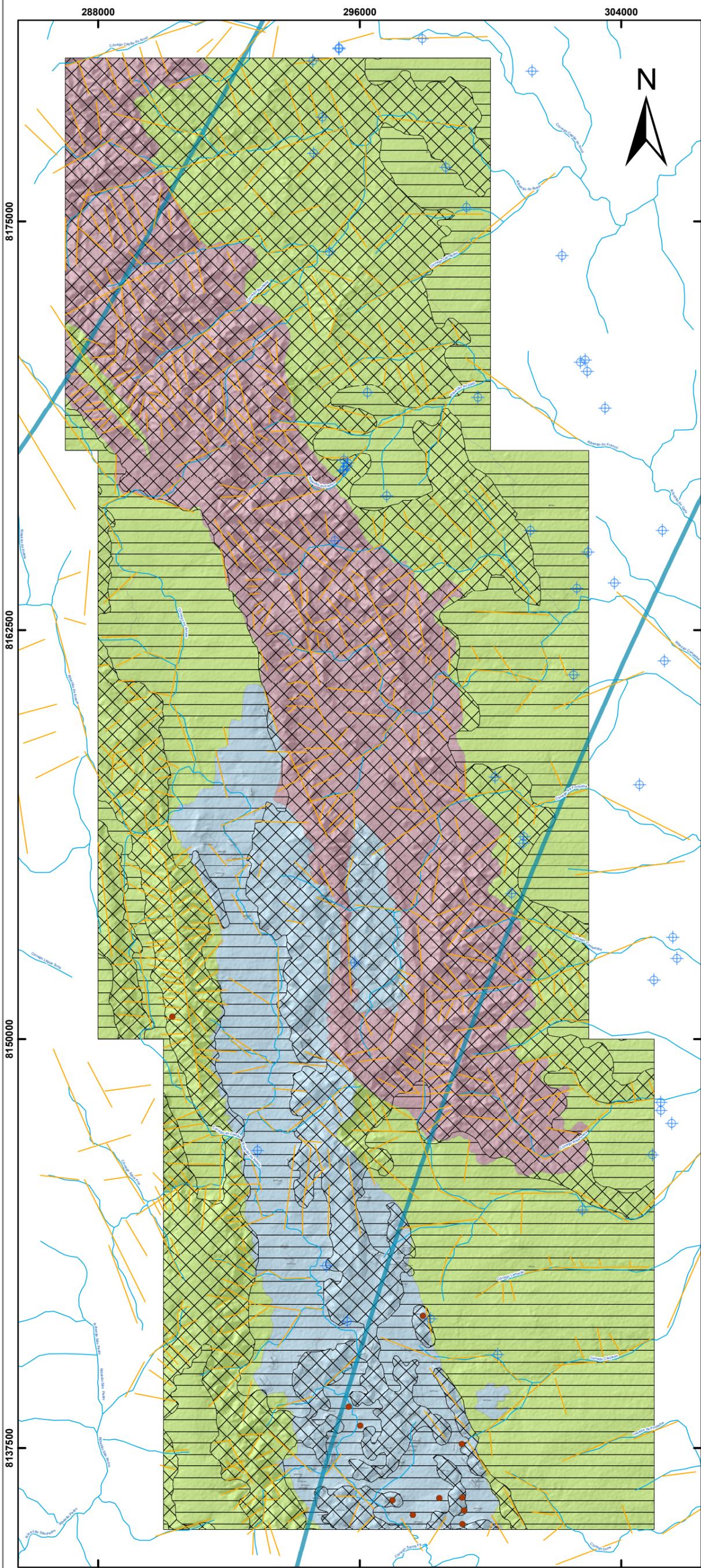


4) Amostra TF-20-XIII-33



5) Amostra TF-20-XIV-28





- Poços
- Cavidades Naturais
- Lineamentos morfoestruturais
- Hidrografia
- Isoietas - Pluviosidade Média Anual (1977-2006)

Dominios	Sistema	Características
Freático ou intergranular	F11	Aqüíferos relacionados a solos espessos: latossolos, argissolos e nitossolos. Apresentam alta condutividade hidráulica (K), da ordem de 10^{-6} m/s e alta transmissividade (T), da ordem de 10^{-5} m ² /s.
	F12	Aqüíferos relacionados a solos pouco espessos: cambissolos, neossolos litólicos e plintossolos. Apresentam condutividade hidráulica variável (K), da ordem de 10^{-7} a 10^{-8} m/s. Comumente não possuem zona saturada.
Fraturado	FP1 (rúptil)	Aqüíferos homogêneos e anisotrópicos, com valores de condutividade hidráulica ($K \approx 10^{-7}$ m/s) e transmissividade ($T \approx 10^{-5}$ m ² /s) moderados. O fluxo é laminar. As principais rochas reservatório são os ritmitos psamo-pelíticos do Membro Ribeirão da Porteira (MPQrp)/Formação Quilombo.
	FP2 (dúctil)	Aqüíferos homogêneos e anisotrópicos, com valores de condutividade hidráulica ($K \approx 10^{-3}$ m/s) e transmissividade ($T \approx 10^{-6}$ m ² /s) baixos, onde ($K_x \approx K_y$) < K_y . O fluxo é laminar. As principais rochas reservatório são: <ul style="list-style-type: none"> • Os filitos, quartzitos, e mármores da Formação Serra do Landim (MPCsl)/Grupo Canastra; • Os siltitos (MPPcbS - localizados na parte norte) da Formação Córrego do Barreiro/Grupo Paranoá; • Os ritmitos pelito-psamíticos do Membro Ribeirão do Franco (MPQrf)/Formação Quilombo; • Os siltitos, margas, e calcários micríticos da Formação Sete Lagoas (NPBs)/Grupo Bambuí.
Fissuro-Cárstico	FC	Aqüíferos heterogêneos e anisotrópicos, com valores de condutividade hidráulica ($K \approx 10^{-6}$ m/s) e transmissividade ($T \approx 10^{-4}$ m ² /s) altos, dependendo da dissolução e conectividade entre as fissuras. O fluxo laminar e turbulento. As principais rochas reservatório são os dolomitos (MPPcbD), arenitos (MPPcbA) e siltitos (MPPcbS - localizados na parte sul) da Formação Córrego do Barreiro/Grupo Paranoá.

UNIDADES GEOLÓGICAS

NEOPROTEROZOICO

Ediacariano

Grupo Bambuí - Formação Sete Lagoas

NPBs Siltitos, siltitos argilosos, folhelhos, margas, calcários micríticos, compondo sucessão estratificada em camadas centimétricas a decimétricas, dobradas. Rochas de cores escuras (preto a cinza escuro) quando não alteradas e ocre/amarela/rosada quando alteradas.

MESOPROTEROZOICO

Steniano - idade máxima de deposição 1050 Ma (Zircão detritico e sobrecrecimento de xenotima em zircão detritico).

Grupo Paranoá - Formação Córrego do Barreiro

MPPcb **A** Arenitos grossos, médios, finos até conglomeráticos feldspáticos (escuras quando frescos e cinza claro a esbranquiçados quando alterados).
S Siltitos laminados, siltitos argilosos, margas laminadas de cores escuras quando não alteradas e amareladas a rosadas quando alteradas.
D Dolomitos cinza claro a escuro, micríticos, estromatolíticos (estromatólitos colunares) doleruditos intraclásticos e oncolíticos e doleritos intraclásticos e oolíticos.

Grupo Canastra - Formação Serra do Landim

MPCsl Clorita filitos, clorita-fengita filitos, clorita-fengita-quartzito filitos, calcifilitos, mármores finos dolomíticos, mármores finos calcíticos, quartzitos finos micáceos.

Ectasiano - idade de deposição 1394 Ma (U/Pb em Zircão de rocha vulcânica).

Formação Quilombo

MPQrf Membro Ribeirão do Franco: ritmitos pelito-arenosos, com intercalações de camadas centimétricas de litoarenitos, grauvacas líticas, siltitos laminados, siltitos macios, argilitos, folhelhos e rochas vulcânicas ácidas a intermediárias subordinadas (dactilo e riolito), afaníticas ou com esferulitos.

MPQrp

Membro Ribeirão da Porteira: ritmitos psamo-pelíticos, representados por intercalações de litoarenitos finos, litoarenitos grossos, grauvacas líticas finas, grauvacas líticas grossas, arenitos, sublitoarenitos, siltitos macios, siltitos laminados, folhelhos, argilitos, e conglomerados clasto-suportados subordinados. Rochas com coloração escura quando não alteradas passando a amarela, ocre e rosada quando alteradas. Contatos bruscos entre as camadas individuais.

Diagrama de Rosetas dos Lineamentos Morfoestruturais Projeto Unai

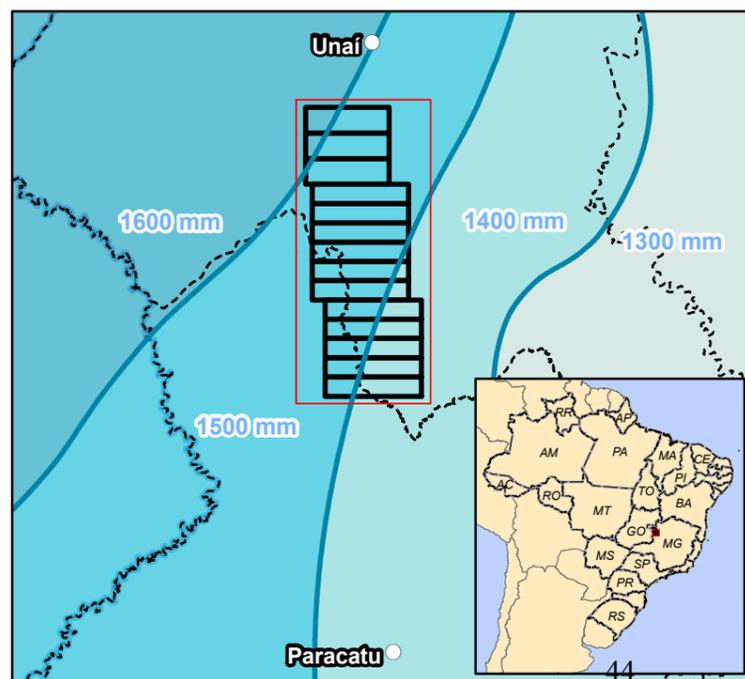
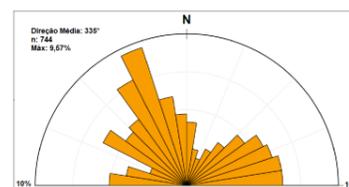


Tabela de poços cadastrados no SIAGAS

Dados Gerais				Localização	Perfuração		
Código	Nome	Uso da água	Natureza	Localidade	Data	Profundidade inicial (m)	Profundidade final (m)
3100001156			Poço escavado (cacimba/cisterna)	SAPEZAL		0	15,4
3100001253			Poço tubular	FAZENDA SÍTIO	1/1/1977	0	95
3100001261			Poço escavado (cacimba/cisterna)	GRUPO ESCOLAR		0	25,5
3100015249	UNA-070	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA CAPÃO DO ARROZ	8/2/1999	0	78
3100015256	UNA-077	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA INHUMAS	9/25/1998	0	120
3100015257	UNA-078	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA INHUMAS	9/26/1998	0	120
3100015258	UNA-079	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA SAN FRANCISCO	9/27/1998	0	132
3100015259	UNA-080	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA CAPÃO DO ARROZ	9/28/1998	0	90
3100015260	UNA-081	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA CAPÃO RANCHO	9/1/1998	0	136
3100015410	UNA-234	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA VARGEM GRANDE			
3100015411	UNA-235	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA SÍTIO	7/1/1996	0	101,5
3100015412	UNA-236	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA SÍTIO			
3100015413	UNA-237	Irrigação	Poço tubular	FAZENDA PARAGUASSU	7/1/1997	0	64
3100015414	UNA-238	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA LAGOA SECA	1/1/1978	0	92
3100015415	UNA-239	Abastecimento múltiplo	Poço tubular	PENITENCIÁRIA AGOSTINHO DE OLIVEIRA JR, 1			
3100015416	UNA-240	Abastecimento múltiplo	Poço tubular	PENITENCIÁRIA AGOSTINHO DE OLIVEIRA JR, 2			
3100015417	UNA-241	Abastecimento doméstico	Poço tubular	BOQUEIRÃOZINHO	7/1/1998	0	107
3100015418	UNA-242		Poço tubular	FAZENDA PARAÍSO	1/1/1999	0	112
3100015419	UNA-243	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA FORQUILHA - SUCURI	1/1/1999	0	123
3100015420	UNA-244		Poço tubular	FAZENDA FORQUILHA - SUCURI	1/1/1985	0	71,4
3100015421	UNA-245	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA FORQUILHA - SUCURI	1/1/1988	0	68
3100015422	UNA-246		Poço tubular	FAZENDA QUILOMBO	1/1/1998	0	78
3100015423	UNA-247	Pecuária	Poço tubular	FAZENDA ALDEIA / VARGEM LINDA	10/2/1994	0	66
3100015424	UNA-248	Abastecimento doméstico	Poço tubular	ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES RURAIS DE ALDEIA	1/1/1991	0	82
3100015425	UNA-249	Abastecimento doméstico	Poço tubular	FAZENDA ALDEIA DE CIMA	1/1/1989	0	52
3100015426	UNA-250	Abastecimento doméstico	Poço tubular	VILA SÃO JOSÉ / LAPA	5/1/1998	0	103
3100015427	UNA-251	Pecuária	Poço tubular	FAZENDA LAMARÃO			
3100015433	UNA-258	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA LAMARÃO / DO SÍTIO	1/1/1989	0	72
3100015437	UNA-262	Abastecimento doméstico/animal	Poço tubular	FAZENDA CASCAVEL	1/1/1989	0	100
3100019439	UNA-08		Poço tubular	PENITENCIÁRIA	1/1/2001	0	94
3100019440	UNA-09		Poço tubular	PENITENCIÁRIA	1/1/2001	0	84

Tabela de poços cadastrados no SIAGAS

Filtro			Espaço Anular			Boca do Tubo		
Material	Diâmetro (pol)	Diâmetro (mm)	De (m)	Até (m)	Material	Data	Altura (m)	Diâmetro (pol)
								39 3/8
								6
								43 5/16
						8/10/1999	0,45	6
						8/11/1999	0,73	6
						8/11/1999	0,7	6
						8/11/1999	0,7	6
						8/11/1999	0,5	6
						8/11/1999	0,7	
						11/10/1999	0,52	6
						11/11/1999	0,2	6
						11/11/1999	0,2	6
						11/11/1999	0,64	6
						11/11/1999	0,41	6
						11/12/1999	0,33	6
						11/12/1999	0,33	6
						11/12/1999	0,35	6
						11/12/1999	0,67	6
						11/12/1999	0,58	6
						11/12/1999	0,59	6
						11/12/1999	0,59	6
						11/16/1999	0,4	6
						11/16/1999	0,47	6
						11/16/1999	0,34	6
						11/16/1999	0,73	6
						11/16/1999	0,43	6
						11/16/1999	0,56	6
						11/18/1999	0,77	6
Nold preto	6	152,4	0	5	Cimentação	11/22/1999	0,21	6
Aço em costura			5	20,7	Material da formação			
			20,7	39,9	Pré-filtro			

Tabela de poços cadastrados no SIAGAS

Teste de bombeamento								Aquífero	
Diâmetro (mm)	Data	NE (m)	Duração do teste (h)	ND (m)	Vazão específica (m³/h/m)	Vazão após estabilização (m³/h)	Tipo de teste	Aquífero	Penetração
1000								Fissural	Parcial
152,4		5,6						Fissural	Parcial
1100		19,8						Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4	9/25/1998	11		64	0,377	20		Fissural	Parcial
152,4	9/26/1998	15		48	0,455	15		Fissural	Parcial
152,4	9/27/1998	21		72	0,202	10,28		Fissural	Parcial
152,4	9/28/1998	14	3	48	0,706	24		Fissural	Parcial
								Fissural	Parcial
152,4									
152,4								Fissural	Parcial
152,4									
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4									
152,4									
152,4	11/12/1999	27				6,8		Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4	1/1/1998	32				13		Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4								Fissural	Parcial
152,4	1/1/1989	27		50	0,217	5		Fissural	Parcial
	11/21/2001	11,54	24	28,14	1,033	17,14	Rebaixamento	Fissural	Parcial
	11/17/2001	12,1	24	24,95	1,698	21,82	Rebaixamento	Fissural	Parcial

