



**Universidade de Brasília
Instituto de Geociências**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO FINAL
Projeto Unai - Subárea VIII**

Luiza Motta Campello

Mayck Andrew Silva Silvério

Vitor Abreu Chaves

Brasília, novembro de 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Geociências

MAPEAMENTO GEOLÓGICO FINAL

Projeto Unai - Subárea VIII

Luiza Motta Campello

Mayck Andrew Silva Silvério

Vitor Abreu Chaves

*Relatório submetido ao Instituto de Geociências
como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Geologia*

Banca Examinadora

Prof. Dr. Martino Giorgioni, IG/UnB

Orientador

Prof. Dr. Henrique Lacer Roig, IG/UnB

Professor Convidado

Profa. Dra. Julia Barbosa Curto Ma, IG/UnB

Professora Convidada

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Geociências

MAPEAMENTO GEOLÓGICO FINAL

Projeto Unai - Subárea VIII

Luiza Motta Campello

Mayck Andrew Silva Silvério

Vitor Abreu Chaves

Coordenador

Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos

Orientador

Prof. Dr. Martino Giorgioni

Co-Orientadores

Profa. Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto

Msc. Lucas Santos Batista Teles

Dedicatórias

Dedico este trabalho a Deus e a minha querida avó Sônia, que sempre me apoiou e acreditou em mim. Aos meus pais pois sem eles nada seria possível. Ao Levi que não me deixou desistir.

Luiza Motta Campello

Dedico aos meus pais e meus irmãos que tanto amo.

Mayck Andrew Silva Silvério

Dedico este trabalho a minha família, cujo carinho e companhia sempre me trouxeram inspiração e bons momentos.

Vitor Abreu Chaves

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, que sempre investiram na minha educação e na minha formação e me fizeram chegar até aqui. À minha família por todo apoio e carinho, em especial a minha avó Sônia (in memoriam), que sempre acreditou em mim e torceu muito por esse momento. Agradeço ao Levi, que me ajudou muito em muitas coisas, esteve do meu lado ao longo do desenvolvimento desse trabalho e junto da Akali e do Perseu sempre conseguiram deixar meu dia mais feliz. Obrigada pela companhia, pelo carinho, pelo apoio, pela paciência e pelo moedor de café.

Aos amigos e colegas da Geologia, Debs, Luis Fernando, Raylline, Linda, João Victor (que me ajudou como ninguém no campo do TF), Paracatu, Patriota, Bianca, Hugo, Ricardo Vida, Carol Araújo e a comissão do TF. Ao João Gabriel, minha quase dupla do TF e um dos meus melhores amigos, por todo apoio e por todos os cafés. Agradeço à Paula pela amizade, pelo apoio e pelos surtos coletivos. Agradeço ao Yves pela amizade e pelo apoio técnico durante a minha aventura em novas tecnologias que auxiliaram na elaboração desse trabalho. À Carolina, por todas as manhãs de trabalho em silêncio no Discord, pela companhia e pela amizade. À Gabriela Menezes, que me ajudou a manter a sanidade mental com companhia, café e banoffe. À todos os amigos, aos meus amigos do PG, do Geogames (Gabriel, João Carlos, Marcos e Roger), Caio Almeida e Murilo Alves que me fizeram companhia durante a escrita deste trabalho na pandemia.

Agradeço ao Instituto de Geociências e a todos os professores e funcionários que estiveram presentes durante essa jornada. A professora Julia Curto, minha orientadora do PIBIC e um exemplo de professora, e não só por colocar piadas de Star Wars nos slides da aula, mas também pela didática incrível e paciência comigo ao longo desses anos de convivência. Ao Mendes que me acompanhou em todos os campos da graduação.

Aos professores, orientadores e colegas do Projeto Unaí; Ao professor José Eloi, que viabilizou e assumiu a coordenação desse projeto em um momento delicado de pandemia, agradeço pela orientação, pela troca de experiências e pela paciência em todas as vezes que fui tirar dúvidas; Ao professor Martino Giorgioni, pela orientação e pelas conversas sobre comida italiana, vinhos e viagens; E aos colegas do TF 2020, pela companhia durante essa jornada e pelos aprendizados.

Luiza Motta Campello

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre me deu forças para continuar nessa jornada árdua que é a caminhada acadêmica. Depois a minha família, especialmente minha mãe Elisângela e meu pai Paulo por terem me oferecido, durante todos esses anos de graduação, todo apoio possível, muito amor e confiança. E aos meus irmãos que sempre me prestaram assistência e acreditaram no meu trabalho.

Agradeço ao professor José Eloi pela organização do TF, ao professor Martino pela orientação

e à professora Eliza, à professora Júlia e ao mestre Lucas (Boi) que contribuíram fortemente para a realização do projeto. Agradeço a minha amiga geóloga Amanda, por sempre estar ao meu lado, nos bons e nos maus momentos, e por nunca ter permitido que eu desistisse. Agradeço ao meu trio pelo empenho e dedicação na realização deste trabalho, a todos os colegas de curso que passaram pela minha vida e a turma do Projeto Unai.

Por fim, agradeço ao Instituto de Geociências, principalmente aos professores pelo compartilhamento do imenso conhecimento que eles têm; também aos funcionários, aos técnicos e aos motoristas que nos acompanharam desde o início e possibilitaram a realização deste projeto.

Mayck Andrew Silva Silvério

Agradeço primeiramente a toda minha família, que sempre me apoiaram e incentivaram no decorrer de toda a minha vida e principalmente nesses últimos anos de graduação. Agradeço especialmente a minha mãe Lucinéia e minha irmã Larissa pelo carinho e por sempre me ouvirem em momentos de desabafo e reclamações.

À Universidade de Brasília e ao Instituto de Geociências pela infraestrutura e meios necessários à minha aprendizagem, assim como, suporte logístico à realização da presente pesquisa e outros diversos trabalhos realizados. Aos meus professores que me orientaram e guiaram ao longo de toda essa trajetória e às que virão ao longo da minha vida.

Aos Professores José Eloi Campos, Martino Giorgioni, Eliza Peixoto, e toda a equipe que deu suporte à realização do TF neste delicado período de pandemia. Também agradeço as diversas horas dedicadas em reuniões e as várias orientações durante a elaboração desse trabalho.

Aos meus amigos e companheiros de TF e principalmente aos meus parceiros Luiza e Mayck que em meio as ocasionais desavenças sempre tentaram estar à disposição. Agradeço especialmente ao meu grande amigo César por sempre ser alguém com quem eu posso contar em momentos de necessidade.

Vitor Abreu Chaves

RESUMO

O Projeto Unaí foi realizado no decorrer do ano de 2021, está localizado no noroeste do estado de Minas Gerais, entre os municípios de Unaí e Paracatu, e cobre uma área de 650 km², dividida em 14 subáreas. Essa atividade representa o Trabalho Final de Graduação em Geologia, realizado pelos discentes da turma de 2020 do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. O presente relatório corresponde aos dados referentes à subárea VIII, localizada na porção central do projeto, e teve como principal objetivo realizar uma abordagem mais detalhada de estudo nas unidades geológicas da região, com base no levantamento bibliográfico regional, nos dados de campo, sensoriamento remoto, aerogeofísica e descrições petrográficas, compilando essas informações em um mapa geológico em escala 1:50.000. O contexto geológico regional da região de Unaí é a Província Tocantins, mais especificamente a porção sul da Zona Externa da Faixa Brasília, que corresponde a uma bacia de antepaís (*foreland*) onde predominam estruturas como dobras e cavalgamentos, em função do encurtamento regional Brasileiro. Essa tectônica é também associada ao aparecimento de falhas reversas e de empurrão responsáveis pelo soerguimento das unidades mais antigas observadas na região. Esse relatório discute a cronoestratigrafia associada à evolução geológica das sucessões aflorantes e não aflorantes, avaliadas em relação à seção sísmica de reflexão e aos dados de campo. Apresenta o potencial econômico da área e o detalhamento hidrogeológico da área do projeto, que individualizou a região em três domínios: freático/intergranular, fraturado e fissuro-cárstico. Os principais resultados do projeto são o detalhamento dos contatos entre as unidades com a inserção de falhas transcorrentes e de rasgamento, o aprimoramento da visão litoestratigráfica da região, principalmente em relação a cartografia da Fm. Quilombo. As sucessões de fácies observadas permitiram correlacionar as litologias com a Formação Quilombo e os Grupos Paranoá, Canastra e Bambuí, antes mapeadas como Grupo Vazante e Grupo Bambuí. As descrições realizadas contribuem para o conhecimento regional através do detalhamento das litofácies e construção de modelos deposicionais para as sucessões sedimentares.

Palavras-chaves: Mapeamento Geológico. Formação Quilombo. Esteniano. Ectasiano.

ABSTRACT

The Unaí Project was carried out in 2021, is located in the northwest of the state of Minas Gerais, between the municipalities of Unaí and Paracatu, and covers an area of 650 km², divided into 14 sub-areas. This activity represents the Final Graduation Work in Geology, carried out by the students of the 2020 class of the Geosciences Institute of the University of Brasília. This report corresponds to data obtained by sub-area VIII, located in the central portion of the project, and its main objective was to carry out a more detailed study approach in the geological units of the region, based on regional bibliographic survey, field data, remote sensing, aerogeophysics and petrographic descriptions, compiling this information into a 1:50,000 scale geological map. The regional geological context of the Unaí region is the Tocantins Province, more specifically the southern portion of the Outer Zone of the Brasília Belt, which corresponds to a foreland basin where structures such as folds and thrusts predominate, due to the Brasiliano regional shortening. This tectonics is also associated with the appearance of reverse and thrust faults responsible for the uplift of the oldest units observed in the region. This report discusses the chronostratigraphy associated with the geological evolution of outcropping and non-outcropping successions, assessed in relation to the seismic reflection section and field data. It presents the economic potential of the area and the hydrogeological details of the project area, which individualized the region into three domains: phreatic/intergranular, fractured and fissured-karstic. The main results of the project are the detailing of the contacts between the units with the insertion of transcurrent faults and tearing, the improvement of the lithostratigraphic view of the region, mainly in relation to the cartography of the Fm. Quilombo. The facies successions observed allowed to correlate the lithologies with the Quilombo Formation and the Paranoá, Canastra and Bambuí Groups, previously mapped as the Vazante Group and the Bambuí Group. The descriptions carried out contribute to regional knowledge through the detailing of lithofacies and construction of depositional models for sedimentary successions.

Key-words: Geological mapping. Quilombo Formation. Stenian. Ectasian.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2	JUSTIFICATIVA	1
1.3	OBJETIVOS	2
1.4	ÁREA DE ESTUDO E VIAS DE ACESSO	2
1.5	MATERIAIS E MÉTODOS	4
1.5.1	PRÉ-CAMPO	4
1.5.2	CAMPO	5
1.5.3	PÓS-CAMPO	6
1.6	CRITÉRIOS PARA DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA DAS ROCHAS	6
1.7	CRITÉRIOS PARA DESCRIÇÃO ESTRUTURAL	6
2	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	7
2.1	CONTEXTO GERAL	7
2.2	CLIMA	7
2.3	RELEVO	8
2.4	VEGETAÇÃO	9
2.5	SOLOS	10
2.6	HIDROGRAFIA	12
2.7	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	13
3	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	15
3.1	INTRODUÇÃO	15
3.2	CONTEXTO GERAL	15
3.3	FORMAÇÃO QUILOMBO	16
3.4	GRUPO PARANOÁ	19
3.4.1	FORMAÇÃO RIBEIRÃO CONTAGEM	21
3.4.2	FORMAÇÃO CÓRREGO DO SANSÃO	22
3.4.3	FORMAÇÃO CÓRREGO DO BARREIRO	22
3.5	GRUPO CANASTRA	23
3.6	GRUPO VAZANTE	25
3.7	GRUPO BAMBUÍ	26

4	GEOTECNOLOGIAS	29
4.1	INTRODUÇÃO	29
4.2	APLICAÇÕES	29
4.3	SENSORIAMENTO REMOTO	30
4.3.1	IMAGENS ÓTICAS	31
4.3.2	ALOS PALSAR	33
4.3.3	PRODUTOS	35
4.4	AEROGEOFÍSICA	38
4.4.1	GAMAESPECTROMETRIA	39
4.4.2	MAGNETOMETRIA.....	44
4.5	SÍSMICA DE REFLEXÃO	48
5	ESTRATIGRAFIA, PETROGRAFIA E SISTEMAS DEPOSICIONAIS	50
5.1	INTRODUÇÃO	50
5.2	FORMAÇÃO QUILOMBO	52
5.2.1	MEMBRO RIBEIRÃO DA PORTEIRA.....	54
5.2.2	MEMBRO RIBEIRÃO DO FRANCO.....	55
5.2.3	INTERPRETAÇÃO E MODELO DEPOSICIONAL	58
5.3	GRUPO PARANOÁ.....	61
5.3.1	FÁCIES CARBONÁTICAS	63
5.3.2	FÁCIES TERRÍGENAS	67
5.3.3	ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES	70
5.3.4	MODELO DEPOSICIONAL.....	71
5.4	GRUPO CANASTRA	72
5.4.1	FILITOS.....	74
5.4.2	QUARTZITOS	76
5.4.3	INTERPRETAÇÃO	78
5.5	DISCUSSÕES	78
6	GEOLOGIA ESTRUTURAL	80
6.1	INTRODUÇÃO	80
6.2	ARCABOUÇO ESTRUTURAL	82
6.2.1	ARCABOUÇO ESTRUTURAL RÚPTIL.....	82
6.2.2	ARCABOUÇO ESTRUTURAL DÚCTIL.....	85
6.3	DISCUSSÃO	88
7	EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E CORRELAÇÕES REGIONAIS	90
7.1	INTRODUÇÃO	90
7.2	EVOLUÇÃO REGIONAL	90
7.2.1	EMBASAMENTO E RIFTEAMENTO ESTATERIANO	91
7.2.2	SEQUÊNCIAS PÓS-RIFTE EM BACIA TIPO <i>sag</i>	92
7.2.3	BACIA EPICONTINENTAL OU INTRACRATÔNICA	93
7.2.4	BACIA DE ANTEPAIS (<i>foreland</i>).....	94

7.2.5	DISCUSSÃO	95
8	POTENCIALIDADE ECONÔMICA	97
8.1	INTRODUÇÃO	97
8.2	POTENCIALIDADES GEOECONÔMICAS MINERAIS	99
8.3	POTENCIALIDADES GEOECONÔMICAS NÃO MINERAIS.....	101
9	ZONEAMENTO HIDROGEOLÓGICO	103
9.1	INTRODUÇÃO	103
9.2	CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS AQUÍFEROS	104
9.2.1	AQUÍFEROS DO DOMÍNIO INTERGRANULAR	107
9.2.2	AQUÍFEROS DO DOMÍNIO FRATURADO	107
9.2.3	AQUÍFEROS DO DOMÍNIO FÍSSURO-CÁRSTICO	108
9.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
10	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	111
	REFERÊNCIAS	114
I	ANEXOS	119
A	DESCRIÇÕES PETROGRÁFICAS	120
B	TABELAS	121
B.1	TABELA DE PONTOS DA SUBÁREA VIII	121
B.2	POÇOS CADASTRADOS NO SIAGAS	121
C	CARTOGRAFIA	122
C.1	MAPA BASE.....	122
C.2	MAPA DE ZONAS HOMÓLOGAS	122
C.3	PRODUTOS GEOFÍSICA	122
C.4	MAPAS DE LINEAMENTOS SENSORIAMENTO REMOTO	122
C.5	MAPA DE PONTOS	122
C.6	MAPA GEOLÓGICO SUBÁREA VIII	122
C.7	MAPA GEOLÓGICO INTEGRADO	122
C.8	MAPA ESTRUTURAL	122
C.9	ZONEAMENTO HIDROGEOLÓGICO PROJETO UNAI.....	122

LISTA DE FIGURAS

1.1	Localização do Projeto Unaí e principais vias de acesso. Fonte dos dados: IBGE.	3
1.2	Acessos a subárea VIII com destaque para a região da Aldeia, a oeste, e o Quilombo, a leste. Dados do IBGE sobre imagem Sentinel 2.	3
1.3	Cronograma de atividades e entregas do Projeto Unaí.	4
1.4	Mapa Base - Subárea VIII, com vias de acesso, drenagem e localidades. Imagem: Relevo Sombreado ALOS/PALSAR.	5
1.5	Mapa de Pontos - Subárea VIII, com os pontos e caminhamentos realizados.	5
2.1	Gráfico com a média de precipitação e de temperaturas máximas e mínimas anuais dos últimos 30 anos no município de Unaí-MG. Fonte: Climatempo.	8
2.2	Gráfico com a média de precipitação e de temperaturas máximas e mínimas anuais dos últimos 30 anos no município de Paracatu-MG. Fonte: Climatempo.	8
2.3	Vista panorâmica da subárea VIII. No fundo da imagem é possível notar um padrão de relevo alto, mais escarpado e com vertente bastante íngreme. Já mais próximo, avista-se um padrão de relevo que varia desde suave ondulado a morrotes de topo convexos e, mais à direita, a formação serrana.	9
2.4	Foto de um relevo cárstico coberto com vegetação de mata seca, observado nas rochas carbonáticas que afloram na região.	9
2.5	(A) Fitofisionomias do bioma Cerrado ilustradas (RIBEIRO; WALTER, 1998); (B) Fitofisionomias observadas em vista panorâmica na subárea VIII.	10
2.6	Mapa de solos na região do Projeto Unaí. Fonte: IBGE 2021.	11
2.7	Perfis de solo observados na subárea VIII. (A) e (B) Latossolo; (C) Cambissolo.	12
2.8	Mapa ilustrativo que mostra a posição das áreas do Projeto Unaí dentro da sub-bacia hidrográfica do rio Paracatu. Modificado de Agência Nacional de Águas (ANA).	13
2.9	Imagem do Ribeirão da Aldeia. É possível notar que o fluxo e volume de água continuam altos mesmo em meados de julho, período de estiagem na região.	13
2.10	Uso e ocupação do solo do Projeto Unaí - Coleção 5 (MAPBIOMAS, 2021).	14
3.1	Mapa estrutural simplificado da Faixa Brasília e porção adjacente do Cráton do São Francisco, com indicação dos domínios. Retirado de Uhlein et al. (2012).	16
3.2	Distribuição espacial da Formação Quilombo e as unidades ao redor, em vermelho poligonal da área do Projeto Unaí. Modificado de Campos et al. (2021).	17
3.3	Coluna estratigráfica da Formação Quilombo, modificada de Campos et al. (2021).	18

3.4	Bloco diagrama esquemático mostrando o cenário do vulcanismo da porção distal da sedimentação turbidítica, retirada de Moura (2018).....	19
3.5	Distribuição do Grupo Paranoá nas porções interna e externa da Faixa de Dobramentos Brasília, retirada de Campos et al. (2013).	20
3.6	Coluna estratigráfica do Grupo Paranoá na área-tipo de Alto Paraíso de Goiás/Distrito Federal, retirada de Campos et al. (2021).	21
3.7	Coluna estratigráfica do Grupo Canastra, retirada de Moura (2018).....	24
3.8	Coluna estratigráfica do Grupo Vazante, retirada de Moura (2018).	25
3.9	Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí, modificada de Moura (2018).	27
4.1	Comparação entre as resoluções espectrais e espaciais dos sensores Sentinel 2, Landsat 8 e Landsat 5. Modificado de NASA (c2020).....	31
4.2	Realce histogrâmico aplicado a imagens. Retirado de Ghani e Isa (2015).	32
4.3	Imagens Óticas utilizadas no projeto.	33
4.4	Produtos ALOS/PALSAR utilizados no projeto, sendo AA° o ângulo azimutal de iluminação. Fonte: DAAC (2007).	35
4.5	Mapa Base com as drenagens, estradas e localidades integradas do Projeto Unaí. Sobre relevo sombreado (ângulo azimutal de 315°) com transparência de 50 %.	36
4.6	Mapa de lineamentos estruturais e diagrama de roseta - Subárea VIII. Sobre relevo sombreado (ângulo azimutal de 315°) com transparência de 50 % sobre o MDE.....	36
4.7	Zonas homólogas delimitadas na subárea VIII.	37
4.8	Características das zonas homólogas delimitadas na subárea VIII.	37
4.9	Localização das áreas de levantamento para magnetometria e gamaespectrometria do Projeto de pesquisa aerogeofísico do estado de Minas Gerais (2001/2006), com enfoque na área 1 onde se localiza a região de Unaí (Modificado de Reis et al. (2012)).	38
4.10	Fluxograma de processamento dos dados aerogeofísicos. Fonte dos dados: Lasa (2001)	39
4.11	Mapas gamaespectrométricos da porcentagem de potássio (%K), equivalente em urânio (eU) e equivalente em tório (eTh) referentes ao Projeto Unaí.	40
4.12	Mapa gamaespectrométrico de composição ternária CMY referente ao Projeto Unaí..	41
4.13	Mapas gamaespectrométricos da porcentagem de potássio (%K), equivalente em urânio (eU) e equivalente em tório (eTh) referentes a subárea VIII do Projeto Unaí..	42
4.14	Mapas gamaespectrométricos de composição ternária referentes a subárea VIII do Projeto Unaí. (A) Composição RGB; (B) Composição CMY; (C) Domínios Gamaespectrométricos sobre composição CMY.....	43
4.15	Fluxograma que indica as etapas do processamento aeromagnético. A partir da redução de dados do CMT, obtém-se o CMA que é utilizado para gerar as derivadas Dx, Dy e Dz e, por meio delas, são produzidas as imagens ASA e TILT.....	45
4.16	Produtos gerados a partir do CMA de todas as áreas do Projeto Unaí.....	46
4.17	Mapa de domínios magnetométricos do Projeto Unaí.	47
4.18	Imagem do produto ASA com enfoque na subárea VIII, separação dos domínios magnéticos em 1, 2 e 3.	48

4.19	Localização da linha sísmica de reflexão A - B (Linha R0240 SÃO FRANCISCO 045 PSTM.2D.PSTM).....	49
4.20	Em A - B, seção sísmica 2D de reflexão Cristalina-Unaí (Linha R0240 SÃO FRANCISCO 045 PSTM.2D.PSTM). Em A' - B', porção que intersecta a área do Projeto Unaí. Fonte: REATE/ANP (1995)	49
5.1	Mapa Geológico da subárea VIII, adaptado para exibição em folha A4. Disponível no Anexo C.....	50
5.2	Mapa Geológico integrado simplificado do Projeto Unaí, adaptado para exibição em folha A4. Disponível no Anexo C.....	51
5.3	Mapa adaptado para exibição em folha A4, indicando os domínios pertencentes à Formação Quilombo dentro da subárea VIII.....	53
5.4	Aspectos fisiográficos da Formação Quilombo. (A) visão para o oeste no pé dos morros que compõem o Membro Ribeirão da Porteira; (B) visão no alto dos morros para o leste mais plano onde existe o Membro Ribeirão do Franco logo a frente e Grupo Bambuí ao fundo.	54
5.5	Associação de fácies que compõem a sequência rítmica psamo-pelítica do Membro Ribeirão da Porteira. (A) Alternância entre litoarenito, camadas mais competentes, e grauvaca lítica, camadas mais friáveis; (B) Sequência de siltitos laminados formando camadas de espessura decimétrica; (C) fácies conglomerado fino com clastos orientados em bloco rolado; (D) fácies litoarenito grosso de composição quartzosa em amostra de mão.	55
5.6	Associação de fácies que compõem a sequência rítmica psamo-pelítica do Membro Ribeirão do Franco. (A) Afloramento em parede de ritmito com alternância entre as fácies grauvaca lítica, silito maciço e silito laminado; (B) Amostras de mão das sequências de fácies observadas ao longo do caminhamento no Membro Ribeirão do Franco, de baixo para cima, fácies litoarenito e fácies folhelho em contato com silito maciço; (C) fácies silito laminado com camadas centimétricas; (D) rochas vulcânicas encontradas intercaladas junto ao sedimento (imagem cedida pela subárea VII do Projeto Unaí).	56
5.7	Fotomicrografia da amostra TF20-II-108A com amígdalas preenchidas por microfeno-cristais em dacito do Membro Ribeirão do Franco.	57
5.8	Coluna estratigráfica esquemática da Formação Quilombo adaptada para o Projeto Unaí. Ao longo da Área VIII as fácies conglomeráticas ocorrem próximas a base do Membro Ribeirão da Porteira. A ocorrência de vulcânicas ácidas está presente em ambos os membros da Formação e estão relacionadas a um mesmo evento eruptivo... ..	57
5.9	Bloco diagrama esquemático do ambiente de deposição do sedimento sob ação de correntes de turbidez. Modificado de Moura (2018).	58
5.10	Diagrama resumo dos processos envolvidos no transporte e deposição de sedimentos em ambiente turbidítico, em águas profundas. Retirado de Barboza (2005), Stow e Mayall (2000).	59

5.11	Classificação das fácies turbidíticas segundo Mutti (1992). Retirado de Barboza (2005).	60
5.12	Localização da Formação Córrego do Barreiro na subárea VIII, com as fácies pelíticas em laranja, psamíticas em amarelo e carbonatadas em azul.	62
5.13	Aspectos fisiográficos da Formação Córrego do Barreiro. (A) Porção carbonática com relevo marcado e vegetação do tipo mata seca; (B) Porção psamítica com relevo marcado e vegetação densa; (C) porção pelítica de relevo suave e vegetação do tipo campo sujo.	63
5.14	Coluna estratigráfica esquemática da Formação Córrego do Barreiro para a subárea VIII, com as fácies pelíticas em laranja, psamíticas em amarelo e carbonatadas em azul.	63
5.15	(A) Fácies DAm com nível pelítico associado; (B) Amostra TF20-XIII-32B; (C e D) Intraclastos micríticos em lâmina com aumento 2.5x; (E e F) Intraclastos cobertos por película de lama (Aumento 10x).....	64
5.16	(A, B, C) Amostra macro TF20-XI-125, detalhe em lâmina dos extraclastos arredondados de quartzo (qtz) e do extraclasto de feldspato (F); (D) Lente de dololuto extraclástico em meio a fácies DAm; (E) Amostra macro de dolomicrito extraclástico (TF20-XII-113 297053 E 8143240 N).	64
5.17	Lâmina TF20-XIV-32B. (A) Amostra macroscópica; (B) Textura bioconstruída marcada pela alternância de tonalidades; (C) Cavidade preenchida por cimento a mosaico.	65
5.18	(A) Fácies Ed, estromatólitos colunares em corte basal; (B) Fácies Ed, estromatólitos dômicos decimétricos; (C e D) Fácies Ep, com estromatólitos planares centimétricos a decimétricos.	65
5.19	Lâmina TF20-XIII-32A. (A) Amostra Macro; (B e C) Porosidade secundária preenchida por cimento espático fibrorradial, sob nicóis paralelos e nicóis cruzados e aumento de 2.5x.....	66
5.20	(A e B) Fácies Bm, com fragmentos de esteiras algais centimétricos e intraclastos micríticos; (C e D) Fácies Bmms, com intraclastos centimétricos a decimétricos em meio a matriz micrítica.....	66
5.21	Cavidades preenchidas observadas na subárea VIII. (A) com borda de cimento isópaco e preenchida por cimento espático; (B) preenchimento micrítico; (C) por calcita.	67
5.22	Arenitos do Grupo Paranoá. (A.1) Arenito médio a grosso - fácies AG; (A.2) Arenito fino - fácies AM; (B) arenito fino laminado - fácies AM; (C) Quartzarenito - fácies AG (TF20-XII-54); (D) Arenito médio a grosso feldspático - fácies AG.....	68
5.23	Estruturas observadas na porção psamítica do Grupo Paranoá. (A) Estratificação cruzada observada na fácies AG; (B) Arenito fino (Fácies AM) com estratificação cruzada acanalada (TF20-XII-07 (295015 E 8142699 N)); (C) Contato erosional entre as fácies AM e AG observada na amostra TF20-XIV-32A; (D) Afloramento de arenito médio da fácies AM com marca ondulada assimétrica, descrito pela subárea XII (295168 E 8143775 N).....	68
5.24	(A) Siltito margoso laminado com níveis psamíticos da subárea VIII; (B e C) Siltito laminado; (D) Siltito margoso com porções maciças e porções laminadas.	69

5.25	Marga laminada observada na subárea VIII. (A) Porção de granulação lama com laminação plano-paralela; (B.1) Contato erosional abrupto com a porção de granulação grossa; (B.2) Mistura entre as frações de diferentes granulometrias.....	70
5.26	Modelo deposicional da Fm. Córrego do Barreiro.	72
5.27	Localização da Fm. Serra do Landim (área em verde), do Grupo Canastra, na subárea VIII.....	73
5.28	Expressão Geomorfológica: (A) Camadas de rochas da Formação Serra do Landim bem-marcadas no relevo mergulhando para oeste; (B) Na vertente oposta, também é possível notar as camadas bem-marcadas, porém mergulhando para leste. Com isso, atesta-se o dobramento dessas rochas.	73
5.29	Coluna estratigráfica esquemática do Grupo Canastra adaptado para o Projeto Unaí, com enfoque na base do grupo onde está posicionada a Formação Serra do Landim. Os filitos ocorrem intercalados com lentes de quartzitos, localmente na subárea VIII, é possível observar uma lente decamétrica, que se destaca na imagem de satélite pela densa vegetação, ao sul ocorrem pequenas lentes de mármore. Adaptado de Rodrigues (2008).....	74
5.30	Relevo da Formação Serra do Landim, observa-se ao fundo que onde afloram filitos e quartzitos a serra é alongada, escarpada de alta declividade e há uma vegetação de cerradão; a frente, onde afloram apenas os filitos, há uma serra de topo aplainado de declividade mais baixa coberto por uma vegetação de campo sujo, com predomínio de gramíneas.	74
5.31	Afloramentos de filitos na subárea VIII. (A e B) Afloramentos de filito comuns na serra mais íngreme a oeste; (C e D) Afloramentos rasteiros comuns na serra de topo aplainado, é possível notar os planos de foliação bem-marcados na rocha alterada.....	75
5.32	Fotografia em A e fotomicrografia com aumento de 2.5x em B e C da amostra TF20-XIII-33. (A) Amostra macroscópica, onde é possível notar um plano de foliação bem desenvolvido; (B e C) Observa-se que a rocha apresenta granulometria muito fina e é composta por cristais de clorita e fengita orientados com quartzo e opacos subordinados, configurando uma textura lepidoblástica. Nota-se, ainda, que os cristais de clorita estão bastante alterados. Nicóis paralelos em B e nicóis cruzados em C.....	76
5.33	(A) Diagrama com os campos de pressão (P) e temperatura (T) das fácies metamórficas, em vermelho mostra as condições de P-T de metamorfismo dos filitos do projeto em fácies baixo xisto verde, ou seja, sob baixa pressão e temperatura; (B) Diagrama AFM para rochas pelíticas, zona da clorita, fácies baixo xisto verde onde a área maior circular em vermelho claro representa a composição comum de pelitos nessas condições de P e T e os círculos menores mostram a composição típica dos filitos mapeados no Projeto Unaí. Adaptado de Bucher e Grapes (2011) e Winter (2014).	76
5.34	(A) Exposição comum dos quartzitos da Formação Serra do Landim em forma de blocos; (B) Em amostra macroscópica é possível notar uma homogeneidade da rocha em termos texturais e composicionais, onde predomina granulometria areia muito fina.	77

5.35	Fotografia em A e fotomicrografia com aumento de 2.5x em B e C da amostra TF20-XIV-29. (A) Amostra macroscópica onde é possível notar a laminação plano-paralela na rocha e granulometria fina; (B e C) Nota-se granulometria muito fina que varia desde silt/argila até areia fina, e uma mistura entre os grãos de quartzo e os flossilicatos formando uma textura granolepidoblástica; observa-se uma laminação plano-paralela e os minerais orientados em uma direção preferencial. Os nicóis estão paralelos em B e cruzados em C.	77
6.1	Perfil Geológico da subárea VIII do Projeto Unaí, adaptado para exibição em folha A4. Disponível no Anexo C.	80
6.2	Mapa estrutural integrado do Projeto Unaí, adaptado para exibição em folha A4. Disponível no Anexo C.	81
6.3	Planos de falha com a lineação de deslizamento.	83
6.4	Fraturas com chert nos carbonatos do Fm. Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá.	83
6.5	(A e B) Pares de fraturas conjugadas; (C) Rochas dolomíticas fraturadas do Grupo Paranoá ; (D) Fraturas de cisalhamento nas rochas.	84
6.6	A esquerda, diagrama de roseta com os lineamentos extraídos por sensoriamento remoto, com base na medida de comprimento de 500 metros. A direita, diagrama de roseta com todos os planos de fratura medidos na área do Projeto Unaí.	84
6.7	Afloramento de dobras semelhante ao tipo <i>en chevron</i> em corte de estrada na BR-251 do Membro Ribeirão da Porteira, Formação Quilombo.	85
6.8	Afloramento em drenagem com dobras em silito pertencente à Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá.	86
6.9	(A e B) Foliação penetrativa Sp em filito; (C) Foliação Ss também em filito da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra (imagem cedida pela subárea XIII do Projeto Unaí).	87
6.10	Estereogramas para a área do projeto referentes as medidas de Sp à esquerda; e as medidas de Ss à direita.	88
6.11	Amostra de mão da crenulação da foliação filítica no Grupo Canastra (imagem cedida pela subárea IX do Projeto Unaí).	88
7.1	Interpretação realizada sobre a seção sísmica Cristalina–Unaí disponibilizada pela ANP (R0240_São_Francisco_0045PSTM).	91
7.2	Rifteamento do embasamento e deposição do Grupo Araí, durante o Estateriano.	92
7.3	Bacia tipo <i>sag</i> , com deposição do Grupo Traíras, durante o Calaminiano.	92
7.4	Deposição da Formação Quilombo sob regime de fluxo turbidítico, no início do Ectasiano.	93
7.5	Deposição do Grupo Paranoá, em uma bacia epicontinental ou intracratônica que evoluiu inicialmente por mecanismos de subsidência mecânica durante o Esteniano. ...	94
7.6	Fase final após deposição do Grupo Bambuí e Orogênese Brasileira, na qual ocorrem a nappe do Grupo Canastra, as falhas reversas e empurrões responsáveis pelo afloramento em superfície das unidades mais antigas.	95

7.7	Modelo de evolução para porção externa da faixa oeste do Cráton do São Francisco, nas proximidades da região do Projeto Unaí.	96
8.1	Mapa com total de áreas requeridas junto à ANM dentro do Projeto Unaí. Fonte: Sigmine/ANM	98
8.2	Gruta Sapezal na subárea XII.	101
8.3	(A e B) Cachoeiras na subárea XII; (C) Paredões dolomíticos na subárea VIII, comuns na área do projeto e com potencial para escalada; (D) Trilha que poderia ser utilizada para caminhadas e <i>mountain bike</i>	102
9.1	Gráficos da precipitação acumulada mensal em 2020 à esquerda e, a direita, a série histórica da média de precipitação acumulada mensal de 2010 a 2020 da estação meteorológica UNAI (83428). Fonte: INMET.	104
9.2	Gráfico do balanço hídrico médio mensal em Unaí em um período de 30 anos (1981 a 2010), nota-se que em grande parte do ano há um déficit hídrico no município. Fonte: INMET.	104
9.3	Mapa de Zoneamento Hidrogeológico da Região do Projeto Unaí. Disponível no Anexo C.	106
9.4	Padrões de solo que representam o Domínio Freático/Intergranular. (A) é possível notar o perfil típico de solo do Sistema FI1, solos espessos como latossolos vermelhos; (B) perfil de latossolo vermelho-amarelo dentro do Sistema FI1; (C) solos menos espessos, como neossolos litólicos que compreendem o sistema FI2.	107
9.5	Afloramentos que representam o Domínio Fraturado. (A) Ritmitos psamo-pelíticos do Membro Ribeirão da Porteira fraturados que integra o Sistema FP1. (B) Siltitos fraturados da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá incluídos no Sistema FP2.	108
9.6	Afloramentos de rochas dolomíticas que envolvem o Domínio Físsuro-Cárstico pertencentes a Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá. (A) É possível notar o contraste das rochas dolomíticas em contato com os siltitos e arenitos; (B) Típico afloramento de rochas dolomíticas fraturadas em toda a região do Projeto Unaí; (C) Paredão de rocha dolomítica com grandes aberturas de dissolução que permitem a percolação de água.	109
9.7	Poço tubular sem perímetro de proteção e não cadastrado no SIAGAS. Ponto de coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 23S 297549 E 8144323 N. Imagem cedida pela subárea XI do Projeto Unaí.	110
10.1	A esquerda, Mapa Geológico da CPRM (PINHO et al., 2017). A direita, Mapa Geológico do Projeto Unaí.	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALOS	Advanced Land Observing Satellite
ANA	Agência Nacional de Águas
ANM	Agência Nacional de Mineração
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASA	Amplitude do sinal analítico
ASF	Alaska Satellite Facility
CMA	Campo magnético anômalo
CMT	Campo magnético total
Codemig	Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Dx	Primeira derivada horizontal
Dy	Segunda derivada horizontal
Dz	Primeira derivada vertical
ESA	Agência Espacial Europeia
FC	Físsuro-Cárstico
FI1	Freático Intergranular 1
FI2	Freático Intergranular 2
Fm	Formação
Fn	Fratargas
FP1	Fratargas Profundo 1
FP2	Fratargas Profundo 2
GEE	Google Earth Engine
Gr	Grupo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC	Instituto Central de Ciências
IG	Instituto de Geociências
IGRF	International Geomagnetic Reference Field
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISA	Inclinação do sinal analítico
JAXA	Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial

L5	Landsat 5
MDE	Modelo digital de elevação
Mb	Membro
MVT	Tipo Mississippi Valley
NASA	Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PALSAR	Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
PIB	Produto Interno Bruto
S0	Acamamento
S2	Sentinel 2
SEDEX	Sedimentar exalativo
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
Sp	Foliação principal ou plano axial de dobra
Ss	Foliação paralela ao acamamento
TILT	Derivada Tilt
UnB	Universidade de Brasília

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta a principal motivação do Projeto Unaí, seus objetivos gerais e específicos, a relevância e o contexto da área de estudo.

1.1 Considerações Iniciais

O Projeto Unaí, desenvolvido pelos alunos de graduação em Geologia da Universidade de Brasília (UnB), faz parte da disciplina Trabalho de Mapeamento Geológico Final (IGD0179), que inclui: revisão bibliográfica, aquisição de dados pré-campo e em campo, mapeamento geológico em escala 1:50000, confecção do relatório final, apresentação e defesa. É uma iniciativa do Instituto de Geociências (IG), pertencente à UnB, responsável pelo apoio financeiro e logístico.

A área do projeto, localizada no noroeste do estado de Minas Gerais, inclui os municípios de Unaí e Paracatu. Contou com a participação de 27 alunos, divididos em 13 equipes, sob coordenação do professor Dr. José Eloi Guimarães Campos, e com participação dos professores doutores Martino Giorgioni e Eliza Inez Nunes Peixoto, além da colaboração do doutorando Lucas Santos Batista Teles. O presente relatório descreve os dados obtidos e interpretados pela subárea VIII e foi redigido pelos alunos Luiza Motta Campello, Mayck Andrew Silva Silvério e Vitor Abreu Chaves.

1.2 Justificativa

As sequências sedimentares e metassedimentares que ocorrem na região do Projeto Unaí não apresentam consenso a respeito de suas relações estratigráficas e a qual unidade as litofácies pertenceriam. Os trabalhos e mapeamentos já realizados atribuem as sequências psamo-pelito-carbonatadas observadas na região à diferentes unidades, sendo elas pertencentes ao Grupo Paranoá ou ao Grupo Vazante, assim se faz necessário um mapeamento em maior escala, promovendo melhor entendimento entre essas relações, associações de fácies e a evolução da geologia local e regional.

Além disso, o projeto como atividade curricular, visa ser um exercício multidisciplinar na área de geociências para a capacitação e consolidação do conhecimento obtido pelos alunos ao longo da

graduação. Os produtos gerados pelo projeto são de livre acesso, desempenhando um importante papel científico-social para com a comunidade e para a região de Unaí e Paracatu.

1.3 Objetivos

O Projeto Unaí tem como objetivo geral avançar no conhecimento dos aspectos litológicos, estratigráficos e estruturais da geologia da área de estudo. Para tal, este trabalho integra as informações obtidas da bibliografia sobre o contexto geológico regional com os dados obtidos durante as etapas de campo e consequentes interpretações, discussões e conclusões. Dentre os objetivos específicos temos:

1. Elaboração de mapa geológico integrado em escala 1:50000, com destaque para a cartografia da Formação Quilombo;
2. Detalhamento das litofácies observadas e construção de modelos deposicionais;
3. Reconhecer e descrever as relações e estruturas tectônicas observadas;
4. Zoneamento hidrogeológico da região;
5. Descrição do potencial econômico.

1.4 Área de estudo e Vias de Acesso

A região de estudo do Projeto Unaí tem 650 km^2 e é dividida em 14 subáreas com as dimensões: 52 km^2 (subáreas I, II e III) e 45 km^2 (subáreas IV a XIV). Está situada no noroeste do estado de Minas Gerais, incluída na porção oeste da Folha SE.23-V-A-VII Serra da Aldeia, e compreende o sul do município de Unaí e o norte do município de Paracatu. Existem duas formas de chegar na área do projeto partindo de Brasília-DF: seguindo a sul pela BR-040 em direção a Paracatu ou a sudoeste pela BR-251 seguindo por aproximadamente 190 km até a cidade de Unaí. O segundo foi o trajeto realizado na etapa de campo, saindo do Instituto Central de Ciências (ICC) Sul na UnB em direção a região administrativa de São Sebastião, após passar pela divisa do Distrito Federal com o estado de Goiás, seguimos pela BR-251 em direção a Unaí por 128 km.

A base do projeto foi a Chácara Recanto Estrela Kamayura (-16.395514, -46.902618) em Unaí. O acesso às subáreas era realizado pela BR-251, saindo de Unaí em direção à cidade de Paracatu pela rodovia por 7,5 km, onde começa o limite norte da subárea I à direita, a BR-251 continua margeando as áreas por 16 km até o trevo com a MG-188. A área do projeto segue margeando a rodovia MG-188 por 30 km (Figura 1.1).

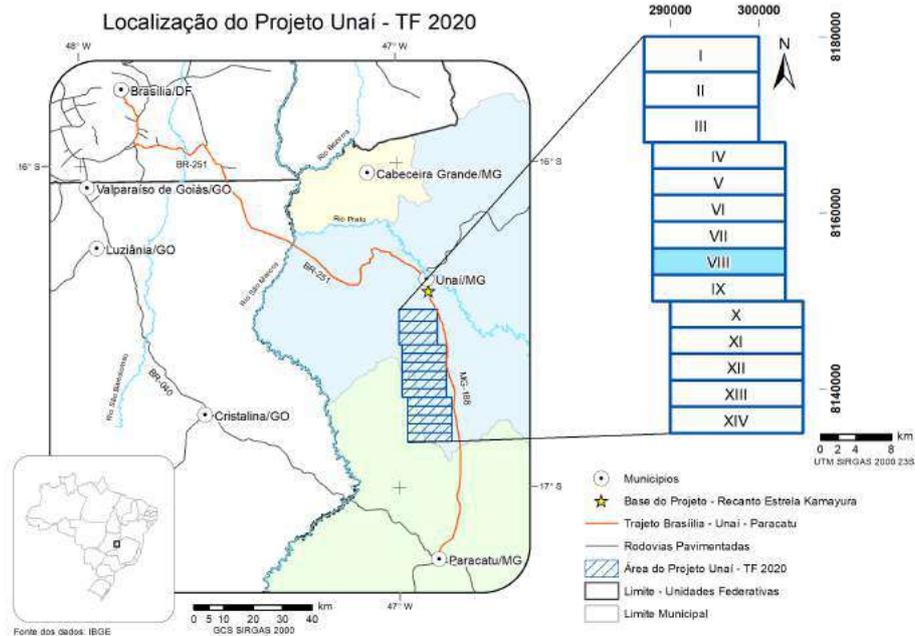


Figura 1.1: Localização do Projeto Unai e principais vias de acesso. Fonte dos dados: IBGE.

O acesso à subárea VIII é feito pelo distrito de Cangalha, a 2,8 km do trevo, seguindo via estrada de terra a oeste da MG-188. A subárea VIII é dividida em duas regiões: Aldeia, a oeste, e Quilombo, a leste, e os principais acessos a essas regiões estão destacados na Figura 1.2.

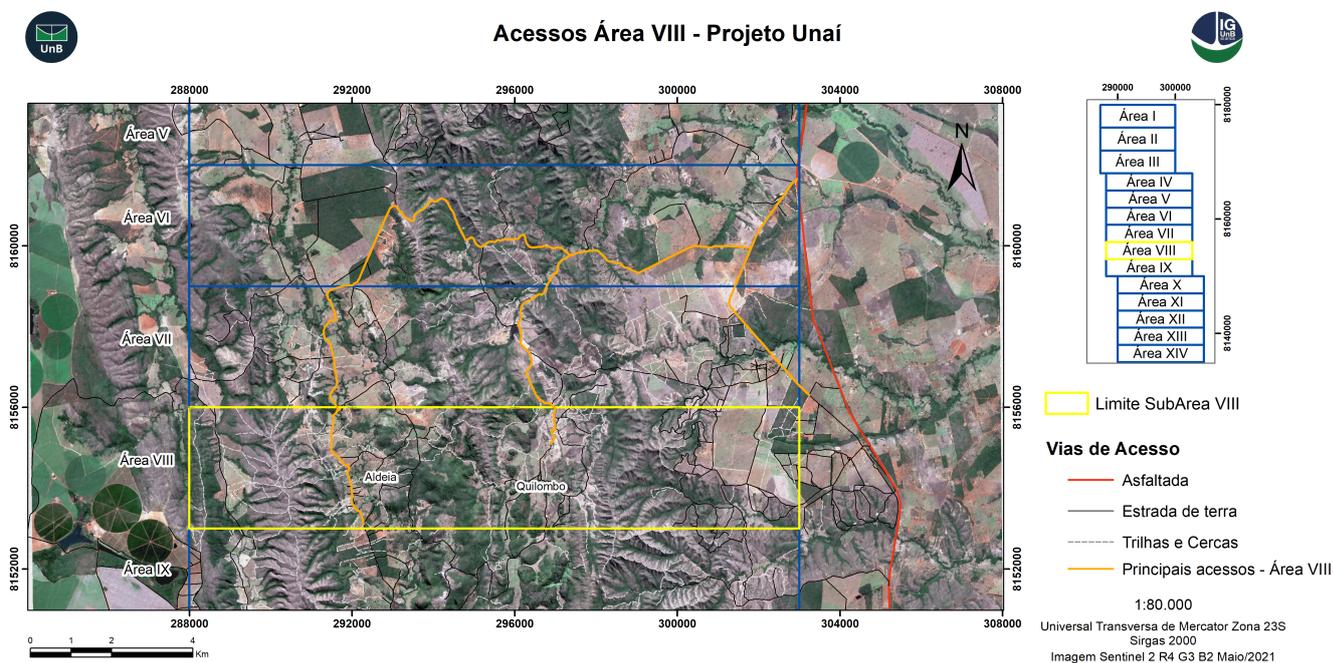


Figura 1.2: Acessos a subárea VIII com destaque para a região da Aldeia, a oeste, e o Quilombo, a leste. Dados do IBGE sobre imagem Sentinel 2.

1.5 Materiais e Métodos

O Projeto Unai teve início em maio de 2021 e seu cronograma de planejamento foi segmentado em três etapas definidas como pré-campo, de maio a julho, campo, de 05 a 21 de julho, e pós-campo, de agosto a novembro, como consta detalhado no cronograma de atividades da Figura 1.3.

Cronograma de Atividades - Projeto Unai											
Etapa	Atividade	Período de desenvolvimento de cada atividade									
		16/jun	01/jul	16/jul	01/ago	16/ago	01/set	16/set	01/out	16/out	01/nov
Pré-campo	Revisão Bibliográfica	■	■	■	■						
	Geologia Regional		■	■	■						
	Mapa Base		■	■	■						
Campo	Mapeamento Geológico		■	■	■						
	Mapa Geológico prévio		■	■	■						
Pós-campo	Capítulo: Geologia Regional			■	■						
	Capítulo: Introdução			■	■						
	Mapa Geológico final			■	■	■					
	Capítulo: Geofísica e Sensoriamento Remoto					■	■				
	Descrições petrográficas					■	■				
	Capítulo: Zoneamento Hidrogeológico					■	■				
	Capítulo: Estratigrafia e Petrografia					■	■	■			
	Capítulo: Geologia Estrutural						■	■	■		
	Capítulo: Evolução Geológica						■	■	■		
	Capítulo: Potencialidade Econômica							■	■	■	
	Capítulo: Conclusões e Recomendações								■	■	
	Entrega dos volumes finais										■
	Apresentação e Defesa										■

Figura 1.3: Cronograma de atividades e entregas do Projeto Unai.

1.5.1 Pré-campo

Durante a etapa de pré-campo foi preparado todo o material necessário para a etapa de mapeamento. Os principais produtos desta etapa foram: o capítulo prévio de geologia regional, com a revisão bibliográfica dos principais trabalhos da região; produtos de sensoriamento remoto, caracterização geofísica através de levantamentos aerogeofísicos de magnetometria e gamaespectrometria; e a elaboração de mapas temáticos em escala 1:50.000, sendo o principal deles o mapa base (Figura 1.4) e a integração dos dados de vias de acesso, redes de drenagem e localidades, tais como: cidades, vilas e propriedades rurais.

Os produtos de sensoriamento remoto, base do mapeamento pré-campo, utilizaram os dados gratuitos dos sensores Sentinel 2 (ESA) e ALOS/PALSAR (ASF), com escalas de 10 e 12,5 metros respectivamente. O processamento dos dados foi realizado utilizando os softwares ArcGIS 10.8 (Esri), QGIS 3.16 bem como na plataforma virtual de livre acesso baseada em nuvem Google Earth Engine (Google). O software ArcGIS foi disponibilizado pelo licenciamento institucional firmado pela UnB. Tais produtos são utilizados para planejamento e durante a locomoção em campo, além de auxiliar na delimitação de unidades e estruturas geológicas durante a etapa de campo e pós-campo.

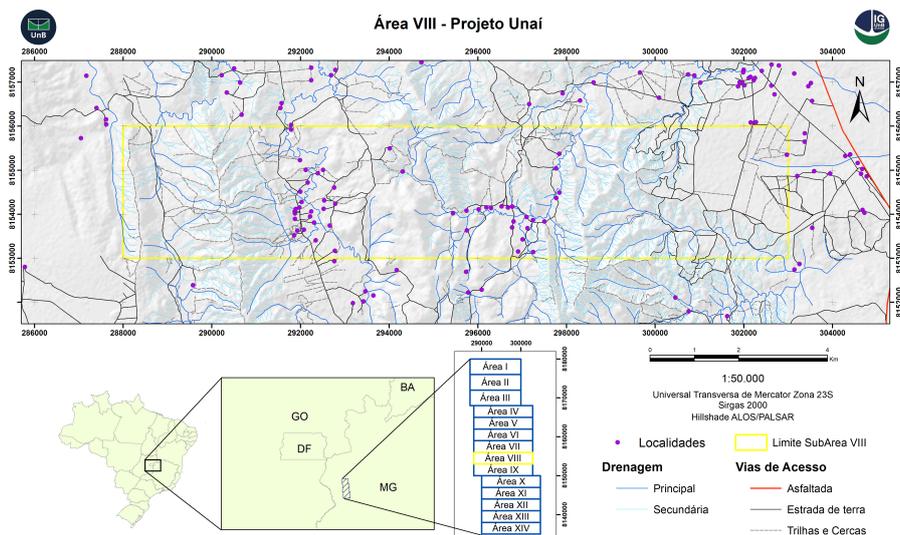


Figura 1.4: Mapa Base - Subárea VIII, com vias de acesso, drenagem e localidades. Imagem: Relevo Sombreado ALOS/PALSAR.

1.5.2 Campo

A etapa de campo foi realizada entre os dias 05 e 21 de julho na região de Unaí. Durante 16 dias, a equipe do projeto mapeou suas respectivas subáreas com enfoque no levantamento litoestratigráfico da região, na descrição litofaciológica das unidades observadas, medição e descrição de estruturas, coleta de amostras e registro fotográfico.

Na subárea VIII foram descritos ao todo 174 pontos (Figura 1.5) durante a etapa de campo, priorizando caminhamentos leste oeste, perpendiculares às principais feições morfoestruturais. Foram coletadas 39 amostras das diferentes fácies observadas ao longo da região. Ao final da etapa de campo foi elaborado um mapa geológico prévio com os limites geológicos e a orientação das principais estruturas identificadas. Por fim, foram selecionadas entre as subáreas as amostras mais representativas de cada unidade litológica mapeada, sendo confeccionadas 27 lâminas petrográficas, das quais 15 foram descritas pela subárea e estão disponíveis no Anexo A.

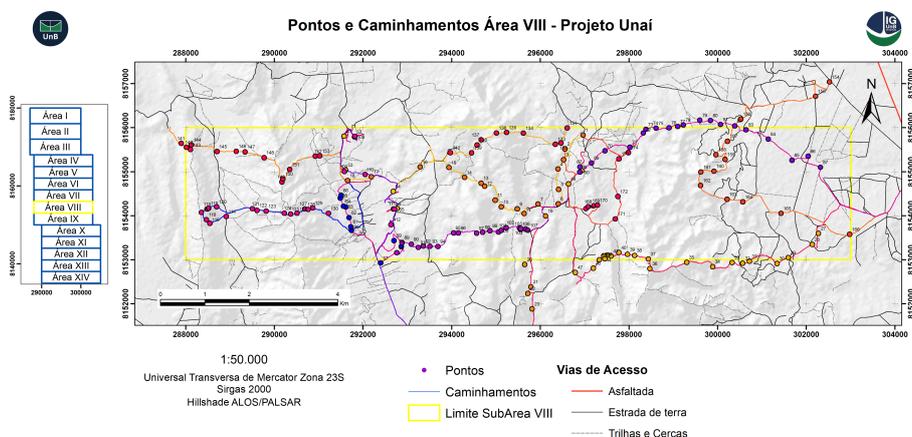


Figura 1.5: Mapa de Pontos - Subárea VIII, com os pontos e caminhamentos realizados.

1.5.3 Pós-campo

A etapa pós-campo ocorreu no primeiro semestre letivo de 2021 da UnB, começando em 22 de julho, logo após o retorno da atividade de campo, e terminando em 11 de novembro, com a apresentação e defesa dos relatórios.

Durante esse período os principais objetivos foram: a elaboração do mapa geológico e a confecção do relatório final, utilizando os produtos do sensoriamento remoto e da geofísica; detalhando as fácies observadas, através da descrição macroscópica e microscópica das amostras coletadas em campo e laminadas no laboratório do IG-UnB, também analisadas por difratometria de raios-x; estatística das feições estruturais observadas em campo e extraídas por sensoriamento remoto; e cartografia e zoneamento da área do projeto, com a descrição das unidades hidroestratigráficas.

1.6 Critérios para descrição petrográfica das rochas

Para a descrição e classificação das rochas sedimentares observadas durante o projeto foram utilizadas a classificação de Folk (1980) para as rochas detríticas terrígenas/clásticas e a de Dunham (1962) para as litofácies carbonáticas. As rochas metamórficas foram classificadas de acordo com seus componentes mineralógicos, texturais e estruturais.

1.7 Critérios para descrição estrutural

As medidas estruturais planares, como acamamento (S0), foliação (Sp para a principal ou plano axial de dobra e Ss para a paralela ao acamamento) e fraturas (Fn), foram coletadas em formato “direção do mergulho/mergulho”. As medidas lineares, como lineações de estiramento, de interseção, crenulação ou de deslizamento (ranhuras), foram coletadas na forma “direção do caimento/caimento”. A declinação magnética utilizada para a região foi aproximadamente de 22°.

Capítulo 2

Aspectos Fisiográficos

Apresenta a caracterização e classificação da paisagem, como a vegetação, recursos hídricos e relevo observados na área do projeto.

2.1 Contexto Geral

Localizados na mesorregião noroeste de Minas Gerais, os municípios de Unaí tem área territorial de 8.445 km^2 , e Paracatu, 8.231 km^2 . A população estimada em 2020 pelo IBGE é de 84.930 habitantes em Unaí e 93.862 habitantes em Paracatu. A zona urbana de Unaí está situada em uma altitude média de 640 m, já Paracatu está posicionada em uma altitude média de 688 m.

2.2 Clima

O clima que predomina nos municípios de Unaí e Paracatu é o tropical úmido (definido como Aw na classificação de Köppen e Geiger (1928)), caracterizado por um longo período de estiagem e um período úmido, formando duas estações bem definidas: uma seca, de abril a setembro, e outra chuvosa, de outubro a março.

A região apresenta temperaturas elevadas durante todo o ano, com média anual calculada em 24°C . As menores temperaturas são registradas entre os meses de abril a setembro (período de estiagem), com madrugadas frias e média de 13°C , e tendo o menor nível de precipitação do ano nos meses de junho e julho, com média de 6 mm. O período chuvoso ocorre entre os meses de outubro a março, com temperaturas mais elevadas, e o mês de dezembro apresenta a maior média registrada nos últimos 30 anos, com 325 mm de chuva. A precipitação média anual em ambos os municípios é de, aproximadamente, 1.400 mm (Figuras 2.1 e 2.2).

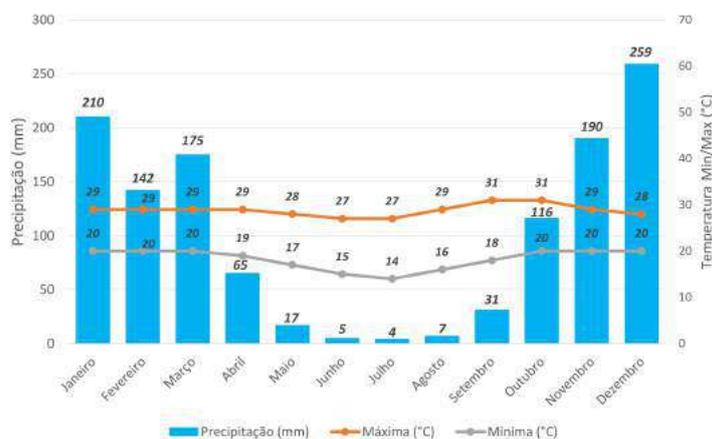


Figura 2.1: Gráfico com a média de precipitação e de temperaturas máximas e mínimas anuais dos últimos 30 anos no município de Unaí-MG. Fonte: Climatempo.

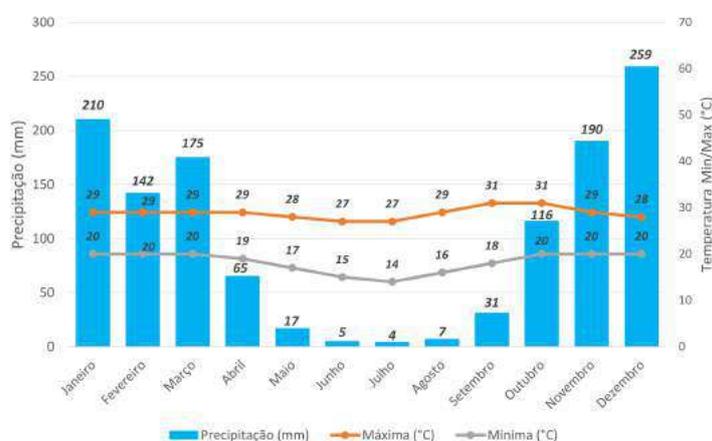


Figura 2.2: Gráfico com a média de precipitação e de temperaturas máximas e mínimas anuais dos últimos 30 anos no município de Paracatu-MG. Fonte: Climatempo.

2.3 Relevo

A maior parte dos territórios de Unaí e Paracatu é plana. Em Unaí, segundo dados da prefeitura, cerca de 60 % da área do município é plana, ondulada em 25 % e montanhosa em 15 %. As principais feições geomorfológicas observadas nas áreas do projeto foram relevos de serras, colinas e morros altos de vertentes retilíneas bastante íngremes dissecados com topos aguçados e vales encaixados colmatados por colúvio. São observadas superfícies de aplainamento justapostas com áreas de crista e depressões de relevo plano a suave ondulado. Serra com relevo dissecado e topos convexos, aparentemente forma um chapadão. Também é possível notar relevos do tipo carste cobertos por vegetação e paredões de rochas carbonáticas (Figuras 2.3 e 2.4).



Figura 2.3: Vista panorâmica da subárea VIII. No fundo da imagem é possível notar um padrão de relevo alto, mais escarpado e com vertente bastante íngreme. Já mais próximo, avista-se um padrão de relevo que varia desde suave ondulado a morrotes de topo convexos e, mais à direita, a formação serrana.

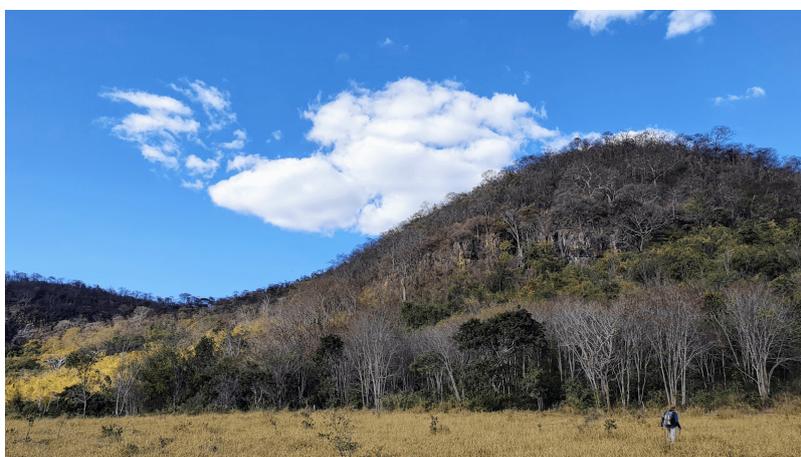


Figura 2.4: Foto de um relevo cárstico coberto com vegetação de mata seca, observado nas rochas carbonáticas que afloram na região.

2.4 Vegetação

Toda a extensão territorial dos municípios de Unaí e Paracatu está coberta pelo bioma Cerrado. Nas áreas do projeto foram observadas as seguintes fitofisionomias definidas pela Embrapa Cerrados (RIBEIRO; WALTER, 1998): matas secas, matas de galeria, cerradão, cerrado denso, cerrado ralo, cerrado rupestre e as formações campestres (Figura 2.5).

Na área do projeto as formações campestres são observadas principalmente em terrenos planos a suave ondulados cobertos por solos espessos, com uso principal na atividade agropecuária. As formações florestais são encontradas próximas a canais de drenagem intermitentes e perenes. Em relevos cársticos e nos topos e vertentes de serra que apresentam rochas mais competentes e fraturadas. Já as formações savânicas são vistas nas colinas, morros e morrotes de vertentes mais íngremes e depressões de relevo plano a suave ondulado.

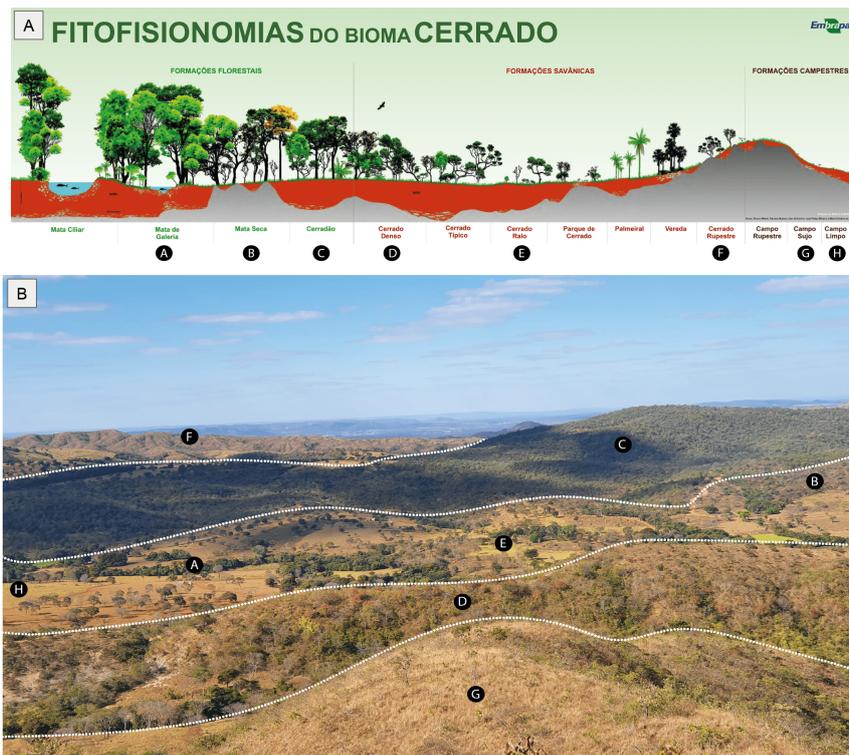


Figura 2.5: (A) Fitofisionomias do bioma Cerrado ilustradas (RIBEIRO; WALTER, 1998); (B) Fitofisionomias observadas em vista panorâmica na subárea VIII.

2.5 Solos

A cobertura de solos nas áreas do projeto é identificada como latossolo vermelho distrófico presente principalmente em vales colmatados por colúvio e terrenos planos a suave ondulados da depressão Sanfranciscana; neossolo litólico distrófico em áreas de serra e morros com relevo mais dissecado e alta declividade; cambissolo em porções de vales encaixados dissecados próximo às drenagens; e plintossolos pétricos em porções de relevos planos a suave ondulado (Figura 2.6).

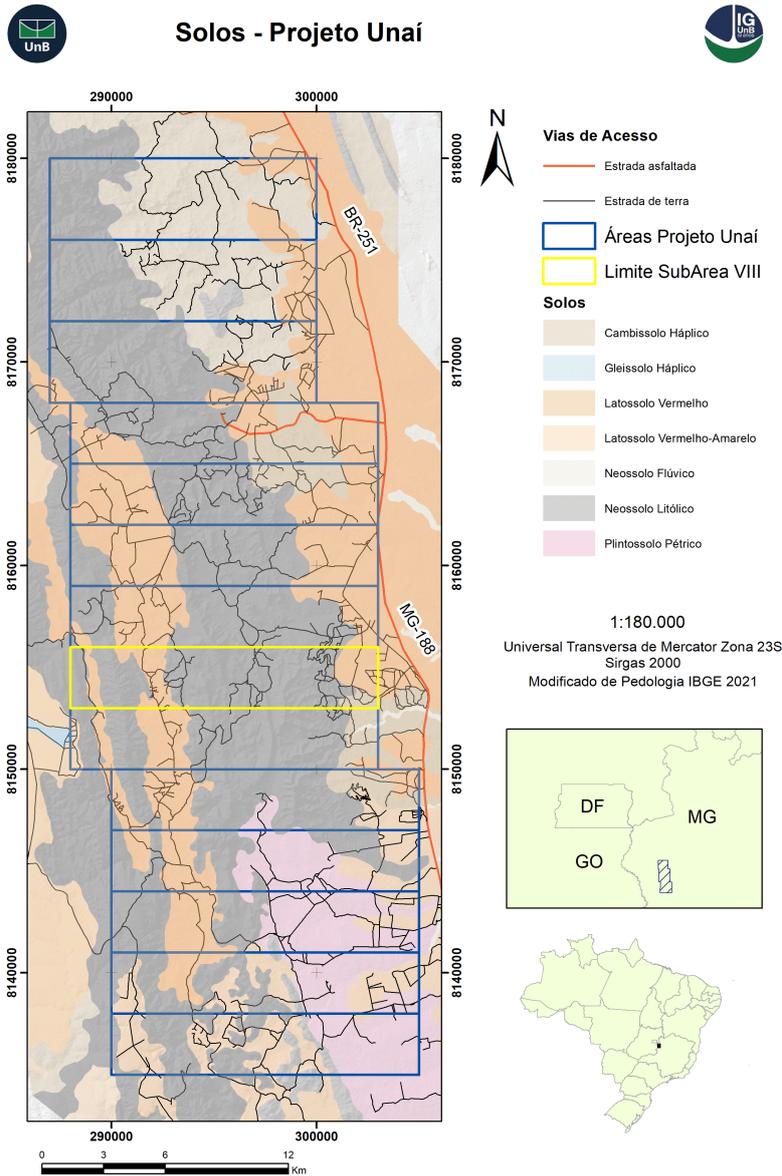


Figura 2.6: Mapa de solos na região do Projeto Unai. Fonte: IBGE 2021.

Foram observados neossolos pouco espessos, constituídos por material mineral ou orgânico. Não apresentam alterações significativas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, em função do seu material de origem apresentar maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica. O clima, relevo e o tempo podem impedir ou limitar a evolução desses solos (SANTOS et al., 2018).

Ao analisar a Figura 2.7 (C), nota-se que os cambissolos apresentam horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. São solos pouco evoluídos, geralmente pedregosos, rasos, com alto teor de silt, mas apresentam grandes variações de um local para outro de acordo com a heterogeneidade dos materiais de origem, das condições climáticas e do relevo. Podem ser fortemente até imperfeitamente drenados. Variam de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escuro, de alta a baixa saturação por bases e atividade química

da fração argila (SANTOS et al., 2018).

Como se pode observar na Figura 2.7 (A, B), os litossolos são bastante evoluídos, normalmente muito profundos sendo que a espessura raramente é inferior a 1 metro como resultado intenso intemperismo e pedogênese. São solos em avançado estágio de intemperização, de fortemente a bem drenados, eventualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo (SANTOS et al., 2018).

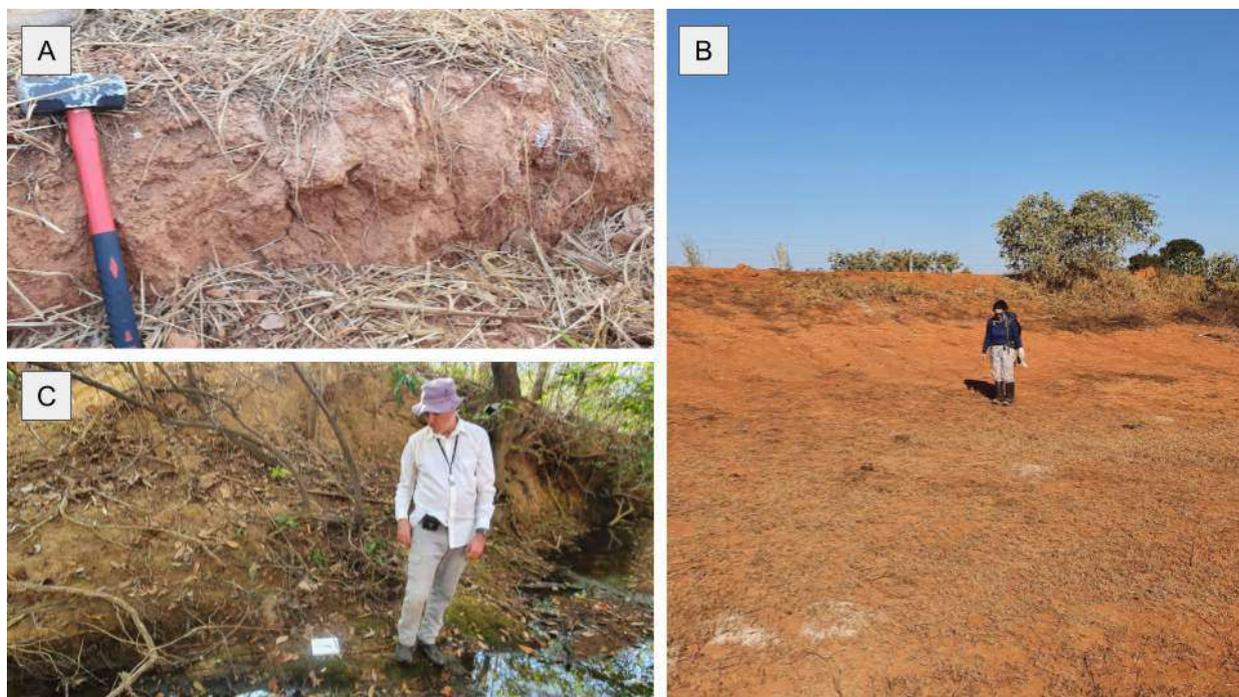


Figura 2.7: Perfis de solo observados na subárea VIII. (A) e (B) Latossolo; (C) Cambissolo.

2.6 Hidrografia

As áreas do projeto estão inseridas na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, na região fisiográfica da bacia do Médio São Francisco, que corresponde a 39 % da área total da bacia (ANA). O principal curso d'água de Unaí, que dá nome à sua sub-bacia, é o Rio Preto, que compõe uma área de drenagem de 2.900 km^2 . Esse rio compõe também a sub-bacia do Rio Paracatu, importante afluente do Rio São Francisco, cortando em sua maior parte o estado de Minas Gerais, e pequenas áreas de topo que adentram o estado de Goiás além do Distrito Federal (Figura 2.8).

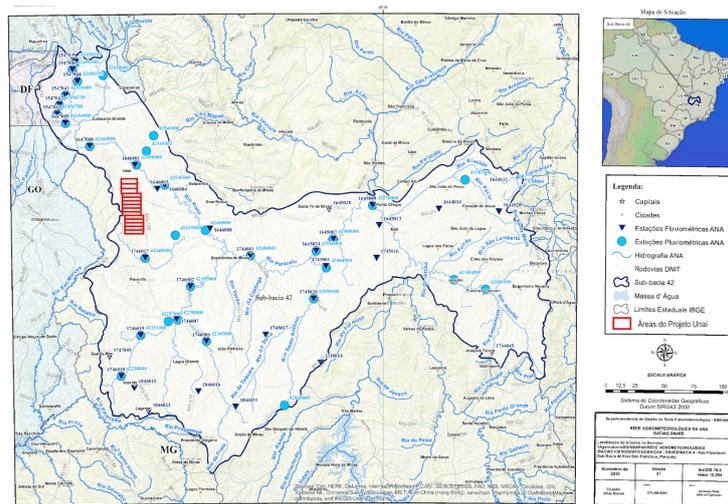


Figura 2.8: Mapa ilustrativo que mostra a posição das áreas do Projeto Unaí dentro da sub-bacia hidrográfica do rio Paracatu. Modificado de Agência Nacional de Águas (ANA).

Na subárea VIII em particular, o principal curso d'água é o Ribeirão da Aldeia, que contém o maior volume de água e vazão quando comparado aos outros canais perenes existentes na região (Figura 2.9).



Figura 2.9: Imagem do Ribeirão da Aldeia. É possível notar que o fluxo e volume de água continuam altos mesmo em meados de julho, período de estiagem na região.

2.7 Uso e Ocupação do Solo

A economia do município de Unaí é baseada principalmente na agropecuária, sendo um dos principais produtores de grãos do Brasil. Segundo dados do Anuário Mineral Estadual de Minas Gerais, publicado pela Agência Nacional de Mineração (ANM) em 2019 com base em 2016, o valor da produção mineral comercializada no município superou a soma de 1 milhão de reais (IBGE).

A economia de Paracatu também é baseada na produção agropecuária, com destaque para a produção de soja, milho e feijão; A atividade de mineração representa 45 % do PIB do município,

sendo a extração de ouro a principal responsável por esse valor. Segundo dados do Anuário Mineral do estado de Minas Gerais, publicado pela ANM em 2019 com base em 2016, o valor da produção mineral comercializada no município superou a soma de 1 bilhão de reais.

Na área do projeto o principal uso do solo destina-se a pecuária de corte, seguida de lavouras temporárias e da silvicultura de eucalipto, como observado na classificação realizada pelo MapBiomas (2021). De forma restrita, há a pecuária de gado leiteiro, de maioria familiar. Os pastos normalmente localizam-se nas porções de relevo aplainadas, onde o manejo é facilitado, e aparecem na Figura 2.10 como área de pastagem, mas nas áreas de pecuária familiar também se utiliza as regiões de formação campestre. As lavouras são, na maior parte, para a produção de soja e estão concentradas a oeste da área do projeto, em planaltos, ou dispersas em pequenas áreas entre os pastos. Na região é comum a utilização de pivôs de irrigação.

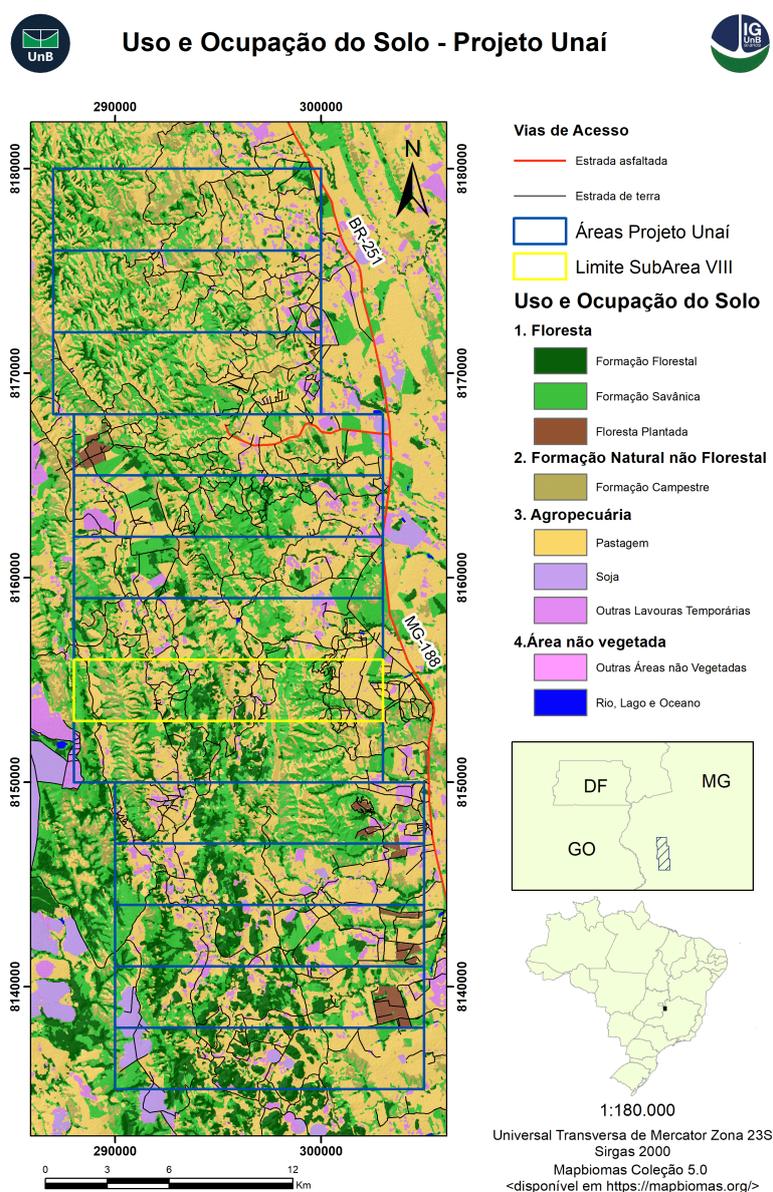


Figura 2.10: Uso e ocupação do solo do Projeto Unai - Coleção 5 (MAPBIOMAS, 2021).

Capítulo 3

Contexto Geológico Regional

Apresenta o contexto geológico regional do Projeto Unaí e a bibliografia utilizada.

3.1 Introdução

Neste capítulo será abordado, de forma breve, o contexto geológico regional da Província Tocantins, com enfoque na parte sul da Zona Externa da Faixa Brasília, onde está localizada a área do Projeto Unaí, com destaque para a Formação Quilombo, o Grupo Canastra, o Grupo Paranoá, o Grupo Vazante e o Grupo Bambuí, que são as unidades que afloram na porção externa meridional da Faixa Brasília de idade Meso-Neoproterozoico. As rochas do embasamento datadas do Paleoproterozoico e pertencentes aos grupos Araí e Traíras não afloram na porção sul da Faixa, por isso, não serão descritas as suas respectivas litologias.

3.2 Contexto Geral

A área do Projeto Unaí faz parte do contexto regional da Província Tocantins, localizada na parte central do Brasil, entre o Cráton Amazônico, a oeste, e o Cráton São Francisco, a leste. Limita-se ao norte pela Bacia do Parnaíba e ao sul, pela Bacia do Paraná (ALMEIDA, 1977). A Província é composta por três cinturões orogênicos, sendo a Faixa Araguaia e Faixa Paraguai, que bordejam, respectivamente, o leste e o sudeste do Cráton Amazônico, e a Faixa Brasília, disposta ao longo da borda oeste do Cráton São Francisco. Esses cinturões de dobramentos foram desenvolvidos durante a Orogênese Brasileira-Pan Africana no Neoproterozoico, como resultado da colisão entre o Cráton São Francisco, Cráton Amazônico e Bloco Paranapanema (FUCK et al., 2017).

A Faixa Brasília, caracterizada com um sistema de dobramentos do Neoproterozoico, está situada na parte leste da Província do Tocantins, estendendo-se por mais de 1000 km em uma direção geral N-S ao longo da margem oeste do Cráton São Francisco (DARDENNE, 2000). Abrange os estados do Tocantins, Goiás, Minas Gerais, além do Distrito Federal como é mostrado na Figura 3.1. A Faixa Brasília é segmentada nas seguintes unidades tectônicas: Arco Magmático de Goiás, Maciço de Goiás, Zona Interna e Zona Externa (FREITAS-SILVA; DARDENNE, 1994; FUCK;

PIMENTEL; SILVA, 1994). Será dado foco à Zona Externa da Faixa Brasília, mais especificamente à porção meridional, onde afloram na região de Unai-MG o Grupo Canastra, o Grupo Paranoá, o Grupo Vazante, o Grupo Bambuí e a Formação Quilombo.

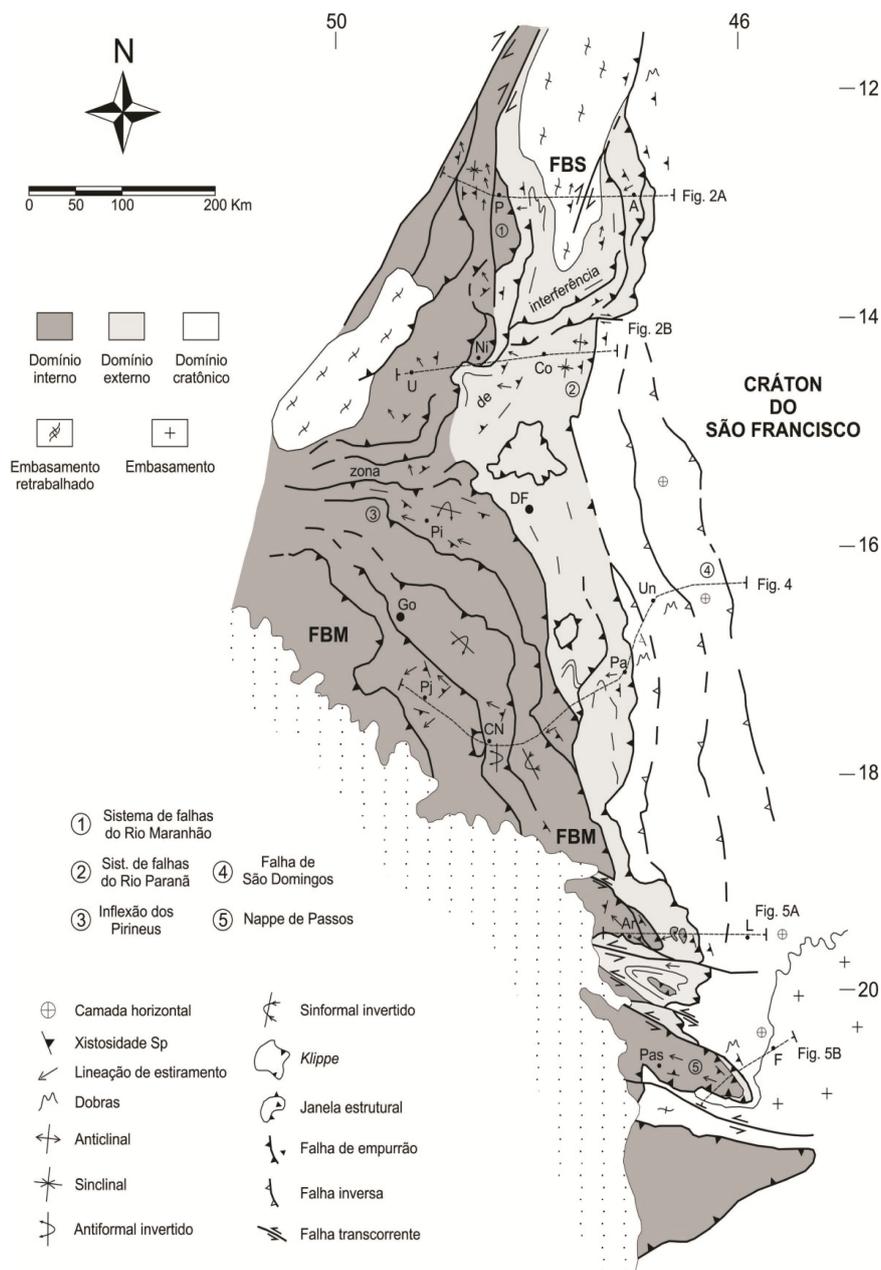


Figura 3.1: Mapa estrutural simplificado da Faixa Brasília e porção adjacente do Cráton do São Francisco, com indicação dos domínios. Retirado de Uhlein et al. (2012).

3.3 Formação Quilombo

Em virtude dos problemas estratigráficos e geocronológicos identificados no Grupo Vazante, na qual sua idade, posição estratigráfica e contexto geológico não são muito bem definidos, Campos et al. (2021), baseados em novas evidências petrográficas, geoquímicas e geocronológicas de camadas

vulcânicas finas, propõem uma nova interpretação geológica do Grupo, reconhecendo uma nova unidade estratigráfica intitulada de Formação Quilombo.

A unidade emerge em uma faixa norte-sul com extensão de 70 km em sua área-tipo que fica nas proximidades do município de Unaí-MG (Figura 3.2). Aflora em vales retos e profundos, também em cortes de estrada, limitada na base e no topo pelos grupos Canastra, Paranoá e Bambuí, em contato tectônico. Foram reconhecidas duas unidades como membros da Formação Quilombo, o Membro Ribeirão da Porteira, que aflora em uma área de morros altos e íngremes, e o Membro Ribeirão do Franco que ocorre em terrenos planos a leste. A distinção entre esses dois membros se dá por meio das suas associações de fácies, assim como sua distribuição geográfica (CAMPOS et al., 2021).

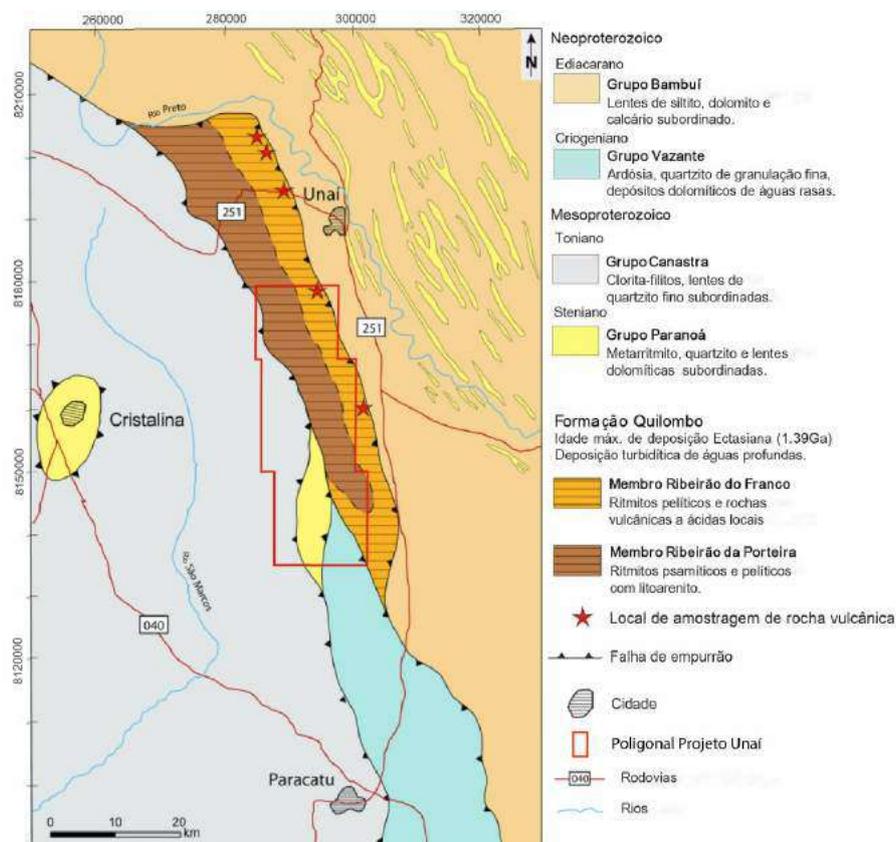


Figura 3.2: Distribuição espacial da Formação Quilombo e as unidades ao redor, em vermelho poligonal da área do Projeto Unaí. Modificado de Campos et al. (2021).

O Membro Ribeirão da Porteira é descrito como uma sequência rítmica psamo-pelítica, representada por litoarenito de granulação fina a grossa e grauvaca lítica com intercalações regulares de ardósia e metassiltitos (Figura 3.3). A espessura da camada individual varia de 10 a 60 cm, apresentando padrão tabular com espessura persistente ao longo dos planos de acamamento. A petrografia de amostras descreve a presença de grãos líticos, fragmentos de ardósia bem arredondados ou clastos alongados. A matriz é caracterizada como uma mistura de argila e silt, semelhante aos clastos, interpretada como um produto do retrabalho dos grãos líticos. As fácies conglomeráticas locais se mostram intercaladas com camadas arenosas imaturas e pelíticas. Todas as camadas que

compõem a sequência rítmica apresentam contatos planos e aspecto geralmente maciço; eventualmente ocorre laminação ou estruturas onduladas. A fácies conglomerática é clasto-suportada com clastos sedimentares bem arredondados, que variam em tamanho de 0,5 a 2,5 cm. A espessura aparente é estimada em 300 m, porém a espessura real é de difícil determinação, já que essa sequência é fortemente dobrada. O contato oeste é tectônico com o flito do Grupo Canastra e o contato leste é gradacional com o Membro Ribeirão do Franco (CAMPOS et al., 2021).

O Membro Ribeirão do Franco é representado por um ritmito distal com finas camadas decimétricas a centimétricas de litoarenito fino, intercaladas com siltito e ardósia, com o mesmo padrão rítmico do Membro Ribeirão da Porteira, porém composto de fácies de granulometria mais fina (Figura 3.3). Fácies de granulação fina localmente com intercalações de grauvasa lítica de granulação fina com camadas pelíticas é comumente desenvolvida. Na porção superior, as rochas vulcânicas ocorrem intercaladas nos sedimentos como lavas afaníticas, variando de 10 cm a 2 m de espessura e apresentando aspecto maciço. Os contatos entre as camadas psamíticas, pelíticas e vulcânicas são abruptos e não há evidência de engrossamento interno ou adensamento em camadas sedimentares individuais. Raramente são observadas estruturas que indicam processos de tração, como laminação cruzada e marcas onduladas assimétricas. A espessura aparente é estimada em cerca de 100 m. O contato a oeste é gradacional com o Membro Ribeirão da Porteira e a leste é representado por um mergulho de baixo ângulo sobre as unidades basais do Grupo Bambuí, que são as formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena (CAMPOS et al., 2021).

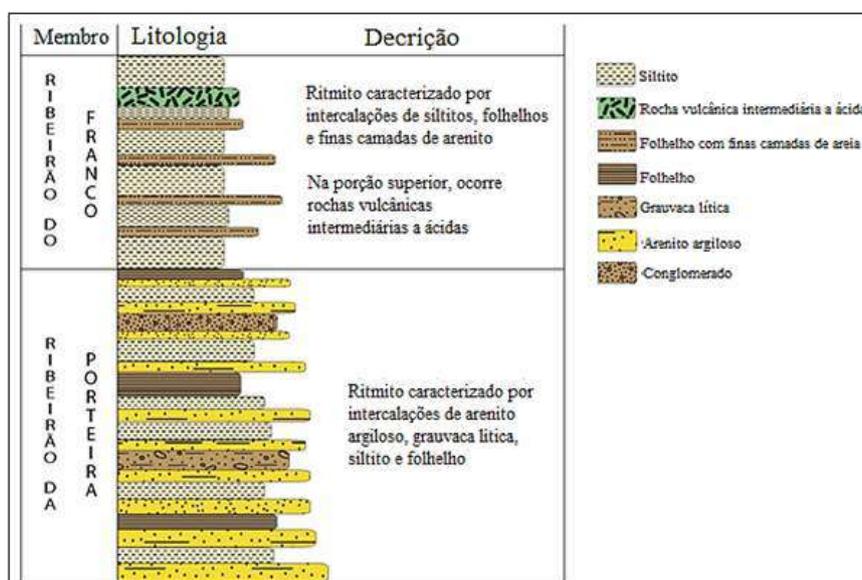


Figura 3.3: Coluna estratigráfica da Formação Quilombo, modificada de Campos et al. (2021).

A interpretação das fácies e suas associações define essa unidade como um sistema turbidítico, de acordo com a metodologia de Chan e Dott (1983); Heller e Dickinson (1985); Mutti (1992); Mutti et al. (2003, 2009) (CAMPOS et al., 2021). Esta sequência de rochas metassedimentares é representada por conglomerados e metarritmitos arenosos e argilosos, depositados durante um ciclo regressivo, onde a sedimentação ocorreu em sopés de taludes continentais, a partir de uma corrente de turbidez. Os ritmitos com maior contribuição psamítica contendo intercalações de

litoarenitos, grauvacas líticas, e raras camadas de conglomerados, interpretados como depósitos mais proximais são interpretados como Membro Ribeirão da Porteira. Já os ritmitos pelíticos com camadas delgadas de arenitos finos, siltitos/folhelhos e argilitos, intercalados com rochas vulcânicas intermediárias a ácidas em eventos episódicos, são interpretadas como depósitos formados em regiões mais distais do Membro Ribeirão do Franco como se pode observar na Figura 3.4 (MOURA, 2018).

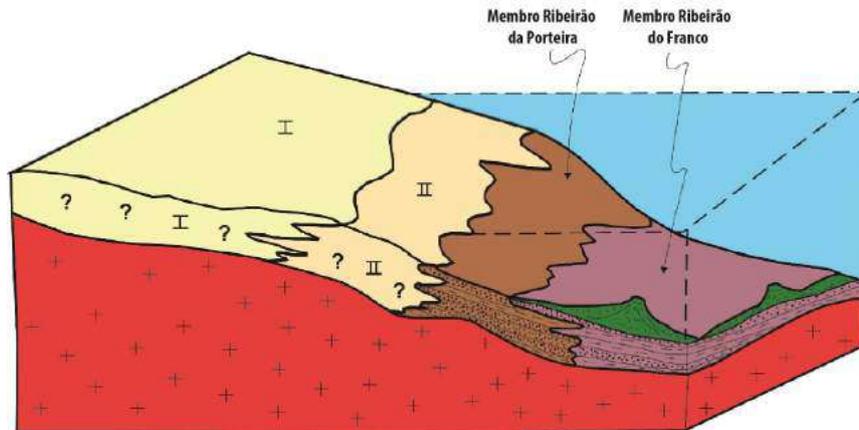


Figura 3.4: Bloco diagrama esquemático mostrando o cenário do vulcanismo da porção distal da sedimentação turbidítica, retirada de Moura (2018).

3.4 Grupo Paranoá

O Grupo Paranoá, inserido na porção externa da Faixa Brasília, corresponde a uma sequência psamo-pelito-carbonatada que está exposta desde o Distrito Federal até o sul do estado de Tocantins, como se pode observar na Figura 3.5. Representa uma sequência de preenchimento de bacia de primeira ordem que se estende para o interior do Cráton e que é recoberta por unidades do Grupo Bambuí (CAMPOS et al., 2013).

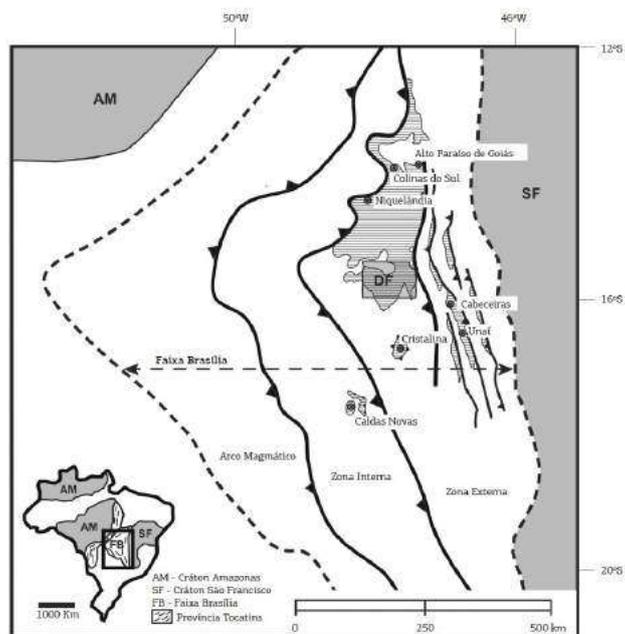


Figura 3.5: Distribuição do Grupo Paranoá nas porções interna e externa da Faixa de Dobramentos Brasília, retirada de Campos et al. (2013).

O Grupo Paranoá, devido à sua grande extensão, apresenta graus de metamorfismo diferente nas porções externas e interna da Faixa Brasília, com variações laterais de fácies de leste a oeste (CAMPOS et al., 2013). Na zona externa, onde está localizada a região do Distrito Federal até Alto Paraíso de Goiás, o Grupo Paranoá caracteriza-se pelo seu caráter anquimetamórfico até a fácies xisto verde baixo, englobando como litotipos característicos conglomerados, ardósias, metarritmitos, metacalcários e metadolomitos onde, em geral, as feições sedimentares primárias estão preservadas. Já na zona interna da Faixa Brasília, o grupo apresenta maior grau metamórfico e maior grau de deformação, caracterizando-se pela presença de filitos carbonosos, quartzitos, metacarbonatos. A correlação entre as unidades presentes nas zonas externa e interna da faixa somente foi possível devido à presença de um conglomerado basal (Conglomerado São Miguel) e sequências carbonáticas contendo os mesmos estromatólitos dos gêneros *Kussiella*, *Colonnella*, *Conophyton* e *Baicalia* (CAMPOS et al., 2013).

A idade do Grupo Paranoá foi estabelecida em função das relações estratigráficas com os grupos Araí e Bambuí (respectivamente correspondentes à sua base e topo), por correlações regionais e principalmente em função das estruturas estromatolíticas (CAMPOS et al., 2013). A datação mais recente foi realizada por Rodrigues et al. (2012) a partir de dados isotópicos U-Pb e Hf sobre zircões detríticos. Estima-se uma idade mínima de deposição do Grupo Paranoá de 1.042 Ma, baseada em sobrecrecimento diagenético de xenotima em zircão detrítico, e idade máxima de 1542 Ma em função da população de zircões mais jovens. O sistema deposicional está relacionado a condições marinhas plataformais epicontinentais, sendo a variação da proporção de materiais arenosos e argilosos relacionada a variações de profundidade da lâmina d'água, em função de ciclos transgressivos-regressivos (CAMPOS et al., 2013).

O empilhamento estratigráfico do Grupo Paranoá (Figura 3.6) contém mais de dez formações,

porém um maior enfoque será dado às rochas do Grupo que afloram na região de Unaí-MG. Trata-se das unidades da parte superior, que são as Formações Ribeirão da Contagem, Córrego do Sansão e Córrego do Barreiro.

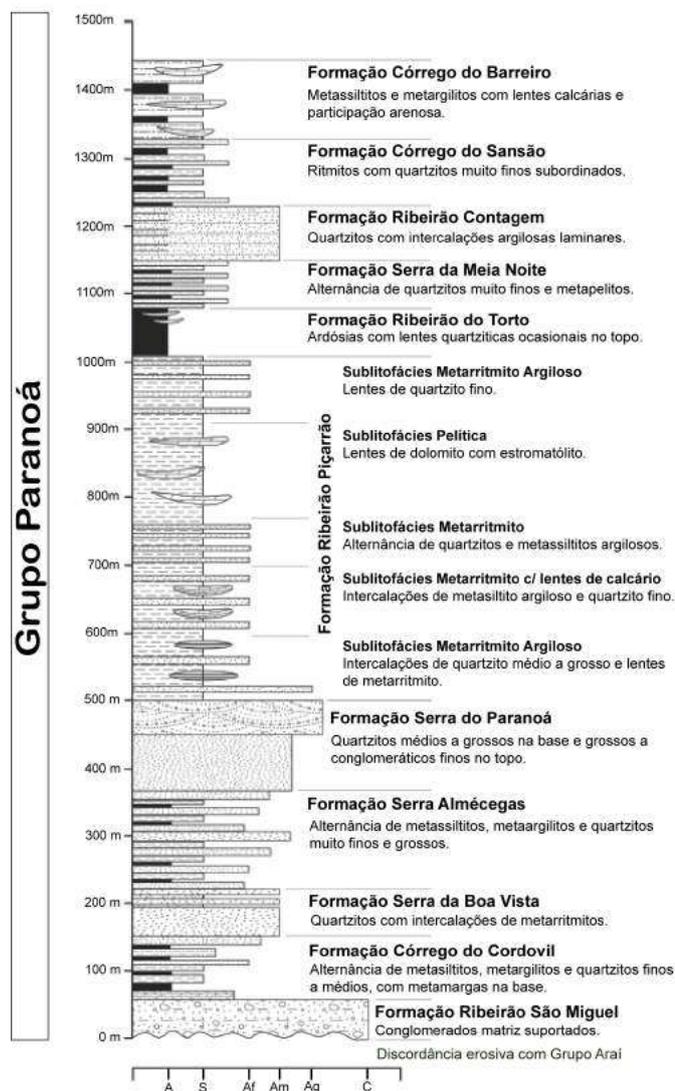


Figura 3.6: Coluna estratigráfica do Grupo Paranoá na área-tipo de Alto Paraíso de Goiás/Distrito Federal, retirada de Campos et al. (2021).

3.4.1 Formação Ribeirão Contagem

A Formação Ribeirão Contagem é representada por quartzitos finos a médios, brancos ou cinza claro (cinza escuro quando frescos), bem selecionados, maduros mineralogicamente, em geral muito silicificados e, onde se encontram menos recristalizados, mostram grãos arredondados. Apresenta um aspecto maciço, constante na maioria das exposições, atribuído à intensa silicificação. Sob condições de maior intemperismo, é possível identificar o acamamento plano-paralelo em bancos decimétricos a métricos. Frequentemente, o acamamento original é de difícil percepção devido a silicificação e a intenso fraturamento, comumente desenvolvidos nesta litofácies. Observa-se,

também, estratificações cruzadas de pequeno a médio porte e de caráter variado, sendo comuns as tabulares, tangenciais, acanaladas e do tipo espinha de peixe, além de raras marcas onduladas assimétricas de cristas sinuosas ou paralelas.

A estruturação interna de algumas estratificações tipo espinha de peixe mostra, raramente, a presença de estruturas tipo tidal bundles. Lentes de metarritmitos, com espessuras variando de decimétricas até 10 m (comumente interceptadas por poços tubulares profundos), ocorrem geralmente próximas à base e ao topo desta sucessão de quartzitos. O contato inferior, com a Formação Serra da Meia Noite, é descrito como brusco e concordante (CAMPOS et al., 2013).

3.4.2 Formação Córrego do Sansão

A Formação Córrego do Sansão é caracterizada por metarritmitos homogêneos com intercalações centimétricas regulares de metassiltitos, metalamitos e quartzitos finos de coloração cinza, amarelada, rosada ou avermelhada devido a diferentes graus de intemperismo. Raros bancos (de 0,5 até 1,0 m) de metassiltitos maciços amarelados ou rosados e de quartzitos finos, feldspáticos e rosados ocorrem localmente, quebrando a regularidade das camadas rítmicas centimétricas (CAMPOS et al., 2013).

Dentre as estruturas sedimentares, são comuns as estratificações plano-paralelas e lentes arenosas ricas em estruturas do tipo *climbing ripples*, *hummockys* de pequeno porte, raras marcas onduladas de oscilação (simétricas) e pequenas sigmoides geralmente amalgamadas em bancos mais espessos. Comumente, é possível observar que os bancos arenosos apresentam base plana e topo ondulado. Os níveis de quartzitos são mal selecionados e sempre apresentam concentrações variáveis de material pelítico intersticial aos grãos de quartzo. A recristalização dos grãos é comum, sendo localmente possível observar sobrecrecimento. Proporções entre 5 e 10 % de feldspatos (sendo o plagioclásio mais comum) permitem enquadrar os protólitos dos níveis quartzíticos como arenitos feldspáticos. Nos casos em que o material pelítico ultrapassa os 15 %, o protólito é representado por grauvaça quartzosa. Os níveis pelíticos mostram apenas algumas lamelas de muscovita detrítica em meio a uma massa de óxidos e hidróxidos de ferro, provavelmente resultante da alteração dos flossilicatos e argilo-minerais originais da rocha. Essa unidade é bem exposta em áreas dissecadas que se sucedem às chapadas sustentadas pelos quartzitos da Formação Ribeirão Contagem. Seu contato com a unidade sotoposta é nitidamente gradacional e se deve ao afogamento rápido da plataforma (CAMPOS et al., 2013).

3.4.3 Formação Córrego do Barreiro

A Formação Córrego do Barreiro é representada sobretudo por metalamitos siltosos de coloração cinza prateado (que passa a amarelo, rosado ou avermelhado com a alteração) bastante laminados, podendo mostrar foliações e, por vezes, aspecto sedoso ao tato devido à abundante presença de flossilicatos. Este tipo litológico é o mais comum nesta formação, contribuindo com cerca de 85 % do total da sucessão.

Os litotipos restantes são constituídos por rochas carbonáticas e quartzíticas que ocorrem como

lentes interdigitadas com as fácies pelíticas. As rochas carbonáticas são representadas por calcários pretos ou cinza escuros, micríticos ou intraclásticos (classificados como mudstones, grainstone intraclásticos, packstone intraclásticos e floatstones intraclásticos) e em menor relevância por dolomitos com tons de cinza claros, localmente estromatolíticos. Os quartzitos observados ocorrem em lentes alongadas métricas até decamétricas ou em níveis centimétricos contínuos lateralmente. São quartzitos médios, grossos a conglomeráticos, mal selecionados, preto a cinza escuro (em função de uma película de matéria orgânica em torno dos grãos detríticos) e feldspáticos, com clastos subangulosos a arredondados. Este tipo litológico não é comum em afloramentos, uma vez que são facilmente desagregáveis; contudo, são muito comumente observados em amostras de calha de poços tubulares profundos. Os quartzitos e conglomerados finos, muitas vezes, apresentam matriz pelítica de coloração rosada ou ocre. A análise em lâminas delgadas (apenas duas amostras) mostra grãos arredondados, com contatos desde planares até suturados (CAMPOS et al., 2013). Na base, apresenta contato transicional com a Formação Córrego do Sansão que é marcado pelo aumento progressivo na ocorrência dos metaargilitos sobre os quartzitos e metassiltitos.

3.5 Grupo Canastra

O Grupo Canastra (BARBOSA et al., 1970; BARBOSA, 1955) é composto por metassedimentos psamo-pelíticos carbonatados em fácies xisto verde, essencialmente filitos e quartzitos. O grupo ocorre em parte do estado de Minas Gerais e em porções do Goiás e do Distrito Federal, a oeste. Na região noroeste de Minas Gerais, onde está localizada a área de estudo, o grupo é dividido em três formações, que são, da base para o topo: Serra do Landim, Paracatu e Chapada dos Pilões (Figura 3.7) (FREITAS-SILVA; DARDENNE, 1994; RODRIGUES, 2008; DARDENNE, 2000). As relações de contato com os grupos Araxá e Ibiá não são claras devido aos imbricamentos tectônicos, já os contatos com os grupos Vazante, Paranoá e Bambuí são tectônicos (PIMENTEL, 2016). A unidade teria se depositado em uma bacia de margem passiva ao longo da margem sudoeste do paleocontinente São Francisco-Congo, durante o Mesoproterozoico (DARDENNE, 2000; RODRIGUES, 2008; RODRIGUES et al., 2010).



Figura 3.7: Coluna estratigráfica do Grupo Canastra, retirada de Moura (2018).

Na base do grupo, a Formação Serra do Landim consiste em calcifilitos e calcixistos verde claros e cinza esverdeados (DARDENNE, 2000). A unidade também é descrita por margas e lentes de calcário, que gradam para níveis de calcifilitos/calcixistos e ao topo surgem ocasionais lentes de quartzitos finos (RODRIGUES, 2008). A Formação Paracatu compreende camadas espessas de filitos carbonosos cinzas com intercalações de quartzitos brancos. Essa unidade é dividida em dois membros, sendo o Membro Morro do Ouro, inferior, composto por um nível quartzítico contínuo na base, com variação de poucos metros até mais de 100 m de espessura, seguido por espessas camadas de filitos carbonosos com finas intercalações de níveis quartzíticos. Segue o Membro Serra da Anta, composto por filitos cinzas a cinza esverdeados e eventuais intercalações de níveis quartzíticos finos (DARDENNE, 2000; SILVA et al., 2012).

A Formação Chapada dos Pilões também é dividida em dois membros, sendo o Membro Serra da Urucânia, inferior, composto por intercalações regulares de quartzitos e filitos, e o Membro Hidrelétrica Batalha, superior, composto essencialmente de quartzitos. As formações Paracatu e Chapada dos Pilões representam uma sucessão de granocrescência ascendente, sugestiva de um megaciclo regressivo. A base desse megaciclo é interpretada como sendo depositada em águas profundas, por apresentar camadas ricas em matéria orgânica e pirita diagenética. Essas camadas passam gradualmente para fácies turbidíticas de talude continental, depositadas por correntes de gravidade. Próximo ao topo há fácies típicas de plataforma dominada por tempestade, e no topo sedimentos associados a plataforma rasa dominada por maré (DARDENNE, 2000).

Datações por U-Pb em zircões detríticos sugerem idades máximas de deposição entre 1030 e 1040 Ma para o Grupo Canastra (VALERIANO et al., 2004; RODRIGUES, 2008; RODRIGUES et

al., 2010). Com base em análises U-Pb e Sm-Nd a unidade teria dois principais intervalos de idades de proveniência, Paleoproterozoico (1,8 - 2,1 Ga), e secundariamente Mesoproterozoico (1,1 - 1,2 Ga). A fonte paleoproterozoica dos sedimentos seria o Cráton São Francisco e a mesoproterozoica não foi determinada (RODRIGUES, 2008; RODRIGUES et al., 2010).

3.6 Grupo Vazante

O Grupo Vazante compreende uma espessa sequência de metassedimentos pelítico-dolomíticos marinhos, em fácies xisto verde, depositados em uma bacia de margem passiva durante o Neo-Mesoproterozoico. O grupo é representado por um cinturão de 250 km de extensão, orientado na direção N-S, e passa pelas cidades de Coromandel, Lagamar, Vazante, Paracatu e Unaí (DARDENNE, 2000; CARVALHO et al., 2019). Essa espessa sequência pode ser dividida em sete formações, que são, da base para o topo: Retiro, Rocinha, Lagamar, Serra do Garrote, Serra do Poço Verde, Morro do Calcário e Serra da Lapa (Figura 3.8). Os contatos se dão por meio de falhas, a oeste com o Grupo Canastra e a leste com o Grupo Bambuí (RODRIGUES, 2008).

A Formação Retiro é composta por camadas métricas de quartzitos brancos, localmente conglomeráticos, intercalados com ardósias. Na região dos rios Santo Antônio do Bonito e Santo Inácio, como descrito por Dardenne (2000), a formação é marcada pela presença de camadas de diamictitos com seixos de quartzitos, calcários, dolomitos, metassiltitos e granitóides envoltos em matriz pelítica, localmente fosfática. Esses diamictitos representam fluxos de detritos depositados em águas relativamente profundas por correntes de gravidade.

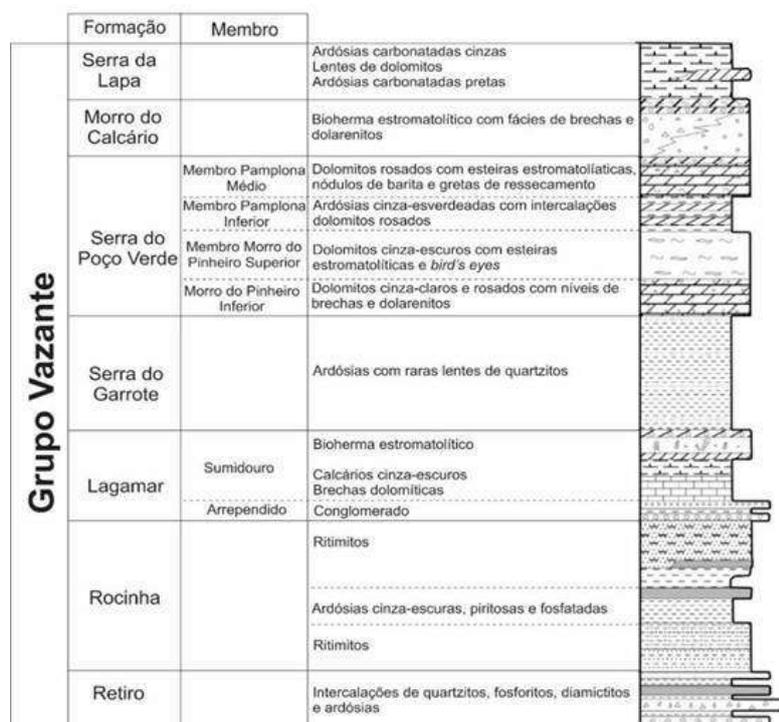


Figura 3.8: Coluna estratigráfica do Grupo Vazante, retirada de Moura (2018).

A Formação Rocinha consiste em uma sequência psamo-pelítica rítmica na base. Essa sequência é seguida por uma espessa camada de ardósias e metassiltitos regularmente intercalados, com cores de alteração amarelas e vermelhas. O pacote grada verticalmente para ardósias cinza escuras, carbonatadas, portadoras de pirita e com finas laminações fosfáticas, que progridem lentamente para fosfarenitos ricos em intraclastos e pellets. Na porção superior da formação, ocorrem quartzitos e metassiltitos rítmicos (DARDENNE, 2000).

A Formação Lagamar é descrita como uma unidade psamo-pelito carbonatada, sendo assim a primeira unidade do grupo com um membro carbonático. Em sua base apresenta alternância entre camadas de metaconglomerados, quartzitos, metassiltitos e ardósias. Os conglomerados formam a unidade conhecida como Membro Arrependido, é clasto-suportada por seixos de quartzito, metasiltitos e calcários cinzas. Superposto ao Membro Arrependido, o Membro Sumidouro, formado por brechas dolomíticas sucedidas por calcários estratificados com intercalações de brechas lamelares e dolomitos, que apresentam estruturas recifais como biohermas estromatolíticas e esteiras algais (DARDENNE, 2000; TELES, 2019).

A Formação Serra do Garrote é constituída principalmente por ardósias, com presença de pirita e carbonato, e, ocasionalmente, finas intercalações de quartzito. É a sequência marinha de maior profundidade do grupo. A Formação Serra do Poço Verde é composta por uma associação sedimentar predominantemente dolomítica, e é comumente separada em quatro membros: Morro do Pinheiro Inferior, Morro do Pinheiro Superior, Pamplona Inferior e Pamplona Médio. Observa-se da base para o topo uma sucessão de dolomitos claros maciços, dolomitos escuros com bird eyes e esteiras microbiais, ardósias carbonosas e folhelhos carbonáticos, e dolomitos claros com esteiras algais, estromatolitos e lentes de folhelho escuro. Na Formação Morro do Calcário predomina a presença de estromatólitos dolomíticos, que formam estruturas recifais como biostromos e biohermas, e estão associados com doloruditos e dolarenitos oolíticos e oncólitos.

No topo do Grupo Vazante está a Formação Serra da Lapa, composta por filitos carbonosos, metasiltitos carbonáticos, camadas de quartzitos e lentes dolomíticas, formadas por diferentes fácies como esteiras de cianobactérias e estromatólitos colunares. A sucessão de metassedimentos do Grupo Vazante corresponde a um megaciclo regressivo, com sedimentação inicial em ambiente marinho sublitorâneo, seguido por perilitorâneo carbonático, e na porção superior, ambiente recifal litorâneo e de planície de maré (DARDENNE, 1981; RODRIGUES, 2008; TELES, 2019). Rodrigues (2008) e Rodrigues et al. (2012) atribuíram a idade máxima de deposição do Grupo Vazante ao Neoproterozoico superior ($\approx 935 \pm 14$ Ma), através U-Pb em zircões detríticos. Idades modelo TDM por Sm-Nd sugerem sedimentos provenientes de fontes com idades predominantemente do Paleoproterozoico e, subordinadamente, Mesoproterozoico. O Cráton São Francisco seria a fonte do Paleoproterozoico, enquanto a do Mesoproterozoico é indefinida.

3.7 Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí, definido originalmente por Rimann (1917), é formado por sedimentos pelíticos e carbonáticos datados ao Neoproterozoico (750-600 Ma), que formam parte do Cráton São

Francisco e da borda leste da Faixa Brasília. A divisão estratigráfica proposta por Dardenne (1981), mostrada na Figura 3.9, subdividiu o grupo em seis formações, sendo da base para o topo: Jequitai, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias. Na área de estudo deste trabalho afloram principalmente as formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena, sendo observados também as outras formações que compõem o Subgrupo Paraopeba (formado pelo Grupo Bambuí sem a Formação Três Marias) (MOURA, 2018).

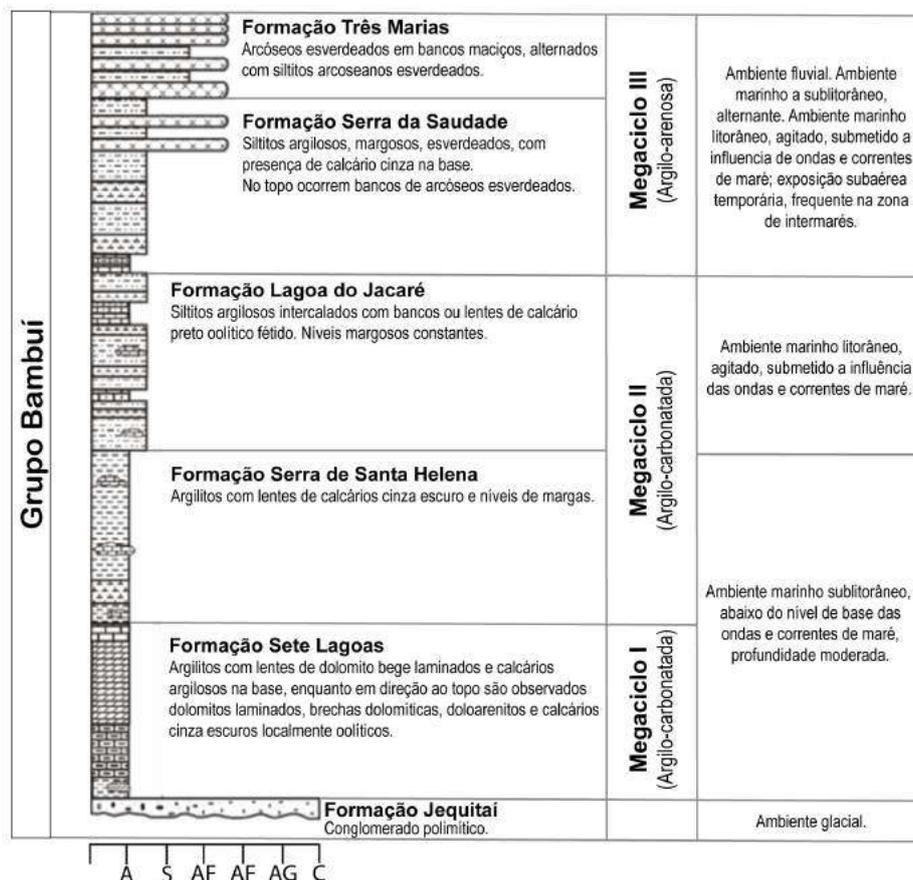


Figura 3.9: Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí, modificada de Moura (2018).

A unidade basal do grupo é a Formação Jequitai, atribuída ao período glacial Esturtiano (700-800 Ma) e com ocorrência restrita e lateralmente descontínua sobre o topo do Grupo Paranoá (ALVARENGA et al., 2007; MARTINS-FERREIRA; CAMPOS; ALVARENGA, 2013). É formada por depósitos glaciogênicos, onde observa-se diamictitos clasto-suportados com matriz pelítica esverdeada e clastos compostos de fragmentos de rochas graníticas, gnáissicas, calcários e quartzitos, sendo raramente intercalados com arenitos e argilitos. A sequência sedimentar sucessiva à Jequitai se formou após o derretimento glacial e é representada por três megaciclos regressivos. Inicialmente se depositaram fácies de ambiente marinho profundo com transgressão marinha regional, em seguida sequências plataformais marinhas rasas que então gradam para fácies de planície de maré e supramaré (DARDENNE, 1981; MOURA, 2018; DARDENNE, 2000).

O primeiro megaciclo é representado pela Formação Sete Lagoas, descrita como uma associação de sedimentos pelíticos-carbonáticos, formada por dolomitos, calcários, siltitos e margas. O

segundo megaciclo, formado pelas formações Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré, está associado à sequência plataformal marinha rasa. A Formação Serra de Santa Helena é composta por sedimentos pelíticos, associados a eventos de tempestade em plataforma, sendo formado principalmente por siltitos ricos em muscovita detrítica e folhelhos, com raras intercalações de arenitos finos, nestas rochas é possível observar a presença de feições como marcas onduladas, estratificações plano-paralelas e cruzadas. Já a Formação Lagoa do Jacaré é formada em plataforma carbonática proximal e caracterizada por siltitos e margas intercaladas a calcários oolíticos. O terceiro megaciclo é composto pelas formações Serra da Saudade e Três Marias. A Formação Serra da Saudade é formada por rochas pelíticas, sendo principalmente siltitos, argilitos e folhelhos. Já a Formação Três Marias é formada por arcóseos, arenitos arcoseanos e siltitos.

Capítulo 4

Geotecnologias

4.1 Introdução

Esse capítulo detalha a aplicação das tecnologias de sensoriamento remoto e geofísica no Projeto Unaí, com as aplicações, as imagens e os produtos utilizados. Ambos constituem grandes auxílios na preparação para a atividade de campo e na construção do trabalho de mapeamento geológico.

4.2 Aplicações

Durante este trabalho foram utilizadas diversas aplicações de sensoriamento remoto e geoprocessamento, análise estrutural, geofísica e navegação. Para realização da extração das feições estruturais, componentes do mapa base e geração dos mapas temáticos foram utilizados o software livre QGIS 3.16.8 LTR e o software ArcGIS (10.6 e 10.8) (ESRI), disponibilizado pelo licenciamento institucional aos alunos da UnB. Os produtos aerogeofísicos, tanto de magnetometria quanto de gamaespectrometria, foram processados com uso do software Geosoft Oasis Montaj (Seequent), disponibilizado pelo IG/UnB e os mapas temáticos e a delimitação dos domínios e lineamentos foram elaborados com uso do ArcGIS.

A obtenção e análise das imagens utilizadas como base para a extração dos lineamentos e alinhamentos, drenagens, reconhecimento de estradas e localidades da região, além de auxiliar na delimitação das unidades litológicas e no zoneamento hidrogeológico, foram realizados através do *Google Earth Engine* (GEE) e do ArcGIS. As imagens Sentinel 2 (S2) e Landsat 5 (L5) TM utilizadas no projeto foram obtidas e processadas no GEE, e as imagens ALOS/PALSAR foram adquiridas na base de dados *Alaska Satellite Facility* e processadas no ArcGIS. *Google Earth Engine* (GEE) é uma plataforma de processamento geoespacial online e gratuita, utiliza a linguagem Javascript e realiza o processamento de dados em nuvem. Isso facilita a aplicação de processamentos em larga escala já que não depende da capacidade de processamento do hardware e elimina a necessidade de download das imagens. Os processamentos são realizados através de *script* e é possível gerar arquivos raster e vetor, além de gráficos e interfaces de processamento. Nesse projeto o GEE foi utilizado para confeccionar os mosaicos das imagens S2 e L5 TM e gerar composições

coloridas com aplicação de técnicas de realce.

As feições estruturais delimitadas, como os lineamentos e alinhamentos, sobre os produtos de sensoriamento remoto e geofísica foram utilizados para a construção dos diagramas de roseta apresentados na Figura 4.6. A ferramenta AzimuthFinder (QUEIROZ; SALAMUNI; NASCIMENTO, 2014) criada para o ArcGIS possibilitou a obtenção do ângulo azimutal dos lineamentos, utilizados para a criação das rosetas no software *OpenStereo* (GROHMANN; CAMPANHA; JUNIOR, 2011).

Com a evolução das tecnologias presentes em dispositivos móveis, hoje é possível utilizar o celular para navegação em campo através do GPS mesmo sem conectividade com a internet. Para isso é necessário a utilização de aplicativos mobile. Durante o projeto, principalmente durante a etapa de Campo, foram utilizados os aplicativos All-In-One Offline Maps (Psyberia) e o Avenza Maps (Avenza Systems Inc.).

O OfflineMaps™ versão 3.8 é um software projetado para sistema operacional Android que disponibiliza de forma gratuita o acesso a imagens de satélite, mapas topográficos, mapas de estradas, entre outros. Sobre os mapas é possível adicionar vários outros elementos, como coordenadas, rotas, fotos, trilhas e *shapefiles*. A localização em tempo real do usuário é atualizada na interface do programa e apresenta também uma bússola que auxilia a navegação. Além disso, o programa permite a disponibilização de forma offline das imagens de satélite de uma área predefinida do mapa. As imagens de satélite utilizadas como base no aplicativo durante o projeto pertencem à Microsoft Bing.

O AVENZA MAPS™ é um aplicativo para dispositivos móveis que permite fazer *upload* de mapas georreferenciados para uso *offline* e a inserção de camadas de ponto, linha ou polígono em formato KML ou KMZ. Também dispõe a função de localização em tempo real, com base no GPS do aparelho, que facilita a navegação em campo, além de opções de *tracking*. Para o uso do aplicativo, utilizou-se o mapa base integrado com a imagem Sentinel 2 da área do projeto e o mapa base sem a imagem, ambos com as estradas, drenagens e localidades, confeccionados durante a etapa pré-campo no *software* ArcGIS. À medida que se realizavam os caminhamentos eram registrados os pontos descritos, juntamente com o registro fotográfico.

4.3 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto é aquisição de dados sobre um objeto de forma remota, ou seja, sem entrar em contato com o objeto de estudo. Pode ser utilizado para diversas finalidades e em diversas áreas de estudo. Importante ressaltar que não está limitado a imagens de satélite, incluindo qualquer estudo remoto, como drones e vants. É utilizado para quantificar, monitorar e observar características e mudanças do meio físico, tendo aplicações espaciais e temporais. Com o desenvolvimento da tecnologia, tem sido amplamente utilizado junto com os sistemas de informação geográfica (SIG) para diversos fins, como monitoramento da vegetação, de áreas alagadas, do clima, do derretimento das calotas polares, monitoramento de uso do solo, análise de qualidade de culturas, estudo do comportamento espectral de alvos, delimitação de vias e drenagens. Na geologia é utilizado, por exemplo: para traçado de feições estruturais e geomorfológicas, compor-

tamento espectral de alvos para estudo de solos e rochas, detecção de microexudações de gás e mapeamento geológico.

4.3.1 Imagens Óticas

Atualmente existem diversos sensores que adquirem e disponibilizam imagens da cobertura da terra gratuitamente. Cada sensor dispõe de diferentes características e seus produtos podem ter variadas aplicações. Neste trabalho foram utilizadas imagens do sensor Sentinel 2, da Agência Espacial Europeia (ESA) e do Landsat 5 TM, da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). O Sentinel 2, lançado em 2015, foi o primeiro sensor ótico da série Sentinel, é um sensor multiespectral que conta com treze bandas (Figura 4.1) que recobrem a cada 10 dias uma área do visível ao infravermelho de ondas curtas (443 nm a 2190 nm), tem resolução espacial de 10 m nas bandas do visível, 20 m para o infravermelho e 60 m para as bandas de correção atmosférica. Apesar das similaridades entre as imagens S2 e o Landsat 8, como pode ser visto na Figura 4.1, optou-se pela utilização das imagens S2 devido a sua resolução espacial. O Landsat 5 ETM (L5) foi o quinto satélite do Programa Landsat, lançado em março de 1984. Apesar de um de seus sensores, o MSS, ter falhado 11 anos após seu lançamento, o sensor ETM continuou em operação até 2011 e foi permanentemente desativado em 2013, fazendo com que o L5 seja o sensor com maior tempo de atividade. É um sensor multiespectral que conta com sete bandas, numeradas de 1 a 7 (Figura 4.1), com resolução espacial de 30 metros para as bandas 1 a 5 e 7 e de 120 metros para a banda 6 e período de revisita de 16 dias.

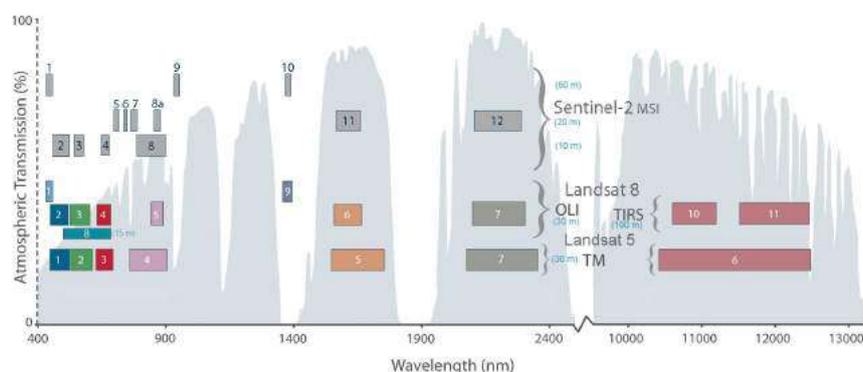


Figura 4.1: Comparação entre as resoluções espectrais e espaciais dos sensores Sentinel 2, Landsat 8 e Landsat 5. Modificado de NASA (c2020).

Para a imagem S2, a cena utilizada foi a 23KKB, com data entre maio e junho de 2021. Foram geradas duas composições coloridas RGB: composição 432, que apresenta a imagem com a cor natural, e a composição 483, utilizada para realce da vegetação. Para a composição 483 foi aplicada uma técnica de realce histográfico, que através da manipulação do histograma da imagem, como mostrado na Figura 4.2, melhora o contraste entre as áreas vegetadas e não vegetadas, realçando também áreas de vegetação rasteira e diferentes estágios de culturas. As imagens L5 utilizadas são um mosaico de cenas de dois períodos diferentes, maio a agosto de 1996 e maio a agosto de 2006, para ambos os períodos foi gerada a composição RGB 432, utilizada no realce da vegetação, sendo

duas imagens para cada ano antes e depois da aplicação do realce histográfico.

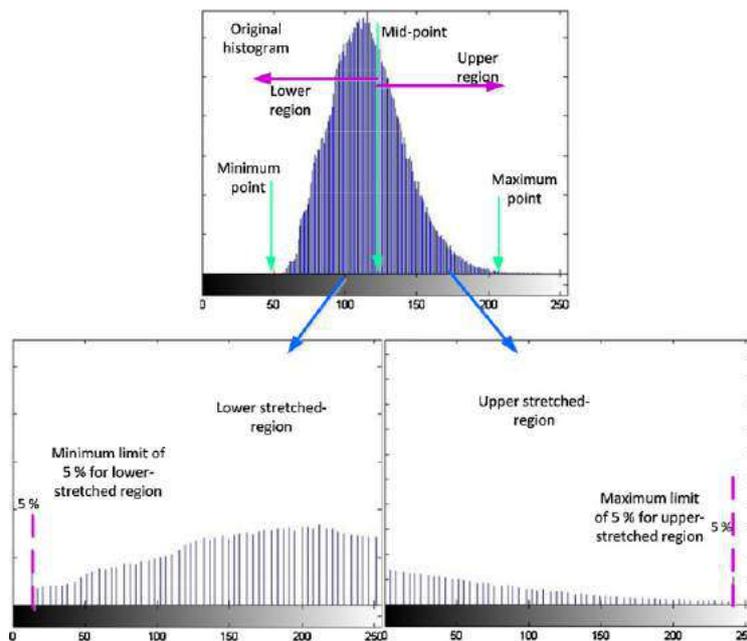


Figura 4.2: Realce histográfico aplicado a imagens. Retirado de Ghani e Isa (2015).

Para o processamento e download das imagens S2 e L5, exibidas na Figura 4.3 foi necessário fornecer ao *script* do GEE as seguintes variáveis:

1. **Geometria:** *buffer* de 4 km a partir do limite da área do projeto Unaí, gerado pelo GEE a partir do *shapefile*;
2. **Data1 e Data2:** período das imagens a serem utilizadas;
3. **Porcentagem de nuvens:** utilizado para ordenar todas as cenas a partir da porcentagem de nuvens de cada imagem e dar preferência a aquelas com a menor quantidade de nuvens;
4. **Parâmetros de visualização:** informa quais bandas devem ser utilizadas nos canais R, G e B, respectivamente e os valores mínimos, máximos e gamma, permitindo a aplicação de técnicas de realce.

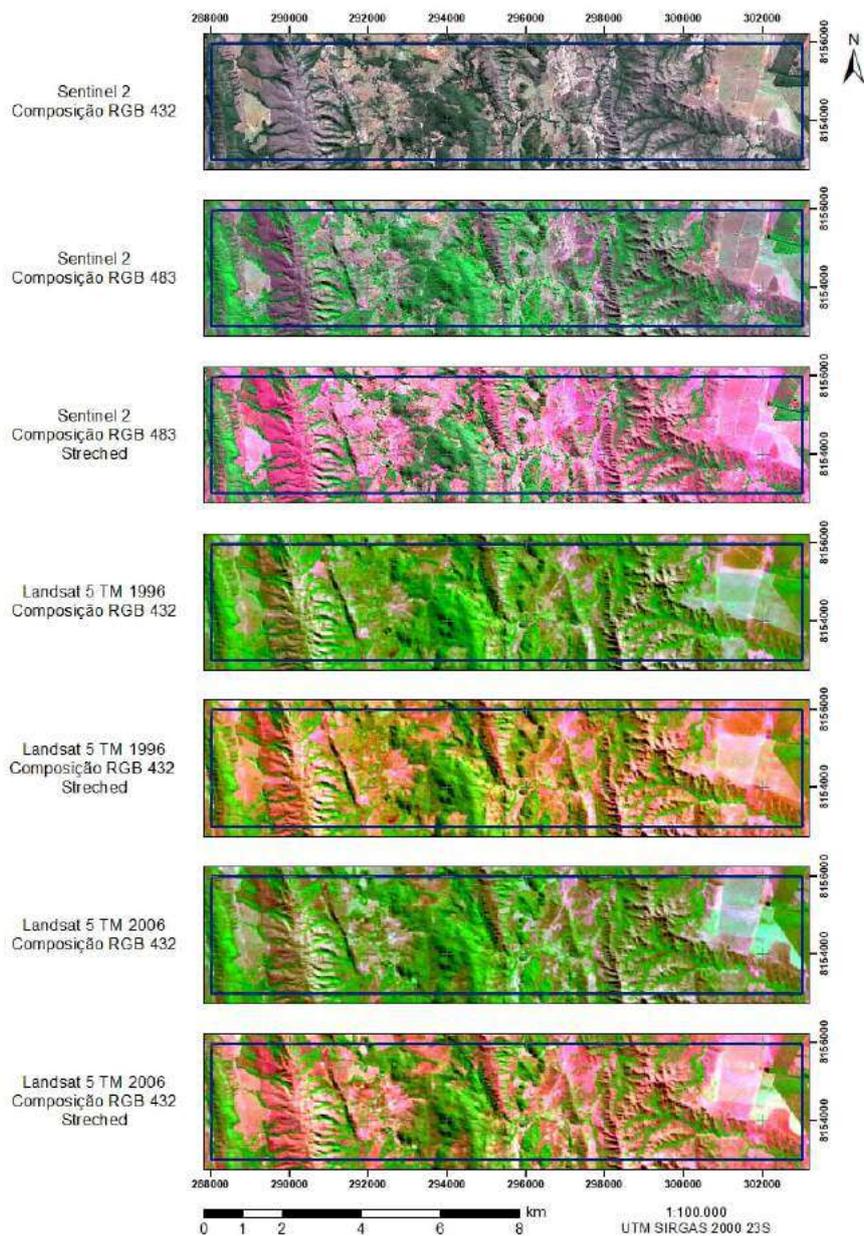


Figura 4.3: Imagens Óticas utilizadas no projeto.

4.3.2 ALOS PALSAR

O *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS), lançado em janeiro de 2006 pela *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA), é um radar interferométrico (InSAR) que através de um sensor ativo de micro-ondas que utiliza a banda L (1270 MHz) (*Phased Arrayed type L-Band SAR* (PALSAR)) obtêm imagens sem influência das condições atmosféricas e gera um modelo digital de elevação (MDE) com resolução espacial de 12,5 metros. As imagens ALOS/PALSAR (DAAC, 2007) utilizadas estão disponíveis gratuitamente no site da *Alaska Satellite Facility* e fazem parte do pacote RTC, que conta com correção radiométrica e de terreno. Foram utilizadas quatro cenas que datam entre fevereiro de 2006 e novembro de 2007 e a Tabela 4.1 detalha os dados de aquisição dessas cenas. Para utilização do MDE é necessária a geração de um mosaico com a junção das cenas e foi

necessário realizar a correção de ruídos por meio do preenchimento dos vales (ARCGIS, c2021).

	ALPSRP051346850	ALPSRP051346840	ALPSRP027716840	ALPSRP027716830
Start Time	01/11/07, 02:04:55	01/11/07, 02:04:47	08/02/06, 02:11:37	08/02/06, 02:11:29
Stop Time	01/11/07, 02:05:03	1/11/07, 02:04:55	08/02/06, 02:11:47	08/02/06, 02:11:39
Beam Mode	FBS	FBS	FBS	FBS
Path	57	57	61	61
Frame	6850	6851	6840	6830
Flight Direction	ASCENDING	ASCENDING	ASCENDING	ASCENDING
Polarisation	HH	HH	HH	HH
Off Nadir Angle	34,3	34,4	41,5	41,5
Faraday Rotation	-1,1371110	-1,1466620	-0,8003240	-0,8027600
Absolute Orbit	5134	5134	2771	2771
Matching Frames	26	26	1	1

Tabela 4.1: Dados de aquisição das cenas ALOS/PALSAR utilizadas.

A partir do dado corrigido foi possível gerar o relevo sombreado e as curvas de nível, exibidos na Figura 4.4. O relevo sombreado (*hillshade*) é uma técnica que permite observar aspectos do relevo, utilizando uma fonte de iluminação artificial para criar uma ilusão de tridimensionalidade. Entretanto a interação entre o ângulo azimutal de iluminação e o terreno pode levar a distorções e tendências analíticas durante a interpretação das feições do relevo (RODRIGUES; LIU, 1988). Para minimizar esse efeito foram utilizados diferentes ângulos de iluminação no relevo sombreado, exibidos na Tabela 4.2. Para gerar as curvas de nível foi utilizada a ferramenta *Contour* com espaçamento de 25 metros. Além disso, foi utilizada a ferramenta *slope*, para melhor observação da declividade do terreno.

Nome do arquivo	Azimute (ângulo de iluminação)	Altitude	Exagero vertical
hillshade1	45	45	2
hillshade2	135	45	2
hillshade3	225	45	2
hillshade4	315	45	2

Tabela 4.2: Diferentes ângulos de iluminação utilizados na confecção do relevo sombreado.

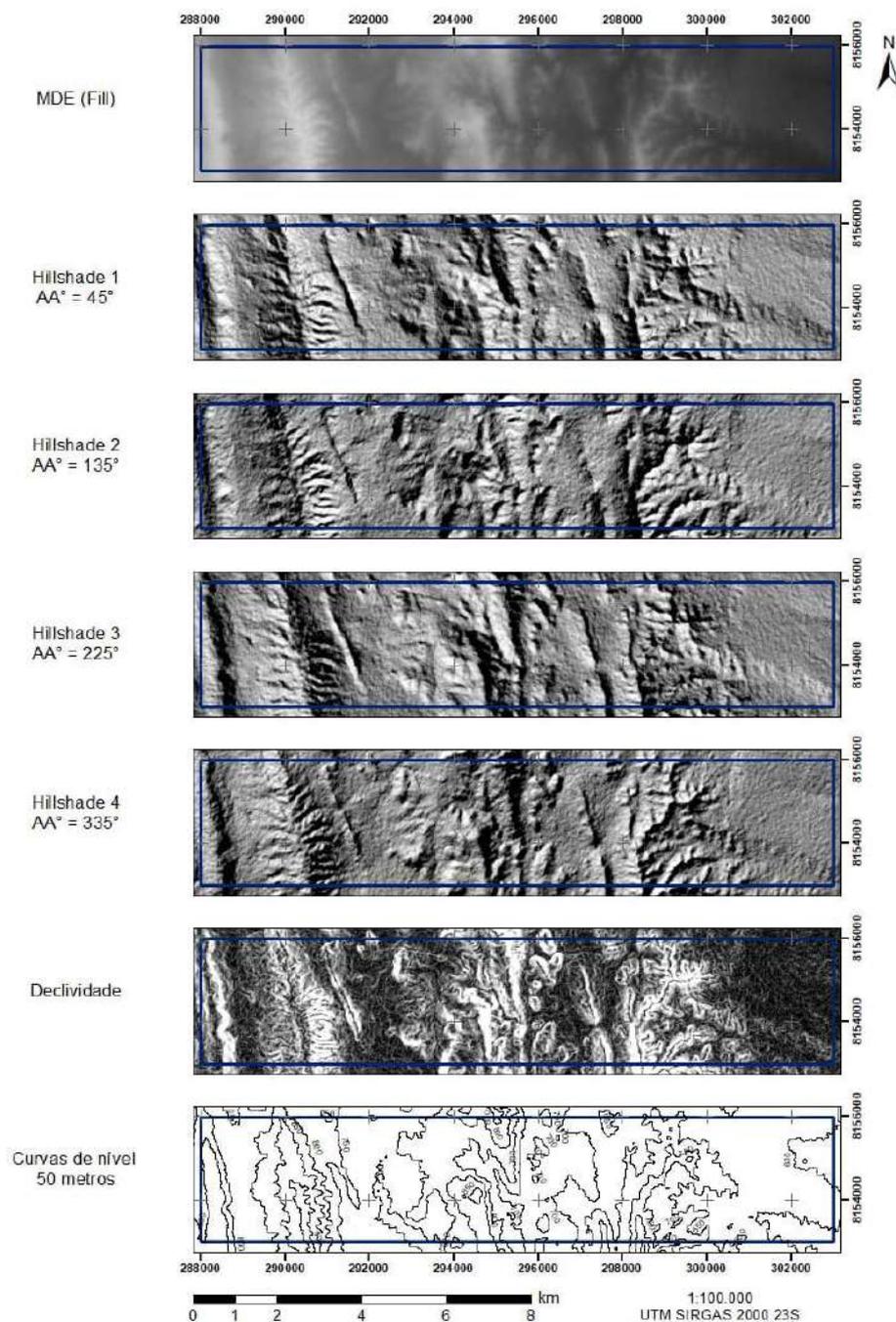


Figura 4.4: Produtos ALOS/PALSAR utilizados no projeto, sendo AA° o ângulo azimutal de iluminação. Fonte: DAAC (2007).

4.3.3 Produtos

Os produtos ALOS, S2 e L5 foram utilizados como base para reconhecimento de estradas, localidades e drenagens da região, utilizados no mapa da Figura 4.5, extração dos lineamentos e alinhamentos, além de auxiliar na delimitação das unidades litológicas e no zoneamento hidrogeológico. As feições delimitadas utilizando os dados de sensoriamento remoto forneceram dados para a construção do diagrama de roseta apresentado na Figura 4.6.

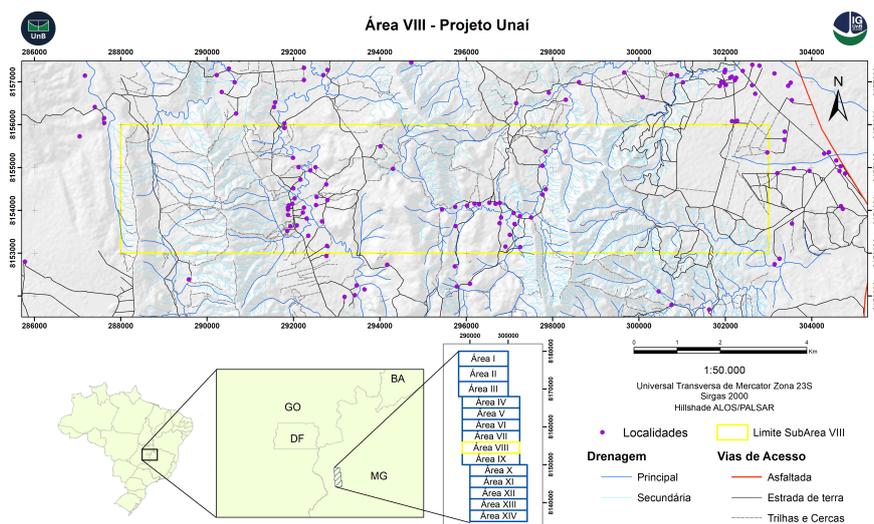


Figura 4.5: Mapa Base com as drenagens, estradas e localidades integradas do Projeto Unai. Sobre relevo sombreado (ângulo azimutal de 315°) com transparência de 50 %.

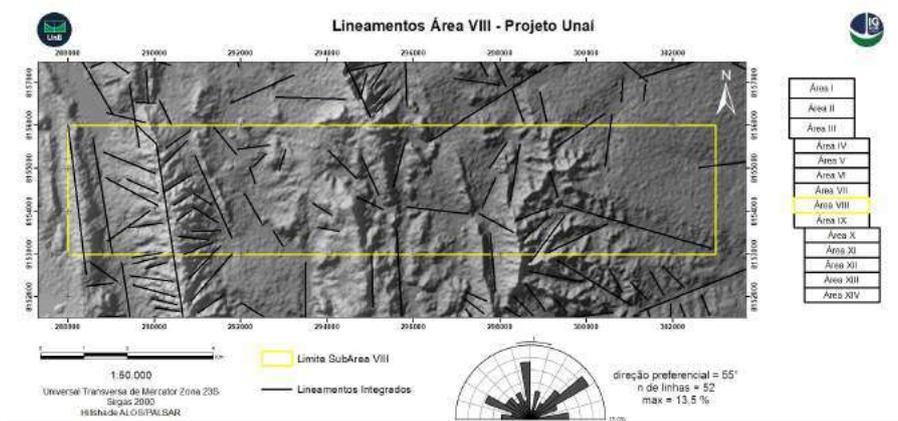


Figura 4.6: Mapa de lineamentos estruturais e diagrama de roseta - Subárea VIII. Sobre relevo sombreado (ângulo azimutal de 315°) com transparência de 50 % sobre o MDE.

Para auxílio no mapeamento geológico, a subárea foi separada em zonas homólogas, sobre a imagem de satélite do Sentinel 2. A descrição e delimitação das zonas (Figuras 4.7 e 4.8 - disponível no Anexo C) foi realizada com base nos parâmetros:

- **Elementos texturais** - constitui uma avaliação da quantidade de microfieções do relevo por unidade de área distinguíveis em imagem. Podemos separar diferentes graus de densidade de textura em zonas com maior ou menor concentração de elementos;
- **Elementos estruturais** – correspondem a complexidade da organização de elementos texturais, como lineações positivas e negativas;
- **Grau de tropia** – propriedade dos elementos se desenvolverem segundo uma direção preferencial;

- **Tipo de encosta** – fator que correlaciona o balanço entre a intensidade de intemperismo e a capacidade de transporte ou remoção. Podendo ser horizontal, reta, côncava, côncavo-convexa e convexa;
- **Padrão de relevo** - constitui uma feição bastante saliente no relevo, que o caracteriza de acordo com a declividade e amplitude do relevo. Desenvolve-se por resistência diferencial ao intemperismo;
- **Densidade de lineação** – lineações associadas espaçadas e irregulares associadas normalmente a presença de fraturas e falhas;
- **Densidade de drenagem** – corresponde ao adensamento ou espaçamento da rede de drenagem;
- **Padrão de drenagem** – corresponde a morfologia da rede de drenagem e das vertentes.

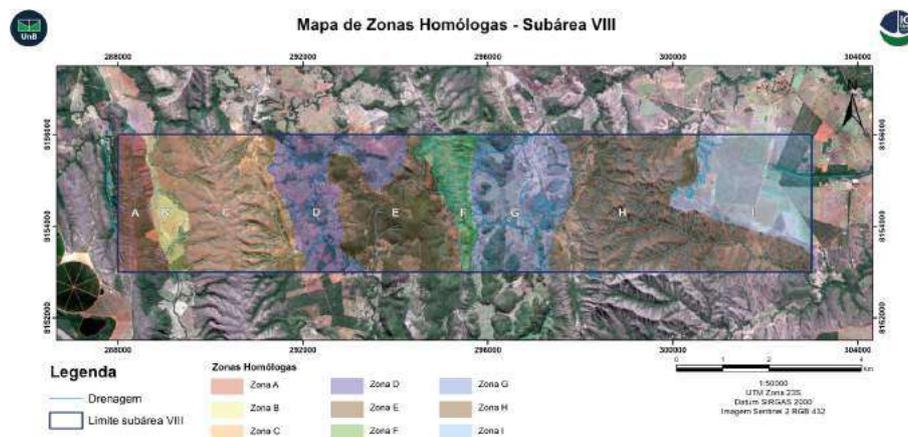


Figura 4.7: Zonas homólogas delimitadas na subárea VIII.

Zona homóloga	Densidade de elementos texturais	Densidade de elementos estruturais	Grau de tropia	Tipo de encosta	Padrão de relevo	Densidade de lineação em série	Densidade de drenagem	Padrão de drenagem
A	Baixa	Moderada	Baixo	Reta	Forte ondulado	Baixa	Baixa	Sub-paralelo
B	Baixa	Baixa	Baixo	Horizontal	Suave ondulado	-	Baixa	Angular
C	Baixa	Alta	Médio	Convexa	Forte ondulado	Alta	Alta	Dendrítico
D	Baixa	Baixa	Baixo	Horizontal	Suave ondulado	-	Baixa	Drenagem meandrante
E	Média a baixa	Média a baixa	Médio	Convexa	Forte ondulado	Baixa	Baixa	Não há padrão específico
F	Baixa	Alta	Médio	Convexa	Forte ondulado	Alta	Alta	Dendrítico
G	Média	Baixa	Baixo	Horizontal e convexo	Suave ondulado	Baixa	Baixa	Não há um padrão específico
H	Baixa	Alta	Médio	Côncavo	Forte ondulado	Alta	Alta	Dendrítico
I	Baixa	Baixa	Baixo	Horizontal	Suave ondulado	-	Baixa	Não há um padrão específico

Figura 4.8: Características das zonas homólogas delimitadas na subárea VIII.

4.4 Aerogeofísica

Os dados aerogeofísicos magnetométricos e gamaespectrométricos utilizados fazem parte do Programa de pesquisa aerogeofísico do estado de Minas Gerais, sendo disponibilizados pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (Codemig). Os vários levantamentos aerogeofísicos foram realizados durante o convênio entre Codemig e CPRM durante os anos de 2001 a 2013, e hoje cobrem cerca de 96 % do território do estado. Os dados relativos à área de estudo foram gerados no ano de 2001, sendo a primeira área de aquisição do projeto (Figura 4.9). O aerolevantamento foi realizado por duas aeronaves que utilizaram o modelo do gamaespectrômetro RADIATION SOLUTIONS, modelo RS-500, de 1024 canais espectrais e 256 canais de saída. Para a determinação magnetométrica utilizou-se aparelho GEOMETRICS, modelo G 822 A.

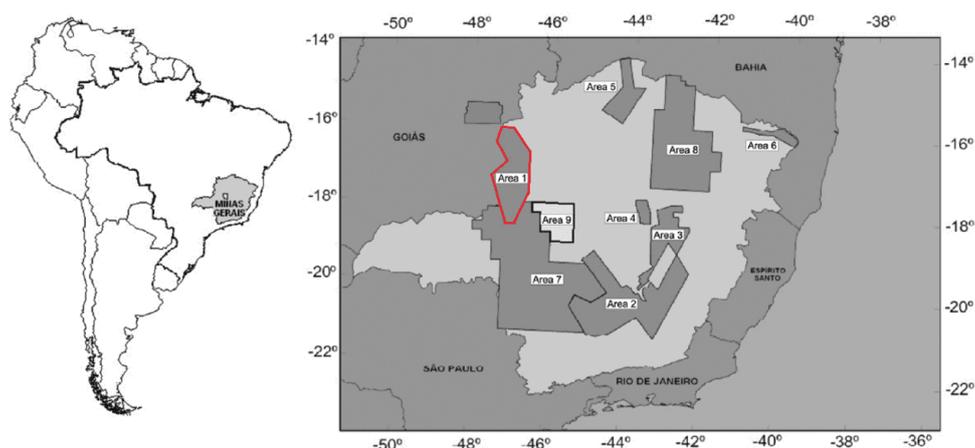


Figura 4.9: Localização das áreas de levantamento para magnetometria e gamaespectrometria do Projeto de pesquisa aerogeofísico do estado de Minas Gerais (2001/2006), com enfoque na área 1 onde se localiza a região de Unai (Modificado de Reis et al. (2012)).

Os principais parâmetros de aquisição de dados foram (LASA, 2001): Direção da linha de voo: N-S; Espaçamento entre linhas de voo: 0,5 km; Direção da linha de controle: E-W; Espaçamento entre linhas de controle: 10,0 km; Intervalo entre as medições geofísicas consecutivas: 0,10 s (magnetômetro) e 1,0 s (espectrômetro de raios gama); Altura média de voo: 100 m; Velocidade de voo aproximada: 270 km/h.

O processamento dos dados consistiu na exportação dos dados do formato binário para os padrões reconhecidos pelo software Geosoft Oasis Montaj (Geosoft, 2016), onde os dados foram processados com as rotinas padrões de controle de qualidade e de correções necessárias, como por exemplo: o efeito de paralaxe, correção altimétrica, background cósmico, correção de efeito Compton, conforme ilustra o fluxograma de processamento (Figura 4.10).

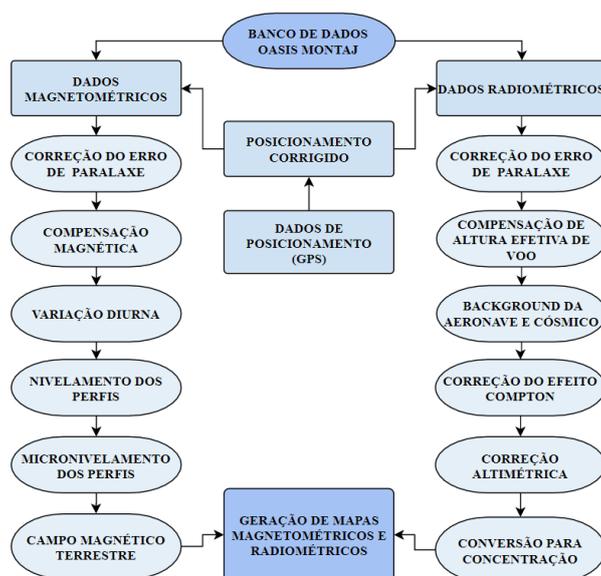


Figura 4.10: Fluxograma de processamento dos dados aerogeofísicos. Fonte dos dados: Lasa (2001)

4.4.1 Gamaespectrometria

A gamaespectrometria é um método raso amplamente utilizado no mapeamento geofísico, por quantificar fontes de radiação resultante da desintegração natural de elementos radioativos na superfície terrestre, cuja profundidade investigativa esperada varia de 30 a 50 cm de profundidade.

Existem dezenas de isótopos radioativos na natureza, que ao gerarem um elemento filho liberam uma emissão energética em forma de partícula, radiação alfa (α) e beta (β); ou na forma de onda eletromagnética de alta frequência com comprimento de onda na faixa da radiação gama (γ), cujo comprimento de onda é inferior a 10^{11} metros e frequências superiores a 10^{19} Hz. Ao decair, um isótopo filho libera uma energia constante e característica do radioisótopo pai, essa energia é referida como fotópico característico. Com isso, a detecção de um fotópico característico implica necessariamente na presença do radioisótopo pai, e a partir da contagem dessas emissões determina-se a concentração deste isótopo radioativo localmente.

A escolha da energia característica investigada é primordial, pois grande parte dos radioisótopos são raros, ou emitem comprimentos de onda próximos a de outros radioisótopos que os equipamentos não estão calibrados para diferenciar, ou mesmo não emitem uma quantidade energética satisfatória para medição. Atualmente, os elementos comumente investigados em levantamentos gamaespectrométricos são os radioisótopos pai: potássio (^{40}K), urânio (^{238}U) e tório (^{232}Th), que se encontram presentes na composição da maioria das rochas (Tabela 4.3). As estimativas de concentração de urânio são baseadas na medição das abundâncias de isótopos ^{214}Bi e ^{214}Pb , sendo assim são relatadas como “urânio equivalente” (eU), pois tais valores são baseados na suposição de condições de equilíbrio. O mesmo vale para os valores de tório, geralmente relatado como “tório equivalente” (eTh), embora sua série de decaimento esteja quase sempre em equilíbrio (ERDI-KRAUSZ et al., 2003).

Radioisótopo Pai	Faixa de Energia (MeV)	Fotopico (MeV)	Elemento Filho	Elemento Filho Estável
^{40}K	1,37 - 1,57	1,46	^{40}Ca ou ^{40}Ar	^{40}Ca ou ^{40}Ar
^{238}U	1,66 - 1,86	1,765	^{214}Bi	^{206}Pb
^{232}Th	2,41 - 2,81	2,614	^{208}Tl	^{208}Pb

Tabela 4.3: Valores específicos para os radionuclídeos investigados: canal do Potássio, canal do Urânio e canal do Tório, com sua respectiva faixa de energia emitida e elemento filho.

O gamaespectrômetro é um equipamento capaz de registrar a emissão de um fotopico devido a presença de cristais sensíveis a passagem de radiação gama. Os cristais que geralmente são de iodeto de sódio ou óxido de germanato de bismuto geram um sinal fotoluminescente que é convertido em impulsos elétricos dentro do equipamento e conseqüentemente quantificado. A detecção do equipamento e a qualidade dos dados gerados durante o levantamento geofísico são afetados por diversos fatores, sendo alguns deles: a cobertura do solo, vegetação densa, umidade do solo, variações de temperatura atmosférica, umidade relativa, presença de nuvens e variações topográficas.

4.4.1.1 Interpretação dos dados gamaespectrométricos

Os dados gamaespectrométricos processados abrangem uma série de informações, sendo elas: a variação da altitude durante o voo, informações de posicionamento geográfico, contagem para potássio, urânio e tório totais, e a contagem total para todos os canais de aquisição de dados do sensor. Destes são gerados, em software, as imagens do Percentual de Potássio (%K), Equivalente de Urânio (eU), em ppm, Equivalente de Tório (eTh), também em ppm, e a Composição Ternária entre K, U e Th (Figuras 4.11 e 4.12).

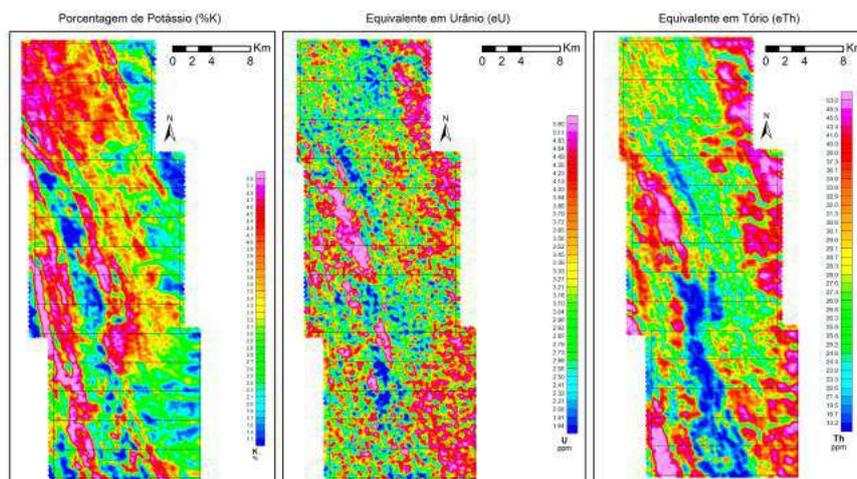


Figura 4.11: Mapas gamaespectrométricos da porcentagem de potássio (%K), equivalente em urânio (eU) e equivalente em tório (eTh) referentes ao Projeto Unaí.

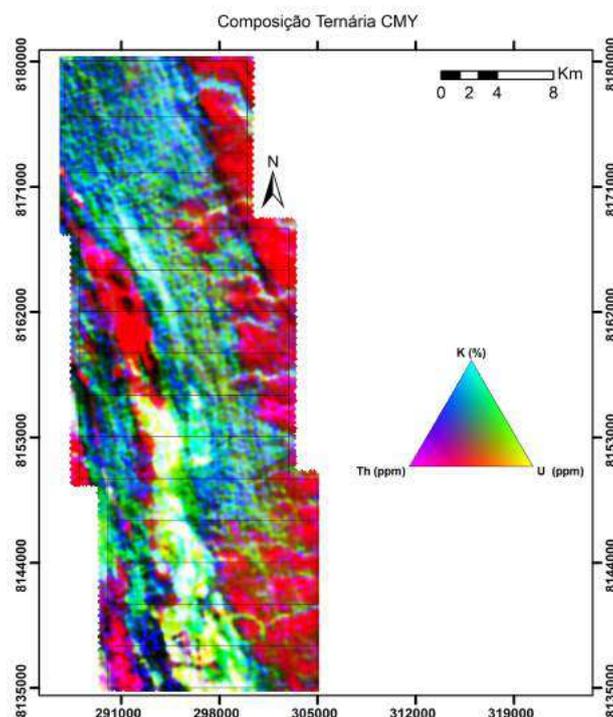


Figura 4.12: Mapa gamaespectrométrico de composição ternária CMY referente ao Projeto Unaf.

Dentre os três radioisótopos o potássio (K) é o elemento de maior abundância na crosta terrestre, se concentrando principalmente em micas e álcalis-feldspatos. A ocorrência desse elemento, conseqüentemente, está bastante relacionada a presença de rochas ígneas félsicas, assim como seus equivalente vulcânicos, e em rochas metamórficas micáceas, feldspáticas e quartzo-feldspáticas, como filitos, xistos e gnaisses. Em rochas sedimentares ocorre em arcóseos, pelitos, folhelhos e argilitos; os teores de K são baixos a moderados na maioria dos demais sedimentos e rochas sedimentares e metamórficas equivalentes (ULBRICH et al., 2009).

Em relação a sua mobilidade o potássio é um elemento extremamente móvel em ambientes de alteração hidrotermal e intemperismo, especialmente sob climas tropicais a subtropicais, com intensa pluviosidade. Nessas condições converte-se inteiramente em caulinita, podendo passar, sob regime de drenagem parcial, para esmectita e, portanto, com conservação parcial ou total do K na estrutura de argilominerais (ULBRICH et al., 2009).

Na crosta continental os radioisótopos de Urânio (U) e Tório (Th) são dois elementos comumente presentes em minerais acessórios encontrados em variadas rochas ígneas e metamórficas quartzo-feldspáticas (BOYLE, 2013). Embora o tório e o urânio sejam elementos menos móveis, se comparados ao potássio, quando extraídos das fases hospedeiras durante o intemperismo, principalmente por formação de espécies aquosas, dissolvidas e transportadas nas águas intersticiais. Participam de complexos processos de reação e/ou interação com outras substâncias inorgânicas e de origem orgânica, que aparecem ora como colóides, ora como espécies em solução aquosa (DUFF; COUGHLIN; HUNTER, 2002). São facilmente absorvidos por argilominerais e co-precipitados com óxidos de ferro nos solos.

O principal produto obtido com a gamaespectrometria, contudo, é o mapa ternário, onde cada canal de cor CMY (C- Ciano, M- Magenta, Y- Amarelo) ou RGB (R- Vermelho, G- Verde, B- Azul) é atribuído aos canais de dados de K, Th e U (Figura 4.13), respectivamente, combinando a informação sobre os três radioisótopos em um único mapa temático (Figura 4.14). No caso da coloração em CMY, a ausência dos três componentes radioisótopos resulta na cor branca.

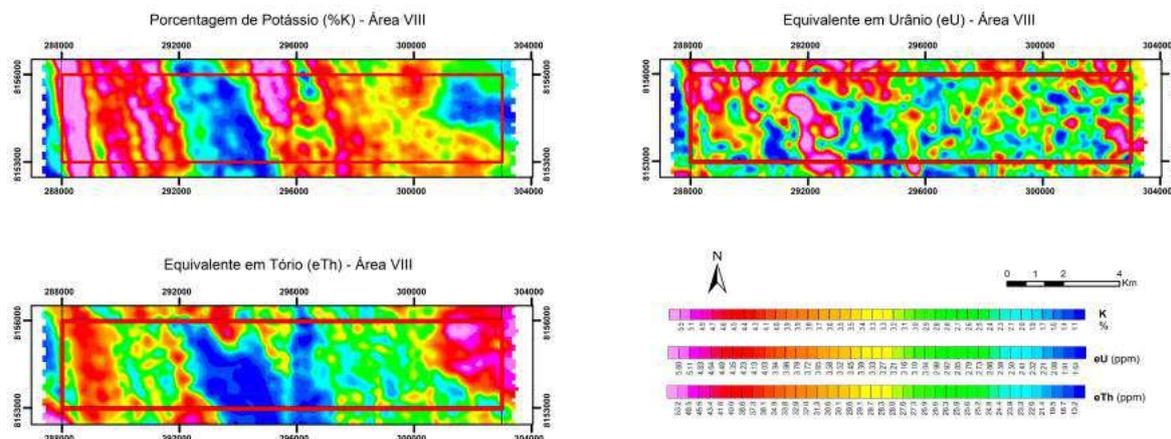


Figura 4.13: Mapas gamaespectrométricos da porcentagem de potássio (%K), equivalente em urânio (eU) e equivalente em tório (eTh) referentes a subárea VIII do Projeto Unai.

As interpretações gamaespectrométricas foram desenvolvidas sobre as composições ternárias RGB e CMY (Figura 4.14 - A, B), sendo a delimitação dos domínios gamaespectrométricos realizada sobre a imagem de composição ternária CMY, pois permite melhor individualização dos domínios observados. Dentro da subárea VIII, são identificados nove domínios com particularidades que os diferenciam entre si (Figura 4.14 - C). A Tabela 4.4 resume as características dos domínios conforme indicados no mapa.

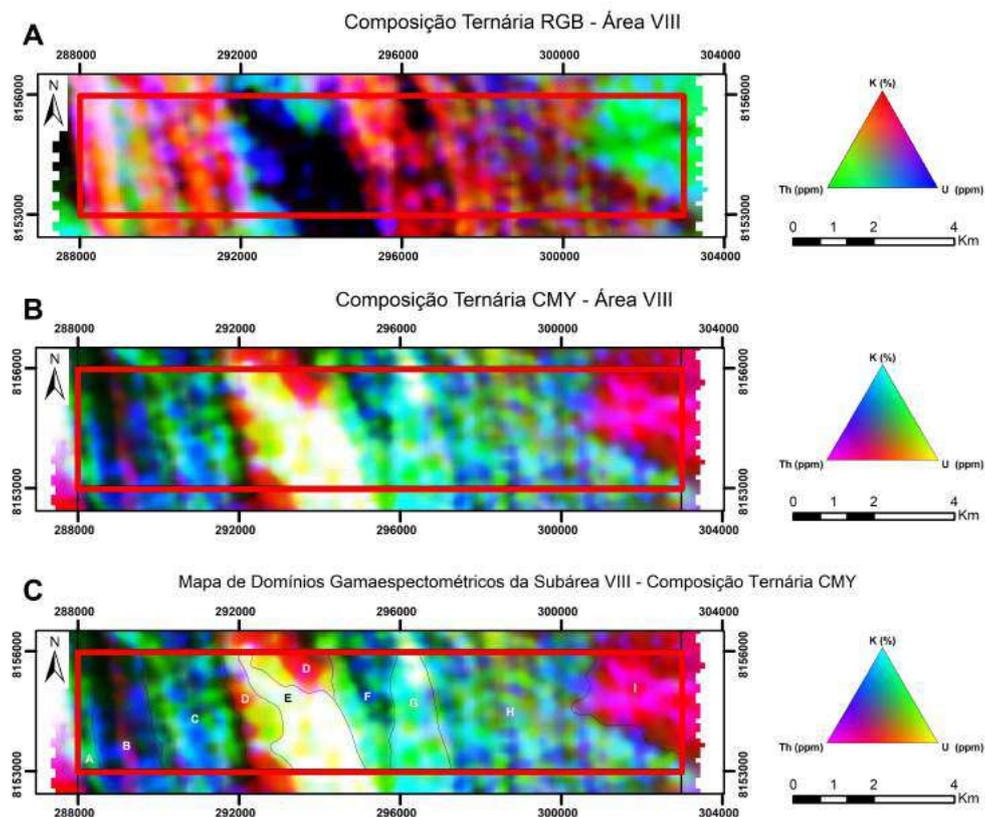


Figura 4.14: Mapas gamaespectrométricos de composição ternária referentes a subárea VIII do Projeto Unaí. (A) Composição RGB; (B) Composição CMY; (C) Domínios Gamaespectrométricos sobre composição CMY.

Domínio	%K	eU	eTh	Descrição
A	Médio	Médio	Baixo	Domínio alongado N-S de cor verde ao longo de um alto topográfico no extremo oeste da área de estudo.
B	Médio	Baixo	Médio-Alto	Domínio alongado NNW-SSE de cor azulada a tons de roxo, principalmente ao longo da porção topograficamente mais baixa.
C	Médio-Alto	Médio	Baixo	Domínio alongado NNW-SSE de cor verde/azul, sendo a resposta de eTh baixa a quase nula ao longo de uma região mais alta topograficamente.
D	Baixo	Médio-Alto	Baixo-Médio	Domínio de geometria irregular na cor amarelada, com corpos elipsóides em tons avermelhados. Caracterizado por uma baixa resposta em %K.
E	Baixo	Baixo	Baixo	Domínio de geometria irregular em cor branca, com corpos elipsóides de cor amarelada de alta resposta em eU.
F	Médio	Médio	Baixo	Domínio em forma de cálice orientado NNW-SSE, de cor verde/azul com baixa resposta em eTh. Em um patamar mais alto topograficamente.
G	Alto	Baixo	Baixo	Domínio em forma triangular orientado NNW-SSE de cor ciano, com corpos elipsóides em tons esverdeados. Caracterizado por um alto %K.
H	Médio	Médio	Médio	Domínio irregular levemente orientado NNW-SSE de cor variando entre verde e tons azulados, ao longo de um alto topográfico da subárea.
I	Baixo	Médio-Baixo	Alto	Domínio irregular de cor avermelhada a tons de magenta bastante homogêneo. Caracteriza a porção aplainada de maior uso e ocupação, com plantações e pastos.

Tabela 4.4: Descrição dos domínios gamaespectrométricos individualizados na subárea VIII.

4.4.2 Magnetometria

O objetivo de um levantamento magnético é investigar a geologia com base nas anomalias do campo magnético da Terra resultantes das propriedades magnéticas das rochas em subsuperfície. Embora a maior parte dos minerais formadores de rochas não seja magnética, certos tipos de rocha contêm minerais magnéticos o suficiente para produzir anomalias magnéticas significativas (KEAREY; BROOKS; HILL, 2009). O princípio do método é aferir a susceptibilidade magnética presente em alguns minerais, sendo os principais minerais com alta susceptibilidade magnética: a magnetita, a ilmenita e a pirrotita. Tais minerais são encontrados em maiores concentrações em rochas ígneas máficas e ultramáficas, porém, devido aos processos de intemperismo e erosão, os cristais podem ser remobilizados e concentrados em zonas de falhas e fraturas. Por meio da aplicação do método aeromagnético, é possível investigar a estruturação de uma região em profundidade. Trata-se de um método rápido e eficiente de aquisição e processamento das informações, que pode ser usado com eficiência em conjunto com demais métodos geofísicos para a avaliação de alvos exploratórios minerais. O dado obtido no levantamento magnetométrico é chamado de Campo Magnético Total (CMT), que é a soma de todos os campos magnéticos atuantes no ponto de amostragem, ou seja, o Campo Externo (Solar), o Campo Interno e o Campo Crustal.

Para a utilização em mapeamento geológico, os dados magnetométricos devem passar por pré-processamentos chamados de redução dos dados (Figura 4.15). A redução consiste na eliminação do Campo Externo (correção de variação diurna) e na eliminação do Campo Interno (correção do modelo geomagnético – *International Reference Magnetic Field* (IGRF)) do CMT. Após essas duas correções, o campo residual denominado de Campo Magnético Anômalo (CMA) é obtido e, a partir dele, são gerados as seguintes derivações (Figura 4.16):

- **Derivadas horizontais de primeira ordem (Dx e Dy):** determinação de características rasas, possibilita a delimitação de corpos; realçam gradientes horizontais.
- **Derivada vertical de primeira ordem (Dz):** determinação de lineamentos, descontinuidades e contatos (feições rasas); realça as altas frequências do sinal analítico estimando a taxa de variação do campo magnético anômalo conforme se afasta ou aproxima verticalmente da fonte causadora, acentuando as áreas de maior intensidade e contraste magnético.
- **Amplitude do Sinal Analítico (ASA):** posiciona as fontes geradoras, possível origem litológica; marca melhor o contato, realçando as bordas em corpos largos e o centro em corpos estreitos.
- **Inclinação do Sinal Analítico (ISA ou TILT):** realça lineamentos rasos e profundos.

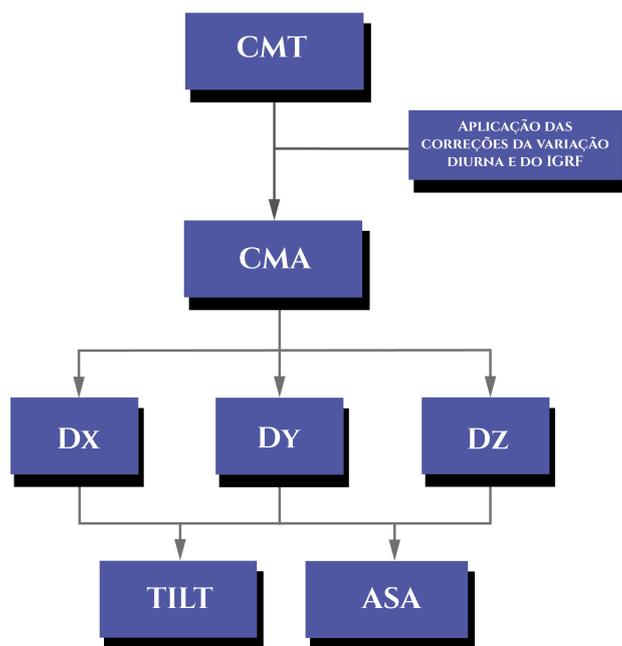


Figura 4.15: Fluxograma que indica as etapas do processamento aeromagnético. A partir da redução de dados do CMT, obtém-se o CMA que é utilizado para gerar as derivadas Dx, Dy e Dz e, por meio delas, são produzidas as imagens ASA e TILT.

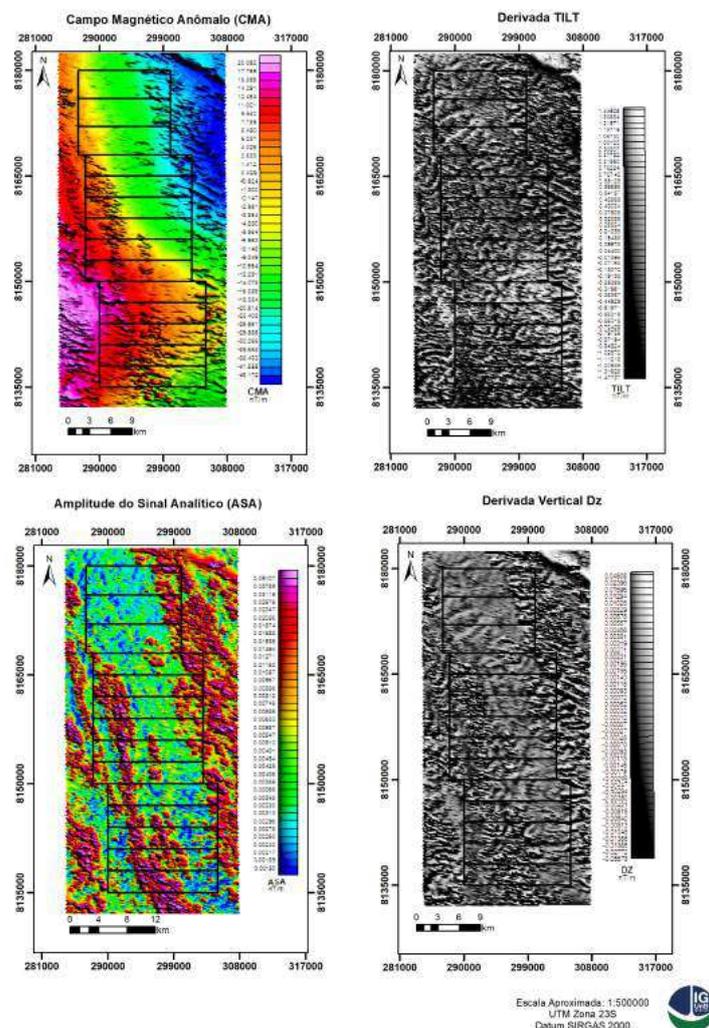


Figura 4.16: Produtos gerados a partir do CMA de todas as áreas do Projeto Unai.

4.4.2.1 Análise dos Dados Aeromagnéticos

Os domínios magnetométricos foram inicialmente delimitados e analisados em uma escala menor, que inclui todas as 14 subáreas do projeto. Assim, o mapa regional foi dividido em apenas 2 domínios magnetométricos (Figura 4.17).

A partir do produto ASA, os 2 domínios magnetométricos foram definidos a partir de parâmetros qualitativos como o relevo magnético e a intensidade. O relevo foi estabelecido como suave e movimentado; e a intensidade foi dividida entre baixo/médio (0,0018 a 0,0099 nT/m) e alta (0,010 a 0,044 nT/m). Sendo descritos os domínios:

Domínio 1: definido como de alto relevo e de alta intensidade (0,010 a 0,044 nT/m), corresponde a cor magenta a avermelhada. Ocupa a maior parte da área. Os parte dos corpos apresentam geometria aproximadamente tabular e estão alongados em uma trend relativamente NNW-SSE. Já nas demais porções, os corpos se apresentam com um formato aparentemente circular.

Domínio 2: indicado como de baixo relevo e de baixa/média intensidade (0,0018 a 0,0010

nT/m), apresenta uma cor que varia de azul claro a laranja escuro. Disposto majoritariamente no centro de toda a região do projeto. Não dispõe de qualquer conformação geométrica específica.

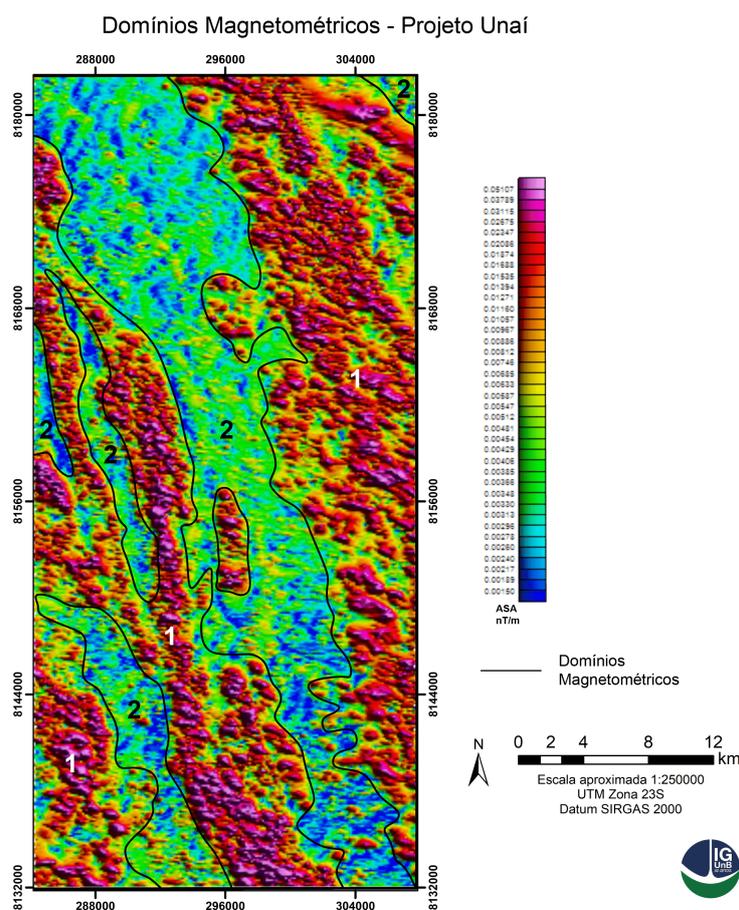


Figura 4.17: Mapa de domínios magnetométricos do Projeto Unai.

Já para a subárea VIII, apontou-se um total de 3 domínios magnéticos (Figura 4.18), descritos abaixo, definidos também a partir do relevo magnético e da intensidade. O relevo foi estabelecido como baixo, médio e alto; e a intensidade foi dividida entre baixa (0,0018 a 0,0033 nT/m), média (0,0033 a 0,012 nT/m) e alta (0,012 a 0,044 nT/m).

Domínio 1: definido como de alto relevo e de alta intensidade (0,012 a 0,044 nT/m), corresponde a cor magenta a avermelhada. Ocupa uma área de cerca de 8 km² de um total de 45 km², estando distribuído por toda a área. Os corpos centrais apresentam geometria aproximadamente tabular e estão alongados em uma direção relativamente N-S. Já nas demais porções, os corpos se apresentam com um formato aparentemente circular 2 km².

Domínio 2: estabelecido como de médio relevo e de média intensidade (0,0033 a 0,012 nT/m), apresenta uma cor que varia de laranja a amarelo até uma cor verde clara. É o domínio que predomina na área, onde corresponde a uma área de aproximadamente 33 km². Não dispõe de padrão geométrico específico.

Domínio 3: indicado como de baixo relevo e de baixa intensidade (0,0018 a 0,0033 nT/m), apresentando uma cor que varia de azul claro a azul escuro. É o domínio menos presente na

área, correspondendo apenas cerca de 4 km^2 da área. Não apresenta estruturação ou geometria característica.

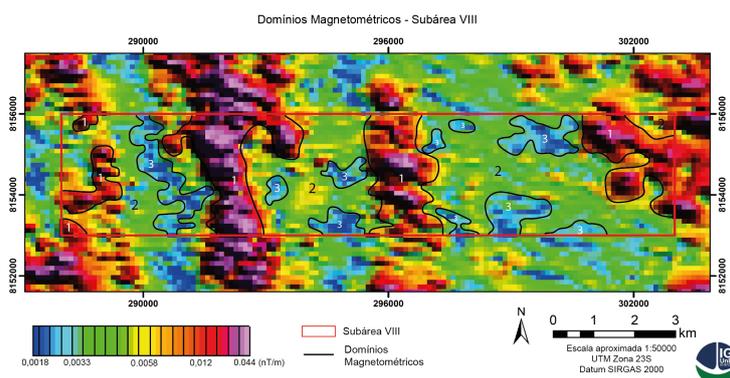


Figura 4.18: Imagem do produto ASA com enfoque na subárea VIII, separação dos domínios magnéticos em 1, 2 e 3.

4.5 Sísmica de Reflexão

A sísmica de reflexão é um método de levantamento geofísico que utiliza a reflexão da onda sísmica nas diferentes interfaces geológicas, é muito utilizado para mapeamento 2D, principalmente na exploração de hidrocarbonetos e outros recursos minerais. Através do ângulo de incidência da onda nos sensores em superfície e dos tempos de percurso é construída a imagem da refletividade da área com estimativas de profundidade das zonas de interação (KEAREY; BROOKS; HILL, 2009). A linha sísmica utilizada foi a Linha R0240 SÃO FRANCISCO 045 PSTM.2D.PSTM, disponibilizada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), através do portal REATE (REATE/ANP, 1995). A seção sísmica Cristalina-Unaí se estende por mais de 150 km, desde o domo de Cristalina-GO, flanco leste até o município de Unaí (Figura 4.19). Na área do Projeto Unaí intersecta em A' e B' através das subáreas IV, V e VI no sentido SW-NE (Figura 4.20).

A interpretação da seção é detalhada no capítulo de Evolução Geológica e Correlações Regionais (Capítulo 7), onde a imagem 2D (Figura 4.20), juntamente com os afloramentos as informações acerca da geologia regional, auxilia no estudo da geologia não aflorante e no entendimento da evolução geotectônica da área.

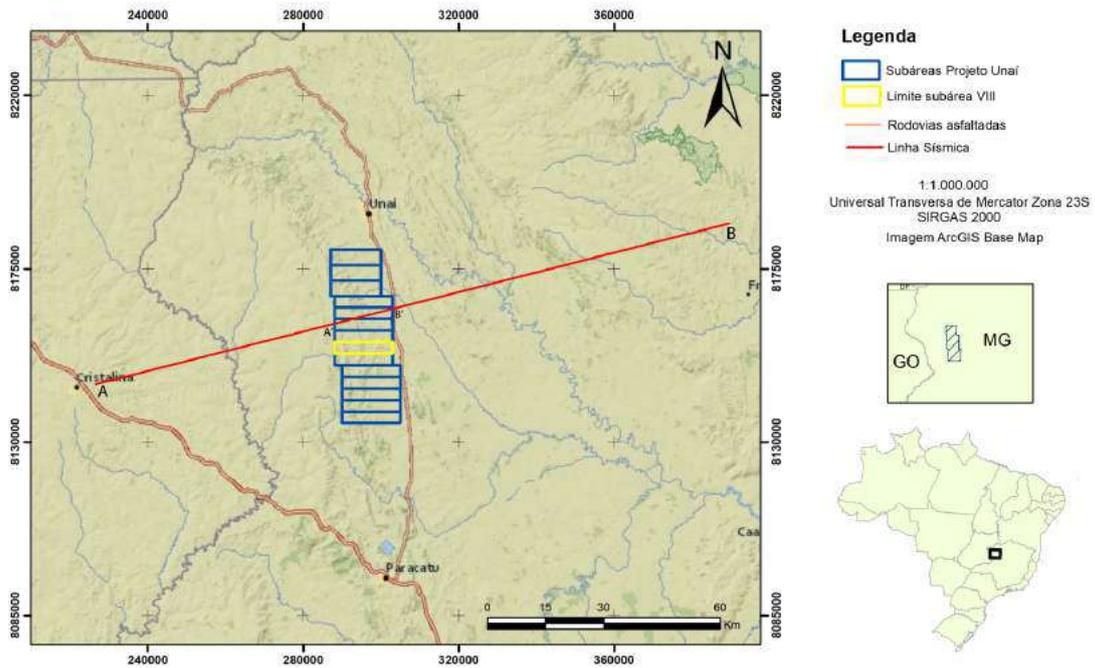


Figura 4.19: Localização da linha sísmica de reflexão A - B (Linha R0240 SÃO FRANCISCO 045 PSTM.2D.PSTM)

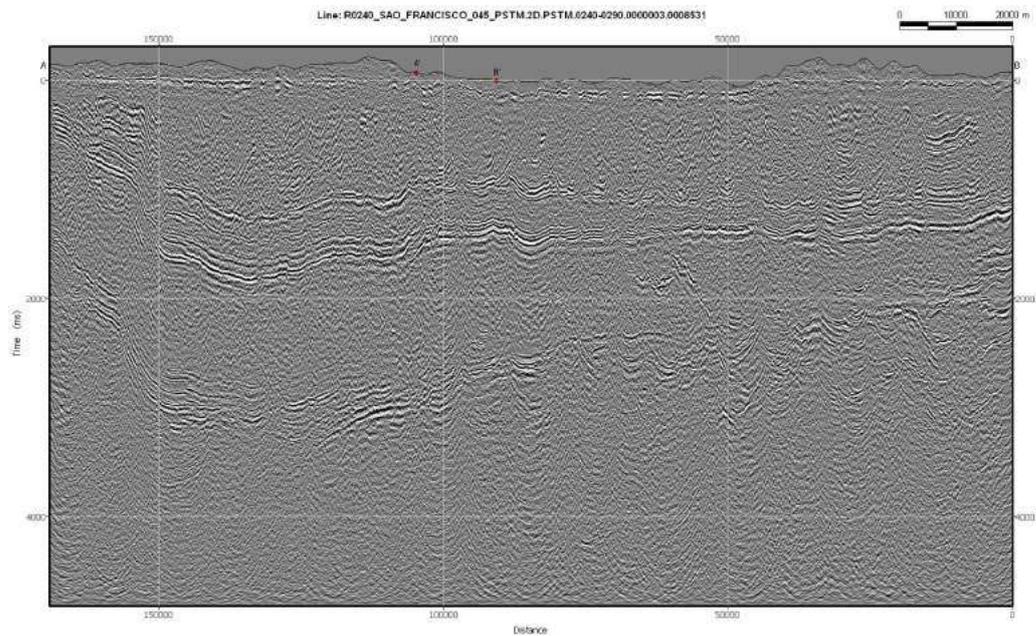


Figura 4.20: Em A - B, seção sísmica 2D de reflexão Cristalina-Unai (Linha R0240 SÃO FRANCISCO 045 PSTM.2D.PSTM). Em A' - B', porção que intersecta a área do Projeto Unai. Fonte: REATE/ANP (1995)

Capítulo 5

Estratigrafia, Petrografia e Sistemas Depositionais

Apresenta as litofácies, associações, processos e os modelos deposicionais das unidades geológicas observadas no Projeto Unaí.

5.1 Introdução

Este capítulo descreve as unidades presentes na área do Projeto Unaí, com foco na subárea VIII, apresentando o detalhamento das fácies, os aspectos fisiográficos relacionados, as associações de fácies e o modelo deposicional das unidades observadas da Formação Quilombo, do Grupo Paranoá e do Grupo Canastra. Além de descrever a relação de contato entre essas unidades e sua distribuição na área do projeto e na subárea VIII (Figuras 5.1 e 5.2).

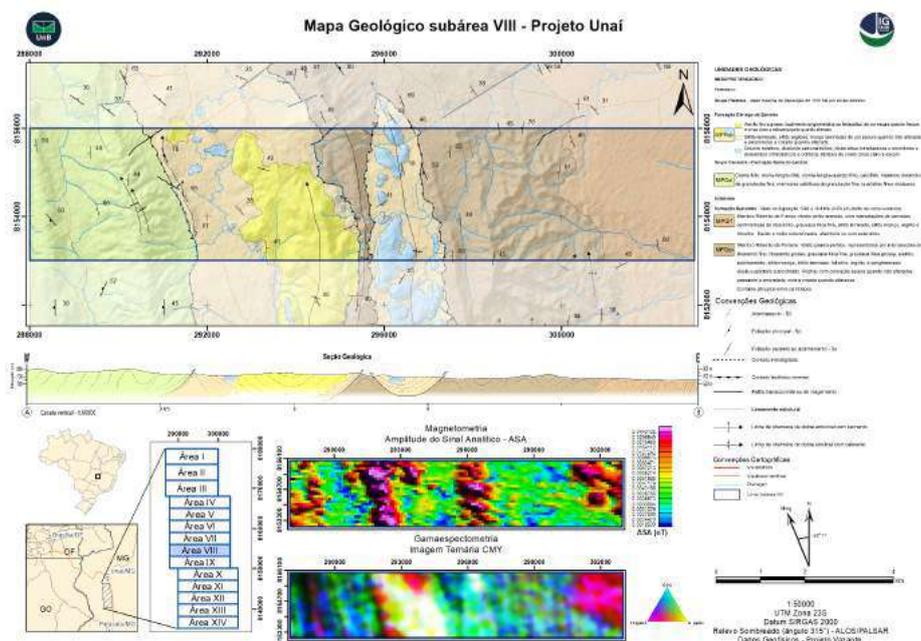


Figura 5.1: Mapa Geológico da subárea VIII, adaptado para exibição em folha A4. Disponível no Anexo C.

Projeto Unai 2020
 Mapa Geológico Integrado Simplificado

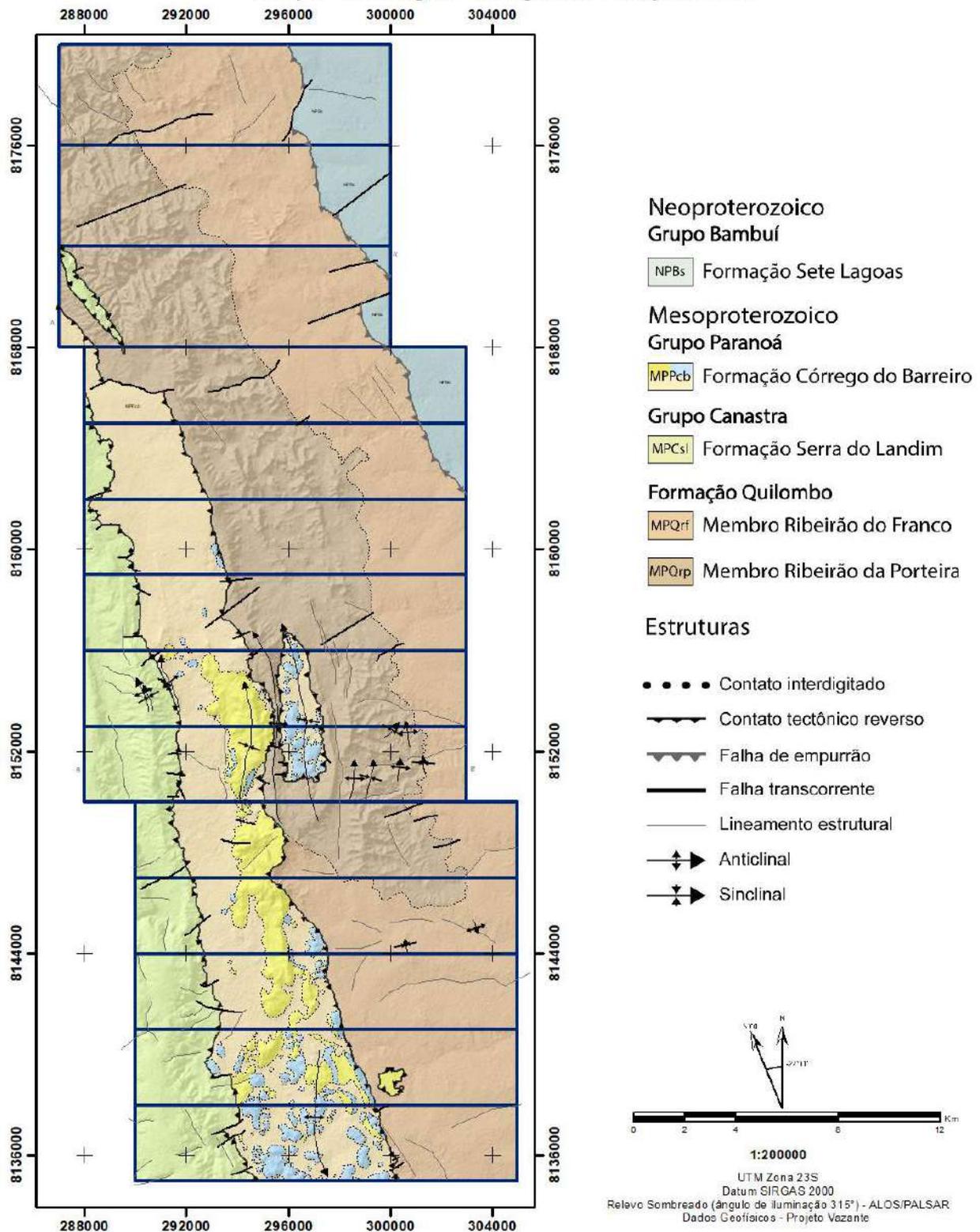


Figura 5.2: Mapa Geológico integrado simplificado do Projeto Unai, adaptado para exibição em folha A4. Disponível no Anexo C.

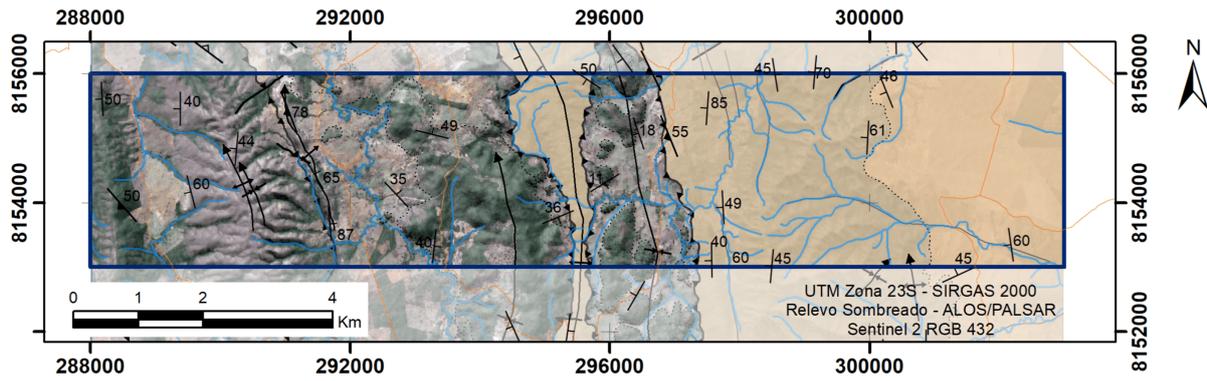
A classificação das rochas do Grupo Paranoá geralmente é dada com base em suas características macroscópicas, como clivagem ardosiana e recristalização/silicificação das rochas psamíticas. O mesmo ocorre nas rochas da Formação Quilombo, que não apresentam feições metamórficas nesta porção da Zona Externa. Em campo e, posteriormente, em lâmina petrográfica, constatou-se que apesar de terem sido submetidas a metamorfismo de baixo grau, este não foi o suficiente para alterar microscopicamente a rocha em relação aos aspectos mineralógicos, texturais e estruturais.

Dessa forma, não se utilizou terminologias metamórficas para o Grupo Paranoá e Formação Quilombo, e sim terminologias de rochas sedimentares, utilizando a classificação de Folk (1980) para as rochas detríticas terrígenas/clásticas e a de Dunham (1962) para as litofácies carbonáticas. Para o Grupo Canastra, propôs-se utilizar a classificação metamórfica devido à presença de feições que permitem observar o caráter metassedimentar de baixo grau.

A etapa de campo possibilitou a associação das unidades litológicas observadas com os produtos geofísicos. Os dados de gamaespectrometria oferecem auxílio na delimitação dos contatos geológicos. Os domínios A, B e C são associados ao Grupo Canastra, onde o domínio B delimita a região do vale com formação de solo. Os domínios D, E e G são atribuídos às diferentes fácies da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá. Os dois membros da Formação Quilombo também podem ser diferenciados das demais unidades quanto à resposta gamaespectrométrica, associada aos domínios F, H e I. Devido a escala de mapeamento do levantamento aerogeofísico magnetométrico, os limites e a associação entre as unidades e os domínios não são bem definidas.

5.2 Formação Quilombo

As descrições ao longo deste capítulo para a Formação Quilombo seguem a litoestratigrafia proposta por Campos et al. (2021) que divide a Fm. Quilombo nos membros Ribeirão da Porteira e Ribeirão do Franco. A Fm. Quilombo corresponde a uma área de aproximadamente 57 km^2 , o que corresponde a 44 % da subárea VIII, desses 27 % pertencem ao Mb. Ribeirão da Porteira e os 17 % restantes ao Mb. Ribeirão do Franco (Figura 5.3).



Ectasiano

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, grauvasca lítica fina, siltito laminado, siltito maciço, argilito e folhelho. Dacito e riolito subordinados, afaníticos ou com esferulitos.

MPQrp

Membro Ribeirão da Porteira: ritmito psamo-pelítico, representados por intercalações de litoarenito fino, litoarenito grosso, grauvasca lítica fina, grauvasca lítica grossa, arenito, sublitoarenito, 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.

Figura 5.3: Mapa adaptado para exibição em folha A4, indicando os domínios pertencentes à Formação Quilombo dentro da subárea VIII.

Durante os trabalhos desenvolvidos na subárea VIII, as unidades mesoproterozoicas que compõem a Formação Quilombo, em primeira instância, podem ser diferenciadas quanto aos seus respectivos aspectos fisiográficos, pois os dois membros apresentam relevos e padrões de drenagem muito diferentes. O Membro Ribeirão da Porteira define um patamar mais alto topograficamente com alta declividade e padrão de drenagem denso e dendrítico (Figura 5.4 - A). Por outro lado, o Membro Ribeirão do Franco define uma região mais aplainada e baixa topograficamente com padrão de drenagem mais esparsa quando comparado ao Ribeirão da Porteira (Figura 5.4 - B). Também diferenciam-se em relação à associação de litofácies que correspondem a cada Membro. Para a Formação Quilombo essas fácies comumente alternam-se formando sequências rítmicas de contato abrupto.



Figura 5.4: Aspectos fisiográficos da Formação Quilombo. (A) visão para o oeste no pé dos morros que compõem o Membro Ribeirão da Porteira; (B) visão no alto dos morros para o leste mais plano onde existe o Membro Ribeirão do Franco logo a frente e Grupo Bambuí ao fundo.

5.2.1 Membro Ribeirão da Porteira

O Membro Ribeirão da Porteira é essencialmente definido como uma sequência rítmica pelitoarenosa, com alternância entre litoarenito de granulometria fina a grossa e grauvaca lítica intercaladas a folhelhos e siltitos delgados. Localmente, nas porções mais a oeste da unidade, ocorrem conglomerados.

Fácies litoarenito: caracteriza-se por ser uma rocha de coloração esbranquiçada a avermelhada quando alterada, granulometria areia variante entre grossa a fina. Em geral é bem selecionada, composição rica em grãos de quartzo arredondados, com alta esfericidade e também de fragmentos líticos. Normalmente aflora intercalada com rochas pelíticas (Figura 5.5 - D).

Fácies grauvaca lítica: varia entre tons mais enegrecidos quando a quantidade de matriz é bastante alta, porém em porções alteradas e “lavadas” de composição um pouco mais quartzosa, tendem a tons mais claros e amarelados, com presença de fragmentos líticos. Ocorrendo de forma intercalada com a fácies litoarenito, é o litotipo mais predominante ao longo do Membro Ribeirão da Porteira e, portanto, são as litologias que sustentam e dão forma ao relevo característico desse Membro (Figura 5.5 - A).

Fácies conglomerado: rocha de baixa continuidade lateral, com coloração escura a tons amarelados nas porções mais alteradas. Os clastos são predominantemente fragmentos líticos de tamanho médio grânulo, angulosos e de baixa esfericidade, por vezes orientados e clasto suportado. No entanto, em rocha alterada os clastos quartzosos de maior esfericidade parecem ser mais frequentes. Sob análise petrográfica foram identificados somente ortoconglomerados polimíticos com contatos côncavo-convexos e suturado, aliados a presença de grãos deformados, o que sugere compactação intensa. Caracterizam-se por aflorarem na porção mais oeste da Formação Quilombo próximo a falha de empurrão (Figuras 5.1 e 5.5 - C).

Fácies pelíticas delgadas: são fácies finas de menor recorrência nas sequências rítmicas,

comumente bastante laminada, de coloração rosada quando alterada a tons acinzentados quando fresca. Por vezes, ocorrem juntamente com folhelhos escuros, conforme descrito por outras subáreas. O mais comum, no entanto, é a ocorrência de siltitos bastante alterados em camadas laminadas de tamanho centimétrico a decimétrico alternado com camadas psamíticas (Figura 5.5 - B).

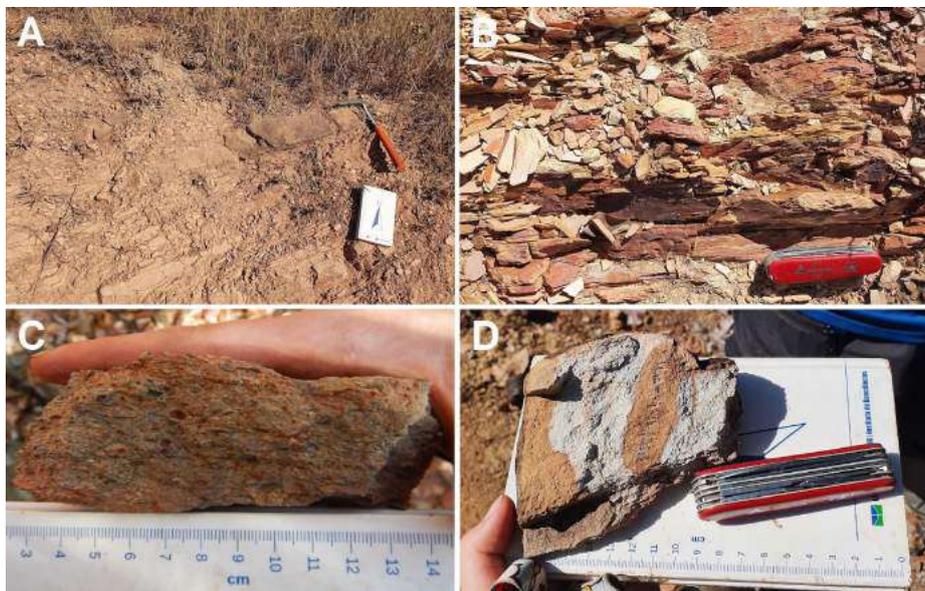


Figura 5.5: Associação de fácies que compõem a sequência rítmica psamo-pelítica do Membro Ribeirão da Porteira. (A) Alternância entre litoarenito, camadas mais competentes, e grauvacas líticas, camadas mais friáveis; (B) Sequência de siltitos laminados formando camadas de espessura decimétrica; (C) fácies conglomerado fino com clastos orientados em bloco rolado; (D) fácies litoarenito grosso de composição quartzosa em amostra de mão.

5.2.2 Membro Ribeirão do Franco

O Membro Ribeirão do Franco é representado por ritmitos pelito-arenosos, composto por fácies de granulometria mais fina, com finas camadas decimétricas a centimétricas de litoarenito, intercaladas a siltitos com laminação plano-paralela e grauvacas líticas, reproduzindo padrão rítmico semelhante ao Membro Ribeirão da Porteira.

Descritivamente a análise individual para cada uma das fácies presentes no Membro Ribeirão do Franco são similares às fácies anteriormente descritas para o Membro Ribeirão da Porteira, principalmente em relação ao litoarenito e a grauvacas líticas também presentes no Mb. Ribeirão do Franco. Estas unidades diferem-se, no entanto, em relação a predominância de cada fácies, sendo que no Mb. Ribeirão do Franco predominam as fácies pelíticas e as camadas mais arenosas ocorrem mais delgadas.

Fácies siltito maciço e fácies siltito laminado: juntamente com as grauvacas líticas, tratam-se das fácies mais comum do Membro Ribeirão do Franco. São caracterizadas por uma coloração acinzentada quando fresca a tons ocre-amarelados quando alterada. As camadas variam entre centimétricas a decimétricas. Comparativamente ao Mb. Ribeirão da Porteira estas fácies

apresentam-se muito mais contínuas e com forte ritmicidade (Figura 5.6 - A). As duas fácies diferenciam-se pela estruturação laminada muito marcante na fácies siltito laminado. A fácies siltito maciço, em contrapartida, caracteriza-se pela ausência dessa estruturação.

Fácies folhelho: rocha de ocorrência mais localizada ao longo da subárea VIII, se caracteriza pela ritmicidade de camadas de espessura milimétrica ao longo do perfil com granulometria bastante fina. A coloração dessas rochas foi observada apenas em porções alteradas com camadas mais amareladas alternando-se com camadas mais avermelhadas (Figura 5.6 - B).

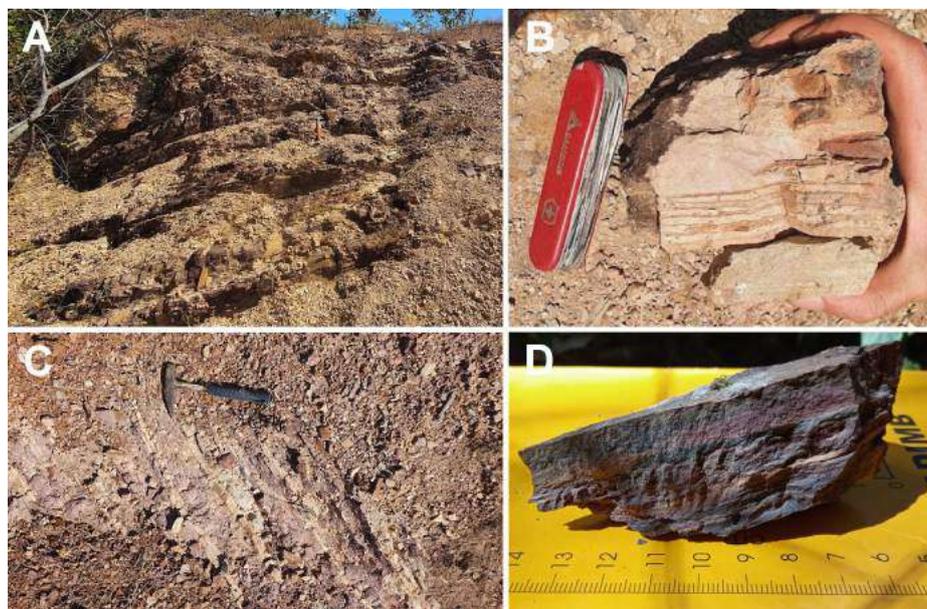


Figura 5.6: Associação de fácies que compõem a sequência rítmica psamo-pelítica do Membro Ribeirão do Franco. (A) Afloramento em parede de ritmito com alternância entre as fácies grauvasca lítica, siltito maciço e siltito laminado; (B) Amostras de mão das sequências de fácies observadas ao longo do caminhamento no Membro Ribeirão do Franco, de baixo para cima, fácies litoarenito e fácies folhelho em contato com siltito maciço; (C) fácies siltito laminado com camadas centimétricas; (D) rochas vulcânicas encontradas intercaladas junto ao sedimento (imagem cedida pela subárea VII do Projeto Unai).

De maneira geral, o Membro Ribeirão do Franco é uma unidade onde prevalecem as fácies de granulometria mais fina, com camadas decimétricas a milimétricas, comparativamente de menor espessura que o Ribeirão da Porteira, intercalando entre grauvasca lítica, siltito, e em menor quantidade, litoarenito e folhelho (Figura 5.6).

Assim como descrito por Campos et al. (2021) algumas subáreas, principalmente na parte norte do projeto, observaram a ocorrência de rochas vulcânicas na porção superior do Membro Ribeirão do Franco, subáreas II e III, enquanto a subárea VII observou a ocorrência do vulcanismo também no Membro Ribeirão da Porteira, intercaladas ao sedimento em camadas decimétricas (Figura 5.6 - D). Sob análise petrográfica destacam-se a grande quantidade de amígdalas preenchidas por microfenocristais (Figura 5.7). Essas vulcânicas foram definidas como ácidas-intermediárias interpretadas como dacitos e riolitos formados em ambiente subaquoso.



Figura 5.7: Fotomicrografia da amostra TF20-II-108A com amígdalas preenchidas por microfenocristais em dacito do Membro Ribeirão do Franco.

Ao todo foram mapeadas seis litofácies diferentes na Formação Quilombo, que se intercalam em contatos abruptos ao longo de toda a unidade. No entanto, a associação entre as fácies é diferente entre os membros da Formação Quilombo. O contato entre esses dois membros ao longo do Projeto Unaí foi interpretado como interdigitado, conforme ilustra a coluna estratigráfica abaixo (Figura 5.8 e Tabela 5.1).

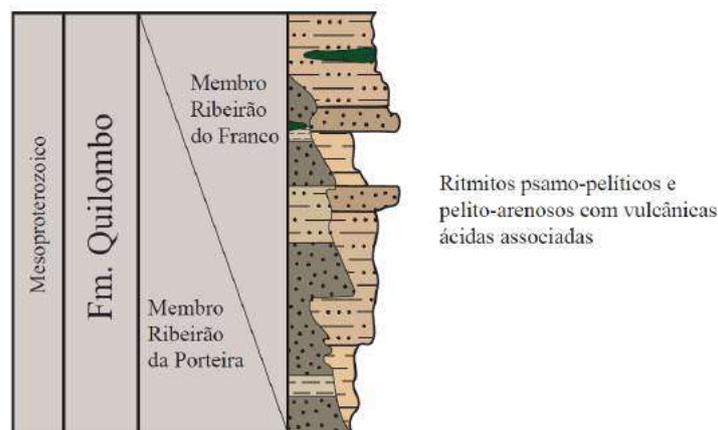


Figura 5.8: Coluna estratigráfica esquemática da Formação Quilombo adaptada para o Projeto Unaí. Ao longo da Área VIII as fácies conglomeráticas ocorrem próximas a base do Membro Ribeirão da Porteira. A ocorrência de vulcânicas ácidas está presente em ambos os membros da Formação e estão relacionadas a um mesmo evento eruptivo.

Sigla	Fácies Projeto Unai	Estrutura	Processos
Cg	Conglomerado clasto suportado	Granocrescência descendente	Depósito de fluxo detrítico com pouca matriz
LaE	Litoarenito	Estratificação plano-paralela e raramente cruzada	Depósitos de fluxo laminar
GIE	Grauvaca lítica	Estratificação cruzada e plano-paralela	Depósitos de fluxo de turbidez de média densidade
Sm	Siltito maciço	Maciço	Depósitos de fluxo de turbidez com baixa densidade
Sl	Siltito laminado	Laminação plano-paralela	Sedimentação por decantação / agradação
F1	Folhelho	Laminação plano-paralela	Sedimentação por decantação

Tabela 5.1: Fácies observadas na Formação Quilombo.

5.2.3 Interpretação e modelo deposicional

De acordo com o enquadramento da associação de fácies observadas e descritas para a Formação Quilombo, com a associação de fácies descritas por Mutti (1992), as sequências sedimentares pertencentes aos membros Ribeirão da Porteira e Ribeirão do Franco são interpretadas como depositadas por correntes de turbidez ao longo do sopé de taludes continentais em águas profundas (Figura 5.9). A espessura dessas unidades, no entanto, é difícil de ser estimada devido ao forte dobramento observado, com dobras apertadas, e do tipo *en chevron*.

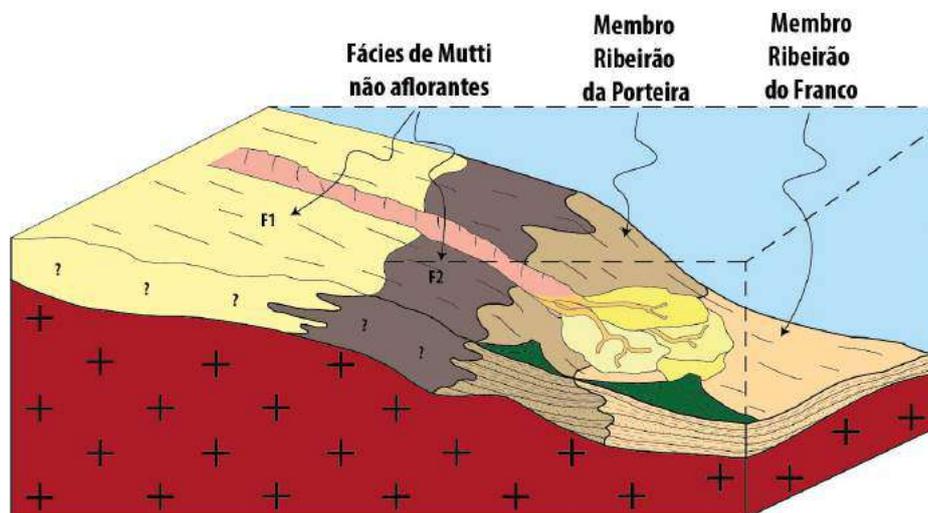


Figura 5.9: Bloco diagrama esquemático do ambiente de deposição do sedimento sob ação de correntes de turbidez. Modificado de Moura (2018).

O principal ambiente deposicional de turbiditos são os leques submarinos, sendo a maioria dos modelos descritos fundamentados em critérios morfológicos observados em leques atuais. Mutti (1992) desenvolve um estudo com a proposta de determinar o arcabouço genético de fácies tur-

bidíticas através da associação de fácies características aos diferentes fluxos gravitacionais e suas transformações durante a descida desses sedimentos sobre o talude, responsável pela grande variedade de litologias que são formadas ao longo deste ambiente (Figura 5.10).

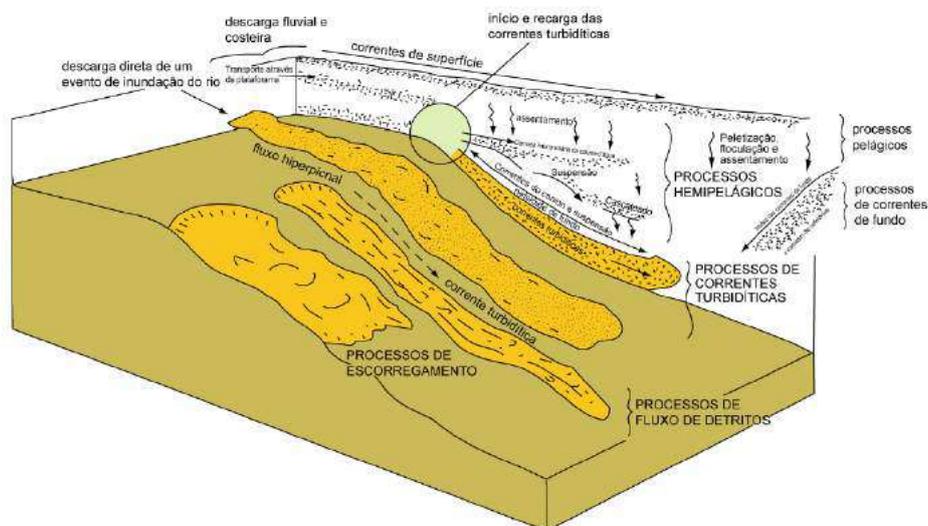


Figura 5.10: Diagrama resumo dos processos envolvidos no transporte e deposição de sedimentos em ambiente turbidítico, em águas profundas. Retirado de Barboza (2005), Stow e Mayall (2000).

As nove fácies (F1 a F9) turbidíticas definidas por Mutti (1992) podem ser subdivididas em três grupos principais. i) Fácies muito grossas, incluem as fácies F1, F2 e F3; ii) Fácies grossas, incluem F4, F5 e F6; e Fácies de grão fino, incluem F7, F8 e F9. Moura (2018) resume essas fácies segundo um fluxo caracterizado pelos seguintes estágios evolutivos: interrupção de um movimento de massa coeso - *debris flow* (fácies F1); congelamento, por coesão, de um fluxo hiperconcentrado (fácies F2); perda progressiva da força de uma corrente de turbidez hiperconcentrada (fácies F3); perda de competência e transformações ocorridas na origem e na extremidade das correntes supercríticas (fácies F4, F5 e F6), onde os depósitos da fácies F4 apresentam-se como carpetes de tração, a fácies F5 são formados por um “congelamento” rápido da corrente de turbidez supercrítica e a fácies F6 é o resíduo basal originado pelo salto hidráulico, que transforma uma corrente de turbidez supercrítica em subcrítica; após o salto hidráulico as correntes de turbidez subcríticas originam os depósitos das fácies de granulação fina (fácies F7 e F8) e por fim os depósitos da fácies F9 são depositados por processos de tração e suspensão, em correntes de turbidez subcríticas declinantes (Figura 5.11).

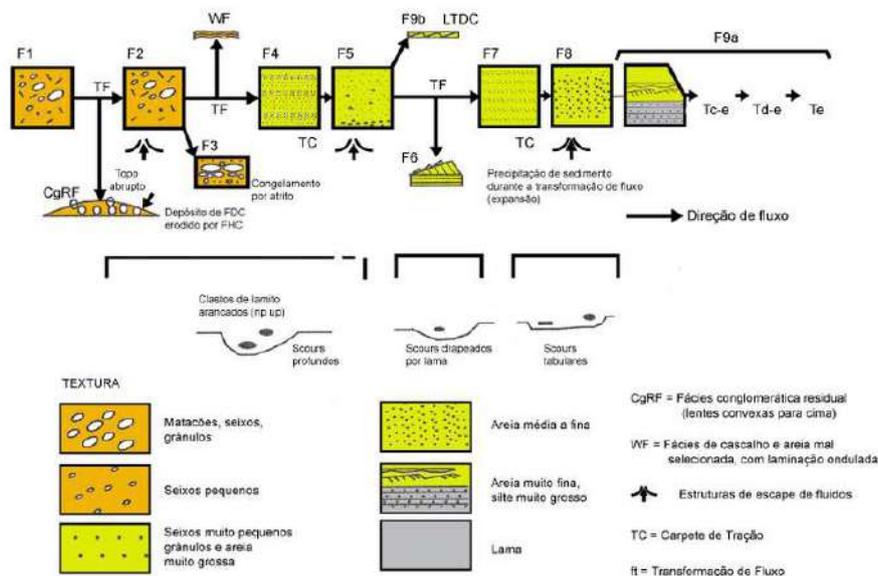


Figura 5.11: Classificação das fácies turbidíticas segundo Mutti (1992). Retirado de Barboza (2005).

Ao longo do Membro Ribeirão da Porteira foram observadas as fácies F3, F6 e F7 segundo a classificação de fácies turbidíticas (MUTTI, 1992; MUTTI et al., 2003; MUTTI et al., 2009). As fácies muito grossas, com matacões e seixos, depositadas por fluxos detríticos coesos com grande quantidade de matriz, fácies F1 e F2, não afloram ao longo da Formação Quilombo.

A fácies F3 é associada à fácies conglomerado clasto suportado de granulação de tamanho cascalho. A orientação observada nos clastos pode ser interpretada como produto da compactação, mas também devido a deposição desse sedimento sob fluxo turbulento descendente do cânion submarino, onde já se iniciam processos de transformação de fluxo, em função da menor quantidade de matriz presente nessa fácies.

Os depósitos da fácies F6 estão associados essencialmente a fácies litoarenito que apresenta uma maior maturidade composicional. Os processos tracionais associados a um fluxo unidirecional descendente seriam responsáveis pelo aparecimento das estratificações cruzadas de pequeno a médio porte. O surgimento de F6 é interpretado como a transformação de uma corrente de turbidez supercrítica, de alta densidade, numa subcrítica de baixa densidade (MUTTI, 1992).

As fácies F7 e F8 representam a progressiva diminuição da densidade das correntes de turbidez com estratificação horizontal mais marcante, estão essencialmente relacionadas às fácies grauvacalítica e siltito maciço na Formação Quilombo. Ao longo dessas fácies a natureza da corrente é marcada pela presença de clastos alongados depositados juntamente com clastos arredondados em uma matriz pelítica. O Membro Ribeirão do Franco é interpretado como uma porção mais distal do ambiente turbidítico devido a maior predominância das fácies de granulação mais fina F7, F8 e F9.

A fácies F9 é caracterizada por argilitos massivos laminados e folhelhos ocorrendo ao longo de camadas bastante contínuas e de fina espessura. Ao longo desta fácies são acomodados os sedimentos finos que viajaram por distâncias consideráveis, são bem selecionados e ocorrem de

forma continua. Sendo a fácies F9 o grupo com maior diversificação de sedimentos em sistemas turbidíticos, além de serem costumeiramente muito espessos, embora para o Membro Ribeirão do Franco exista uma forte ritmicidade entre as fácies F8 e F9.

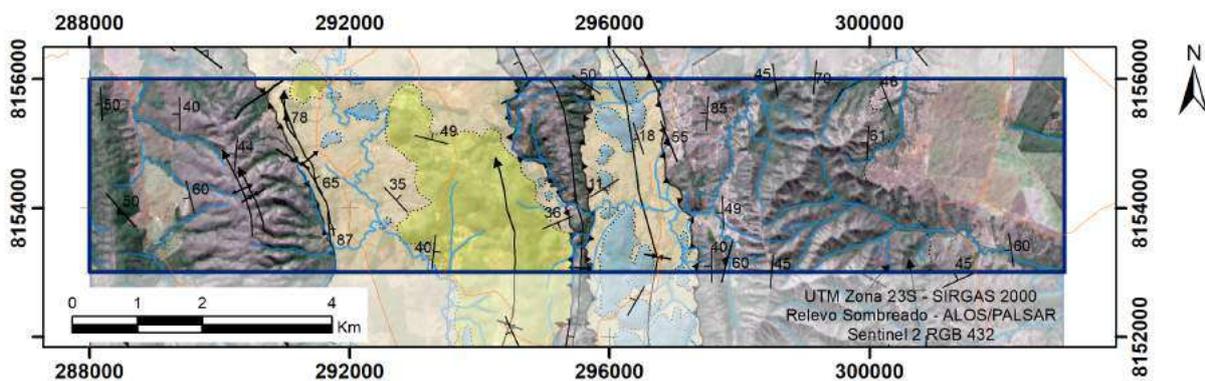
As principais características das fácies observadas na Formação Quilombo para o Projeto Unaí em relação a processos e ambientes foram resumidas na Tabela 5.2.

Sigla	Fácies Projeto Unaí	Posição no ambiente turbidítico	Associação Fácies de Mutti
Cg	Conglomerado clasto suportado	Parte canalizada dos cânions submarinos	F3
LaE	Litoarenito	Abertura em canais submarinos	F6
GLE	Grauvaca lítica	Frentes dos lobos submarinos	F7
Sm	Siltito maciço	Lobos deposicionais	F8
Sl	Siltito laminado	Porção distal	F8 / F9
Fl	Folhelho	Porção distal	F9

Tabela 5.2: Resumo da sequência de fácies e associação de fácies às fácies de Mutti para as unidades pertencentes à Formação Quilombo.

5.3 Grupo Paranoá

De idade esteniana (SERAINÉ et al., 2021), a Formação Córrego do Barreiro recobre aproximadamente 22 % da área do Projeto Unaí, expondo a sequência psamo-pelito-carbonatada na subárea VIII na porção centro-oeste, seguindo a continuidade das exposições das subáreas do projeto, entre os contatos tectônicos reversos com o Membro Ribeirão da Porteira da Formação Quilombo e a Formação Serra do Landim do Grupo Canastra. Também ocorre de forma restrita na porção leste da subárea, em meio às rochas da Formação Quilombo, totalizando 34 % da área de estudo (Figura 5.12).



MESOPROTEROZOICO

Esteniano

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

Formação Córrego do Barreiro

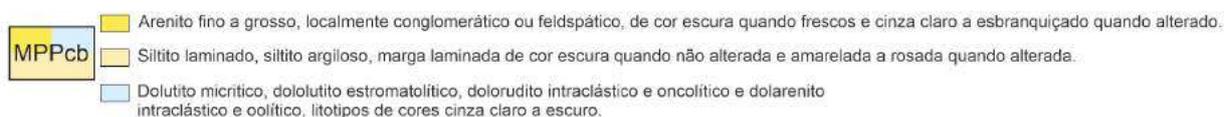


Figura 5.12: Localização da Formação Córrego do Barreiro na subárea VIII, com as fácies pelíticas em laranja, psamíticas em amarelo e carbonatadas em azul.

Com relevo suave ondulado e aplainado e vegetação do tipo campo sujo (Figura 5.13 - C), as exposições pelíticas da sequência são raras, por ser uma litologia menos resistente ao intemperismo e mais susceptível ao processo de pedogênese, formam solos espessos como os latossolos vermelho-amarelo observados na subárea. Quando afloram, geralmente em canais de drenagem profundos, apresentam-se frequentemente muito alteradas. Uma exceção a esse tipo de exposição é o morrote localizado próximo ao contato com a Formação Serra do Landim onde são observados lajedos e cortes de estrada que expõem essas rochas de maneira contínua e em grande volume.

As porções carbonatadas e as psamíticas se destacam pelo relevo marcado e com maior declividade, ambas apresentam vegetações mais adensadas, sendo difícil diferencia-las através do sensoriamento remoto. A seção carbonatada observada na subárea VIII forma morrotes isolados com grandes blocos, por vezes formando paredões, cobertos por uma vegetação densa do tipo mata seca, frequentemente espinhosa, sendo observadas também dentro de drenagens intercaladas em meio a porção pelítica (Figura 5.13 - A). As porções psamíticas da unidade foram observadas em sua maioria na forma de blocos, dispostos em meio a vegetação densa, por serem mais resistentes se destacam no relevo e formam parte dos morros observados na subárea (Figura 5.13 - B).

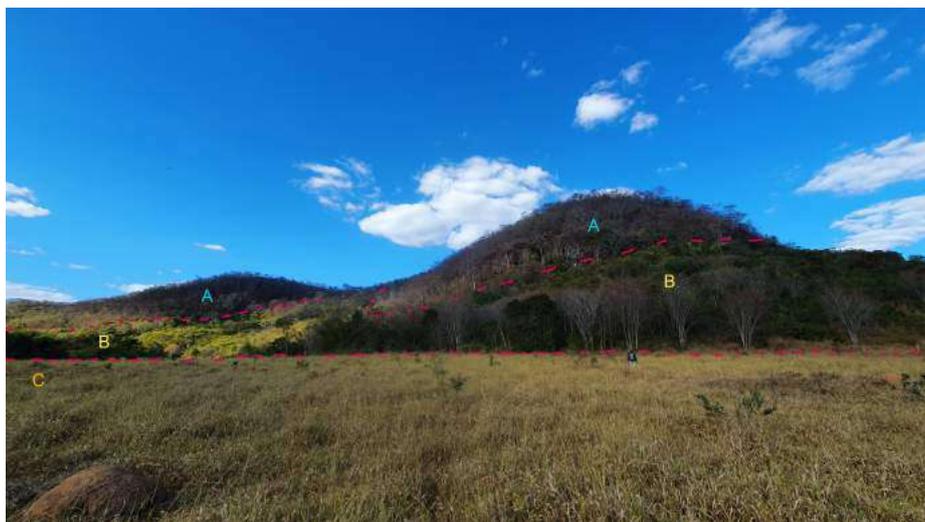


Figura 5.13: Aspectos fisiográficos da Formação Córrego do Barreiro. (A) Porção carbonática com relevo marcado e vegetação do tipo mata seca; (B) Porção psamítica com relevo marcado e vegetação densa; (C) porção pelítica de relevo suave e vegetação do tipo campo sujo.

As litofácies da Formação Córrego do Barreiro foram separadas em fácies carbonáticas e fácies terrígenas e descrevem as rochas observadas na sequência psamo-pelito-carbonatada (Figura 5.14).

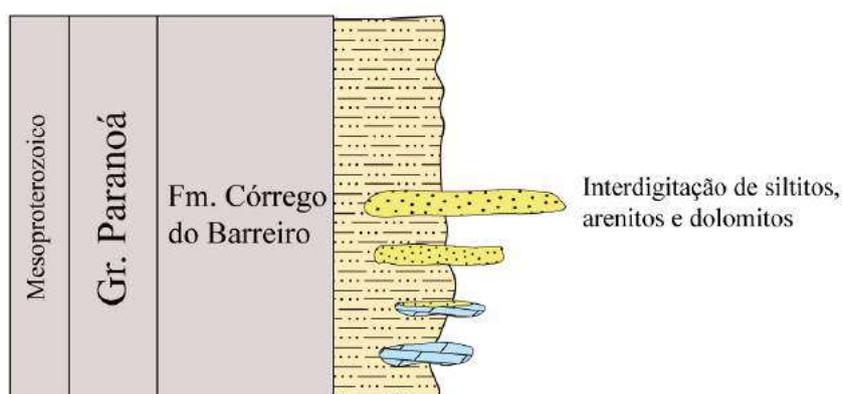


Figura 5.14: Coluna estratigráfica esquemática da Formação Córrego do Barreiro para a subárea VIII, com as fácies pelíticas em laranja, psamíticas em amarelo e carbonatadas em azul.

5.3.1 Fácies Carbonáticas

Fácies DAM - Dolarenito maciço: Composta por rocha de coloração acinzentada de granulometria areia fina a grossa e estrutura maciça, reage com HCl, foi classificada como um dolarenito maciço. Em campo são observadas em paredões e na forma de blocos, onde é possível observar também algumas porções silicificadas. Localmente, no ponto 07 da subárea VIII (295948 W, 8129903 N), foi observado um nível pelítico centimétrico associado (Figura 5.15 - A). Em lâmina (TF20-XIII-32B) (Figura 5.15), observa-se intraclastos micríticos arredondados de calcilitos e calcarenitos com tamanhos entre 0,4 a 3 mm, por vezes, cobertos por uma película descontínua de

lama. O arcabouço dessa rocha é formado por intraclastos envoltos em matriz micrítica, que foi parcialmente recristalizada formando cimento espático.

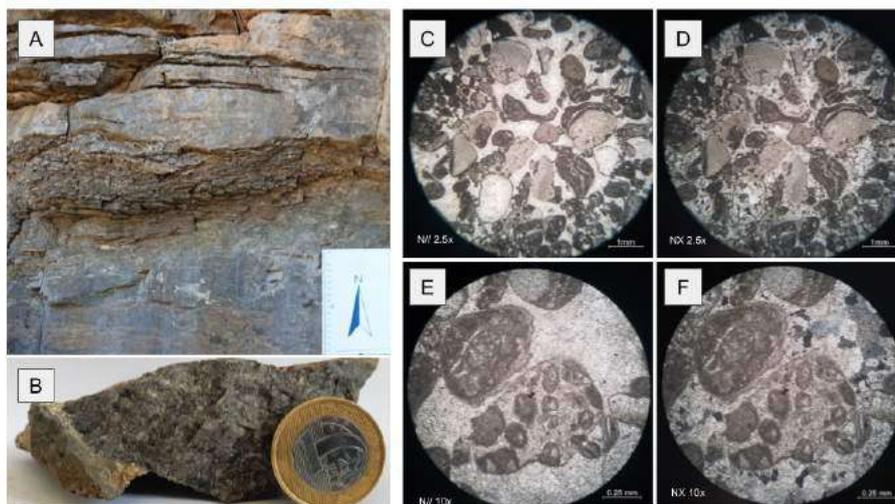


Figura 5.15: (A) Fácies DAM com nível pelítico associado; (B) Amostra TF20-XIII-32B; (C e D) Intraclastos micríticos em lâmina com aumento 2.5x; (E e F) Intraclastos cobertos por película de lama (Aumento 10x).

Fácies DLe - Dololutito com extraclastos: Rocha cinza micrítica com estrutura maciça e contribuição extraclástica onde são observados grãos de quartzo e feldspatos arredondados e com baixa esfericidade com tamanho variando entre areia fina e grânulos e tamanho médio de 2,4 mm. Em campo observada em blocos e em forma de lentes em paredões, intercalada com as fácies DAM e DLm (Figura 5.16.)

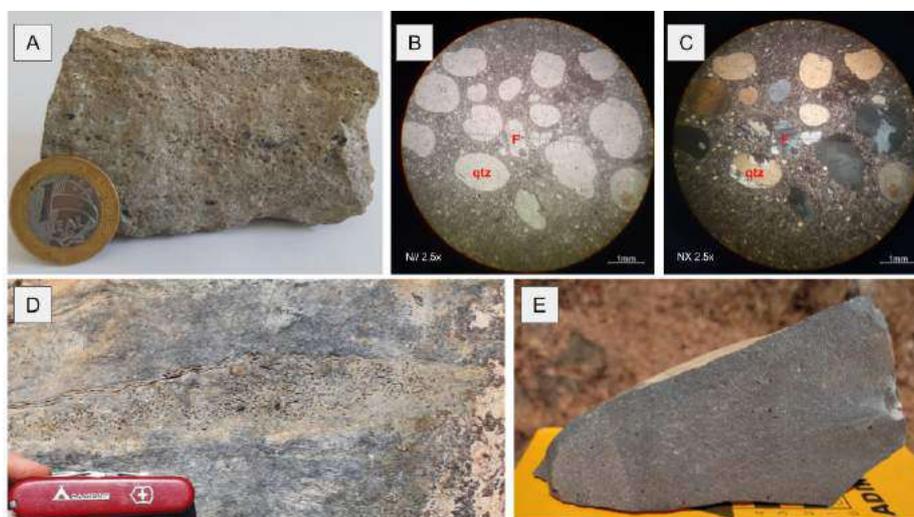


Figura 5.16: (A, B, C) Amostra macro TF20-XI-125, detalhe em lâmina dos extraclastos arredondados de quartzo (qtz) e do extraclasto de feldspato (F); (D) Lente de dololutito extraclástico em meio a fácies DAM; (E) Amostra macro de dolomicrito extraclástico (TF20-XII-113 297053 E 8143240 N).

Fácies DLm - Dololutito maciço: Rocha cinza micrítica com estrutura maciça, classificada como dololutito maciço. Observada em campo na forma de camadas métricas em paredões e na

forma de blocos, associada principalmente a fácies DAM.

Fácies Ed – Estromatólito dômico ou colunar: Constituída por rochas de tonalidades cinza claro a cinza escuro, bioconstruídas, incluem estromatólitos de morfologia colunar e dômica. Em campo observadas na forma de blocos com espessuras centimétricas a decimétricas, nas áreas mais ao sul do projeto foram observadas exposições métricas (Figura 5.18 - A e B). Em lâmina (TF20-XIV-32B) apresenta textura bioconstruída com esteiras microbianas descontínuas marcada pela alternância de diferentes tonalidades (Figura 5.17-B), é possível observar cavidades horizontais planas preenchidas por cimento carbonático a mosaico (Figura 5.17 - C), com mesma orientação das esteiras. Possível observar também localmente cavidades paralelas às lâminas algais preenchidas por extraclastos de quartzo tamanho areia fina a silt e algumas lamelas de mica. Há também uma lâmina opaca e sinuosa (0,1 - 0,3mm), provavelmente de pirita.

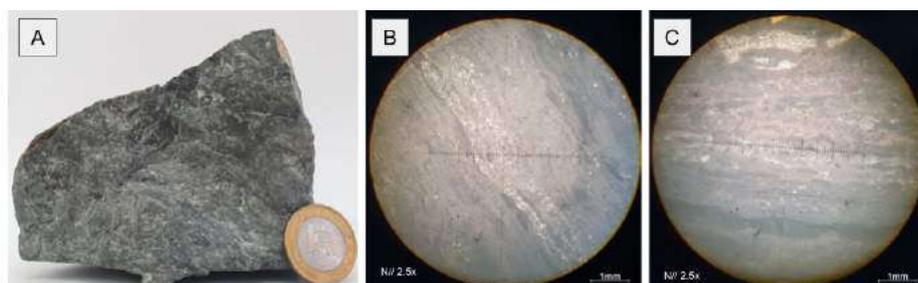


Figura 5.17: Lâmina TF20-XIV-32B. (A) Amostra macroscópica; (B) Textura bioconstruída marcada pela alternância de tonalidades; (C) Cavidade preenchida por cimento a mosaico.

Fácies Ep – Estromatólito planar: Engloba rochas de coloração cinza, bioconstruídas formada por esteiras microbianas planares centimétricas, que podem ser mais ou menos sinuosas e apresentar descontinuidades. Localmente há presença de material clástico de tamanho areia fina e alguns extraclastos de quartzo. Ocorre em blocos e também em paredões rochosos com espessuras decimétricas a métricas (Figura 5.18 - C e D). Classificadas em lâmina como boundstones (Dunham) ou biolitos (Folk).



Figura 5.18: (A) Fácies Ed, estromatólitos colunares em corte basal; (B) Fácies Ed, estromatólitos dômicos decimétricos; (C e D) Fácies Ep, com estromatólitos planares centimétricos a decimétricos.

Fácies Bm - Brecha maciça: Rocha acinzentada com intraclastos micríticos centimétricos, fragmentos de esteiras algais e cavidades com bordas de cimento isópaco e preenchidas por cimento espático (Figura 5.20 - A e B). Em campo observou-se também cavidades preenchidas por micrita, por calcita e algumas onde o cimento foi substituído por sílica (Figura 5.21). Em lâmina (TF20-XIII-32A) observa-se textura cristalina com arcabouço marcado por porosidade secundária bastante sinuosa, composta por vugs milimétricos a centimétricos (0,3 a 1,8 cm) gerados por dissolução não seletiva do material carbonático, preenchidos por um cimento espático fibrorradial também carbonático, com crescimento dos cristais longos em direção ao centro do espaço, que é comumente preenchido por um outro cimento de esparita placosa. Alguns desses vugs encontram-se ainda parcialmente vazios, com parte dessa porosidade secundária preservada (Figura 5.19). Por vezes, ao longo da borda de alguns desses vugs recristalizados observa-se micrita de infiltração (5 %). Foi classificada como grainstone intraclástico (Dunham) ou intradolosparito (Folk).

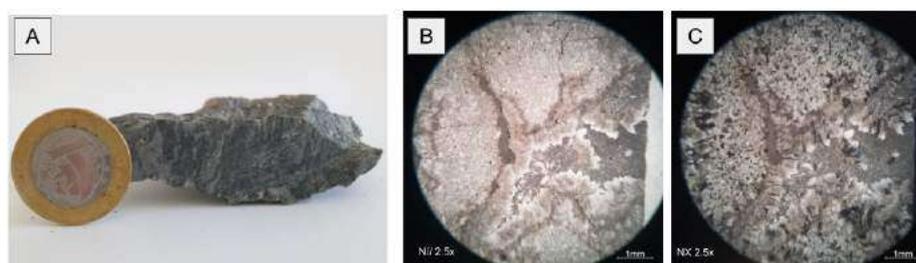


Figura 5.19: Lâmina TF20-XIII-32A. (A) Amostra Macro; (B e C) Porosidade secundária preenchida por cimento espático fibrorradial, sob nicóis paralelos e nicóis cruzados e aumento de 2.5x.

Fácies Bmms - Brecha maciça matriz suportada: Formada por rocha de tonalidade cinza matriz suportada com intraclastos micríticos centimétricos a pluri-decimétricos, angulosos e com baixa esfericidade, fragmentos de esteiras algais centimétricos e envoltos em matriz micrítica (Figura 5.20 - C e D). Observou-se presença de cavidades preenchidas por cimento espático, por micrita, por calcita e algumas onde o preenchimento foi substituído por sílica (Figura 5.21).



Figura 5.20: (A e B) Fácies Bm, com fragmentos de esteiras algais centimétricos e intraclastos micríticos; (C e D) Fácies Bmms, com intraclastos centimétricos a decimétricos em meio a matriz micrítica.

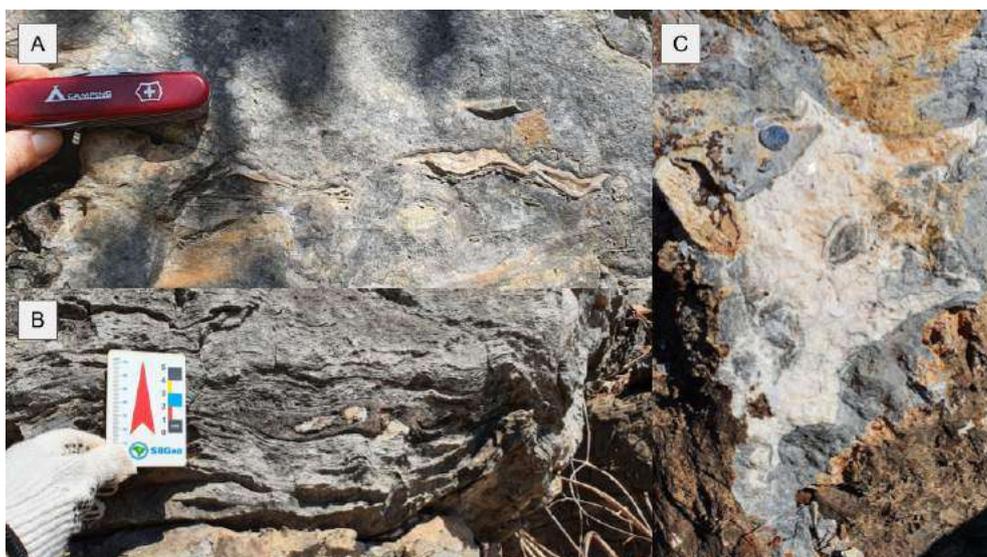


Figura 5.21: Cavidades preenchidas observadas na subárea VIII. (A) com borda de cimento isópaco e preenchida por cimento espático; (B) preenchimento micrítico; (C) por calcita.

5.3.2 Fácies Terrígenas

Fácies AM - Arenito fino a médio: Formada por rochas de cor cinza, quando alteradas apresentam tonalidades esbranquiçadas com bordas alaranjadas. Foram observados principalmente na forma de blocos rolados. Composta por quartzo com grãos subordinados de feldspato, estes se destacam nas porções alteradas da rocha em forma de “pontos brancos”. Apresentam em sua maioria textura maciça, em alguns pontos foi possível observar laminação, e granulometria areia fina a média, e são textural e composicionalmente maduros (Figura 5.22 - A.2 e B).

A porção de granulometria mais fina da amostra TF20-XIII-32A é formada por grãos de quartzo (88 %) de tamanho silt a areia média (0,06 a 0,5 mm), feldspatos de granulometria areia fina e raras lamelas de muscovita (<1 %) (0,1 a 0,25 mm). Os grãos de quartzo e feldspato são bem arredondados e com esfericidade moderada a alta. Os contatos são majoritariamente planares. Considerada submatura composicionalmente e madura texturalmente.

Fácies AG - Arenito médio a grosso: Formada por rochas de tons acinzentados e, quando alterada, tons esbranquiçados, composta majoritariamente por grãos de quartzo com granulometria entre areia grossa a areia muito grossa, subarredondados de alta esfericidade, e por feldspatos e óxidos subordinados. Na subárea VIII, foram observados apenas na forma de blocos, entretanto para a área do projeto também foi observados afloramentos métricos na forma de lajedo. Foram observadas estratificação plano-paralela, cruzadas, truncadas e marcas onduladas assimétricas, onde foi possível inferir a direção de fluxo (Figura 5.22 e 5.23). A amostra TF20-XII-54 é uma rocha de granulometria que varia de areia fina a areia muito grossa. Composta por grãos de quartzo (94 %) (tamanho varia de 0,3 a 2,0 mm) arredondados a subangulosos, esfericidade média a alta; com presença de plagioclásio e microclínio (4 %) (tamanho varia de 0,4 a 1,6 mm) subangulosos e esfericidade baixa; minerais opacos euédricos (1 %) (pirita) com tamanho varia de 0,05 a 0,6mm. Os contatos entre os grãos são suturados a côncavo-convexos, contatos planares são restritos. Grãos

bem selecionados e maturidade textural e composicional. Já na amostra TF20-XIV-32A temos as fácies AM e AG, na fácies AG vemos uma rocha composta por quartzo com granulometria entre areia média e grânulo (0,4 a 3 mm), com extinção ondulante; Feldspatos com tamanho entre 0,8 a 1,6 mm. Os grãos são bem arredondados com esfericidade moderada a alta. Os contatos entre os grãos são planares. A fácies é sub-matura composicionalmente e madura texturalmente (Figura 5.22 - A.1).



Figura 5.22: Arenitos do Grupo Paranoá. (A.1) Arenito médio a grosso - fácies AG; (A.2) Arenito fino - fácies AM; (B) arenito fino laminado - fácies AM; (C) Quartzarenito - fácies AG (TF20-XII-54); (D) Arenito médio a grosso feldspático - fácies AG.

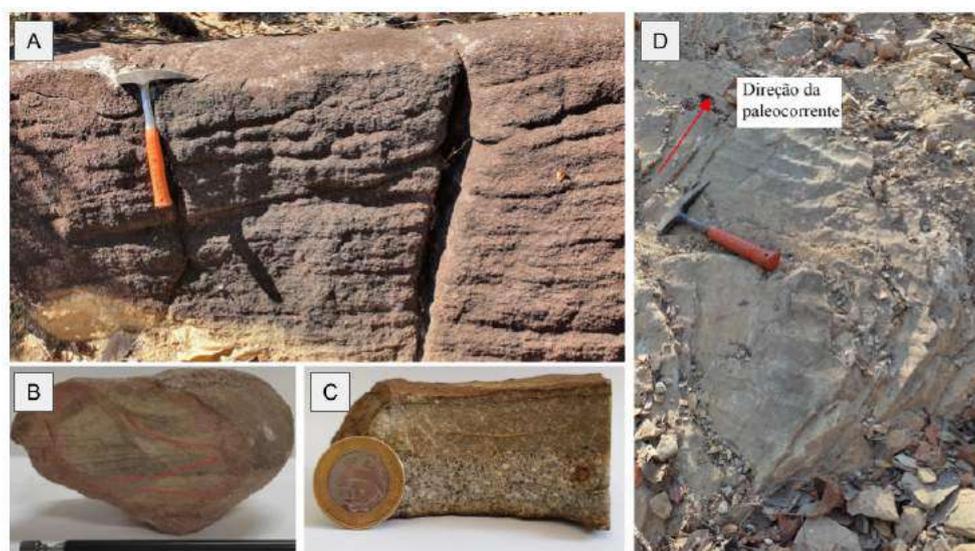


Figura 5.23: Estruturas observadas na porção psamítica do Grupo Paranoá. (A) Estratificação cruzada observada na fácies AG; (B) Arenito fino (Fácies AM) com estratificação cruzada acanalada (TF20-XII-07 (295015 E 8142699 N)); (C) Contato erosional entre as fácies AM e AG observada na amostra TF20-XIV-32A; (D) Afloramento de arenito médio da fácies AM com marca ondulada assimétrica, descrito pela subárea XII (295168 E 8143775 N).

Fácies S – Siltito: A fácies siltito representa 59 % do Grupo Paranoá dentro da subárea VIII, entretanto, apesar de sua extensão, dispõe da menor exposição aflorante. Essa fácies é formada por rochas de coloração acinzentada e tonalidades ocre a arroxeadas quando alteradas, apresentam granulometria silt, e composição às vezes margosa. Foram observadas duas estruturas nos siltitos do Paranoá: a primeira e mais abundante sendo a laminação plano-paralela, realçada pela diferença de tonalidade; e em menor quantidade, estrutura maciça (Figura 5.24).

Na subárea VIII, os siltitos aflorantes observados compreendem uma alternância rítmica pluri milimétrica, com intercalação de tonalidades ocre a roxo, onde se observa variação textural formando duas porções distintas: a primeira tem laminação plano-paralela, caracterizada pela sucessão de sedimentos finos que podem ser mais ou menos carbonáticos, onde os níveis arroxeados contêm maior conteúdo siliciclástico e as porções ocre maior conteúdo carbonático. Essa porção é truncada por um contato erosional abrupto e levemente ondulado, sobre ela está uma camada mal selecionada com sedimentos que variam de granulometria silt a areia média. Empilhado sobre a camada temos uma mistura entre o sedimento mal selecionado e a fração lama. Para o topo predomina a fração lama com o retorno da laminação (Figura 5.25). Dentro da sucessão rítmica foram observados também pacotes decimétricos de siltito maciço de tonalidade ocre. No restante da área do Projeto Unai foram observados siltitos com laminação plano-paralela com menor conteúdo carbonático e com presença de níveis psamíticos milimétricos a centimétricos.

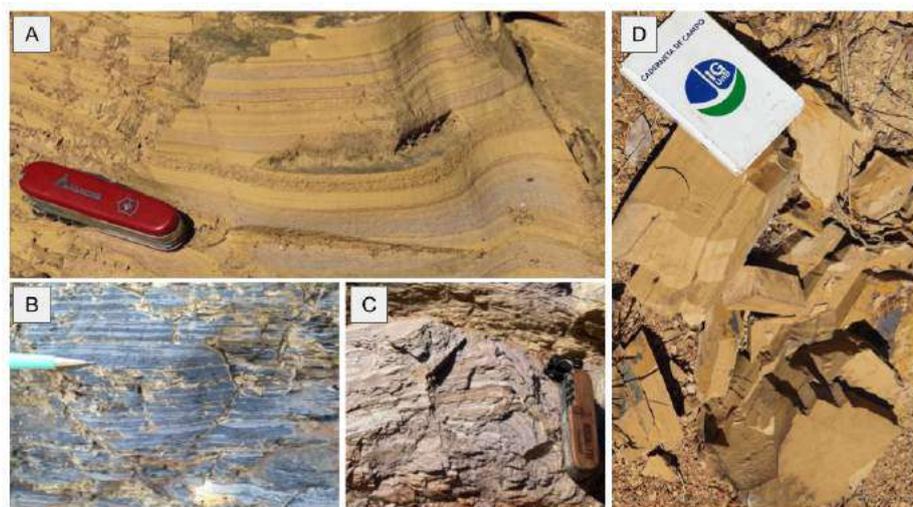


Figura 5.24: (A) Siltito margoso laminado com níveis psamíticos da subárea VIII; (B e C) Siltito laminado; (D) Siltito margoso com porções maciças e porções laminadas.



Figura 5.25: Marga laminada observada na subárea VIII. (A) Porção de granulação lama com laminação plano-paralela; (B.1) Contato erosional abrupto com a porção de granulação grossa; (B.2) Mistura entre as frações de diferentes granulometrias.

Fácies Carbonáticas	
DAm - Dolarenito maciço	Dolarenito intercalado com níveis pelíticos centimétricos.
DLe - Dololutito com extraclastos	Dololutito com extraclastos de quartzo e feldspato arredondados e com baixa esfericidade.
DLm - Dololutito maciço	Dololutito maciço com interestratificações pelítico-margosas centimétricas.
Ed - Estromatólito dômico ou colunar	Estromatólitos dômicos ou colunares decimétricos.
Ep - Estromatólito planar	Estromatólitos planares com esteiras contínuas centimétricos a decimétricos.
Bm - Brecha maciça	Brecha intraclástica com grãos alongados centimétricos micríticos ou com esteiras microbianas mais ou menos paralelas ao acamamento, às vezes dobrados para o topo da camada.
Bmms - Brecha maciça matriz suportada	Brecha intraclástica matriz suportada com clastos centimétricos a pluri-decimétricos.
Fácies Terrígenas	
AM - Arenito fino a médio	Arenito fino a médio com grãos bem arredondados e esféricos com alta maturidade textural e composicional, às vezes com lâminas de tração (laminação plano-paralela, cruzadas, truncadas, marcas onduladas assimétricas).
AG - Arenito médio a grosso	Arenito feldspático médio-grosso, composto majoritariamente por grãos de quartzo com granulometria entre areia grossa a areia muito grossa. Mal selecionado, subarredondado e esféricos. Com feldspatos e óxidos subordinados.
S - Siltito	Siltito, às vezes margoso, de homogêneo a laminado, de cor cinza e cor ocre quando alterado. Localmente, laminado e intercalado com lâminas de areia fina milimétricas a centimétricas.

Tabela 5.3: Fácies observadas na Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá.

5.3.3 Associação de Fácies

Associação de fácies 01 (Af 01) - $AM + AG + S + DLe$

A associação de fácies 01 corresponde às fácies siliciclásticas S, AM e AG e à fácies carbonática DLe. Representa a porção proximal da plataforma, onde há deposição do sedimento siliciclástico continental em deltas, canais e barras, com canais que recortam os siltitos e os *mounds* carbonáticos. Dominam processos trativos com ação de ondas de maré, sendo AG depositado num regime de fluxo inferior de velocidade muito baixa, com presença de marcas onduladas, estratificações cruzadas, truncadas e planares, e AM depositado também em regime de fluxo inferior porém em uma porção

mais distal. O contato erosional entre AM e AG evidencia a ação de ondas nessas rochas. A fácies DLe representa a transição entre a predominância de deposição siliciclástica e o ambiente de plataforma carbonática.

Associação de fácies 02 (Af 02) - *DAm + DLm + Ed + Ep*

Formadas pelas fácies carbonáticas que compõem os *mounds* carbonáticos. Associada à atividade microbiana e à precipitação de material micrítico, a fácies Ed é formada em ambientes com lâmina d'água mais espessa, criando o espaço necessário para desenvolvimento de feições colunares e dômicas. Já a fácies Ep é associada a ambientes mais restritos, com esteiras planares a sinuosas.

Associação de fácies 03 (Af 03) - *Bm + Bmms + S*

Composta pelas fácies carbonáticas Bm + Bmms e a fácies siliciclástica S. Formada pelas brechas carbonáticas e a fração margosa da fácies S. As margas se formam junto aos *mounds* carbonáticos através de fluxo gravitacional, onde há mistura da sedimentação fina siliciclástica que vem do continente com a fração fina que é exportada dos *mounds* carbonáticos (fácies DAm + DLm + DLe + Ed + Ep), formando uma sucessão de sedimento fino que pode ser mais ou menos margosa, e com composição pode variar de lamitos puros a calcilitos. Os siltitos menos margosos se depositam entre os *mounds*, onde há menor input carbonático. Já as brechas são produto do retrabalhamento dos *mounds* e do fluxo de detritos, onde a porção mais proximal corresponde as brechas clasto suportadas e com intraclastos decimétricos da fácies Bm e na porção mais distal, temos as brechas matriz suportadas com clastos centimétricos da fácies Bmms. Essa associação corresponde a porção mais profunda da plataforma. A presença de laminação nas margas está associada a ambientes profundos de baixa energia onde a água não estava totalmente parada.

5.3.4 Modelo Depositional

As fácies e associações descritas sugerem que as rochas do Grupo Paranoá observadas na área do Projeto Unai foram depositadas em um ambiente marinho raso de plataforma mista, com influência de maré. Campos et al. (2013) sugere que essas rochas foram depositadas no final do preenchimento de uma bacia intracontinental (Figura 5.26).

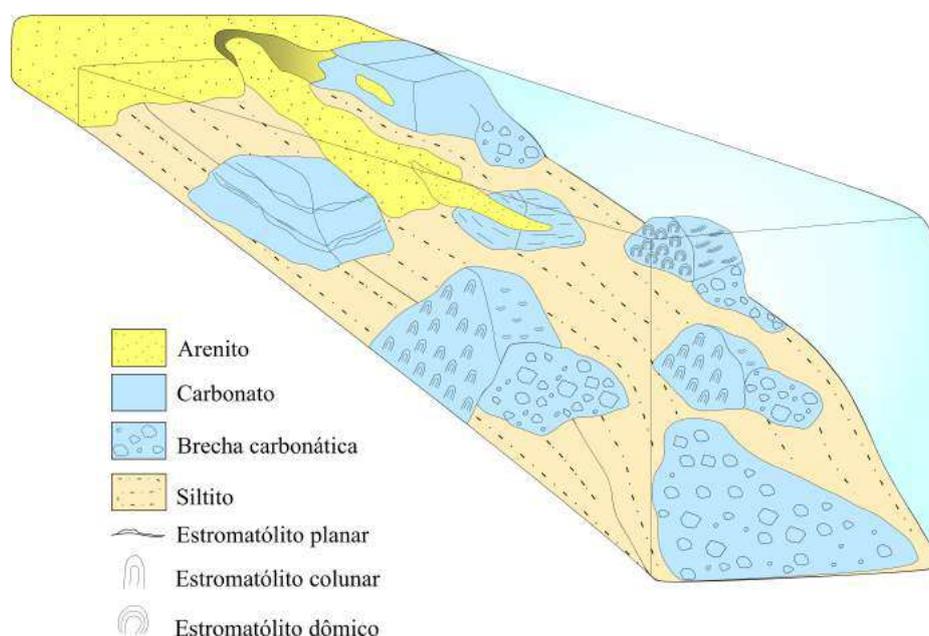


Figura 5.26: Modelo deposicional da Fm. Córrego do Barreiro.

O ambiente plataformar proximal é formado pela associação 01 com predomínio de rochas siliciclásticas provenientes da porção continental e com a formação de barras, deltas e canais. Já o ambiente plataformar restrito contém as rochas da associação 02, com predominância de sedimentação carbonática regulada pela atividade microbiana e com influência do retrabalhamento da ação de ondas.

O ambiente plataformar distal é formado pela associação de fácies 03. As margas e as brechas são típicas de ambiente de rampa e representam a porção mais profunda, de baixa energia, com predomínio de fluxos gravitacionais de sedimentos em suspensão e provenientes do retrabalhamento da plataforma. Entretanto mesmo quando o sedimento se acumula por decantação (fluxo gravitacional - laminação plano-paralela) podemos ter retrabalhamento por deslizamento ou por correntes de fundo, com a deposição de grãos mais grossos por fluxos de tração, que removem parte da fração fina e formam contato irregular, como foi observado no ponto 153 da subárea VIII (Figura 5.25). A alternância rítmica observada sugere que o sedimento de maior granulometria seja proveniente de deslizamento, este se acumula no topo da rampa e quando ultrapassa o ângulo de atrito interno ele desliza, removendo parte do sedimento fino, e depositando as camadas de maior granulometria. Depois há retorno da deposição por decantação, inicialmente com mistura dos sedimentos de diferentes granulometrias e posterior retorno do predomínio do material bem selecionado de granulometria fina e da formação de laminação plano-paralela.

5.4 Grupo Canastra

As rochas da Formação Serra do Landim correspondem a aproximadamente 22 % da superfície mapeada na subárea VIII, ocupando cerca de 981 hectares (Figura 5.27), posicionadas em sua totalidade no extremo oeste da subárea. Essa Formação faz contato tectônico com o Grupo Paranoá,

por meio de um contato tectônico reverso.

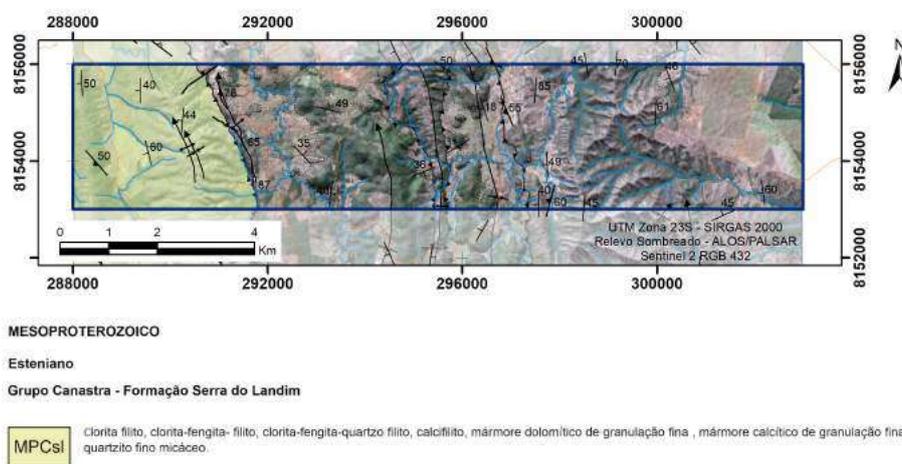


Figura 5.27: Localização da Fm. Serra do Landim (área em verde), do Grupo Canastra, na subárea VIII.

O recuo do relevo ocasionado por processos erosivos é formado por duas serras, uma escarpada com crista alongada e outra de topo aplainado, que expõem as rochas dessa Formação. Essa região apresenta os pontos mais elevados de toda a subárea, com cotas máximas de 930 m de elevação e cotas mínimas próximas de 800 m, isso ocorre devido a região estar associada a zonas de dobramentos e a falhas de empurrão. É possível notar no relevo o caimento bem-marcado destas camadas de rocha (Figura 5.28).

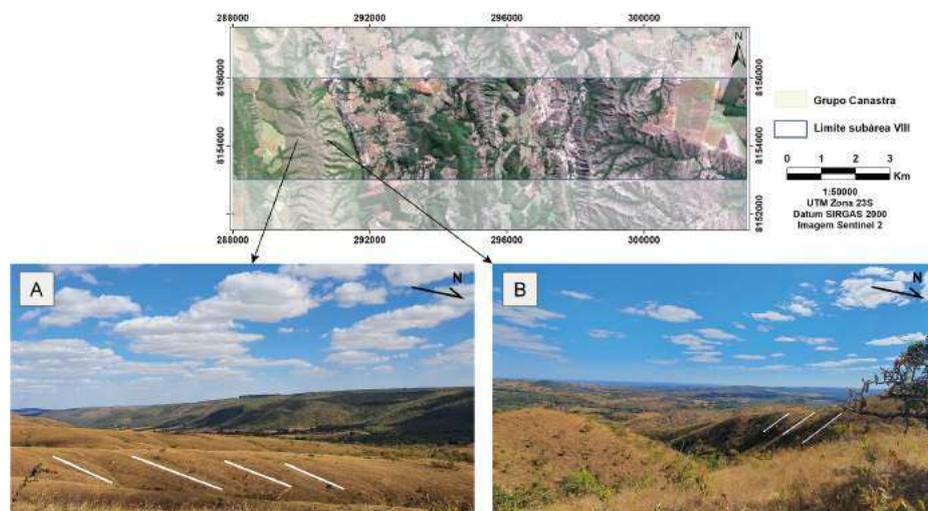


Figura 5.28: Expressão Geomorfológica: (A) Camadas de rochas da Formação Serra do Landim bem-marcadas no relevo mergulhando para oeste; (B) Na vertente oposta, também é possível notar as camadas bem-marcadas, porém mergulhando para leste. Com isso, atesta-se o dobramento dessas rochas.

Foram mapeados três litotipos dessa Formação na extensão do Projeto Unaí, são eles: filitos, quartzitos e mármores. Na subárea VIII, afloram apenas os filitos e os quartzitos, sendo os mármores restritos as subáreas mais ao sul da área do projeto (Figura 5.29).

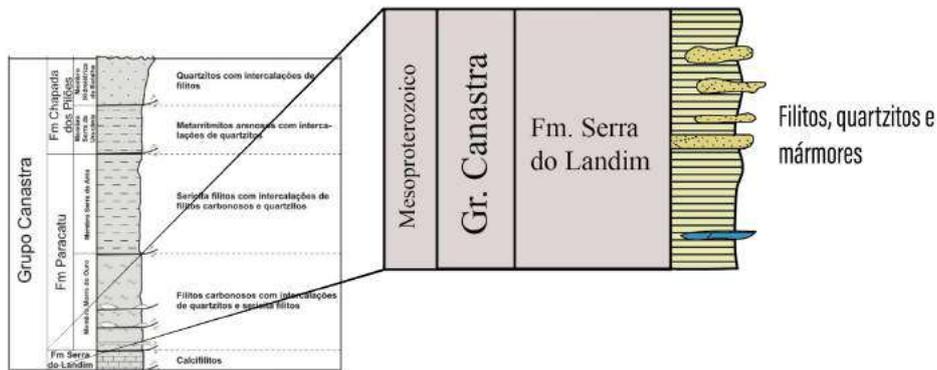


Figura 5.29: Coluna estratigráfica esquemática do Grupo Canastra adaptado para o Projeto Unaí, com enfoque na base do grupo onde está posicionada a Formação Serra do Landim. Os filitos ocorrem intercalados com lentes de quartzitos, localmente na subárea VIII, é possível observar uma lente decamétrica, que se destaca na imagem de satélite pela densa vegetação, ao sul ocorrem pequenas lentes de mármore. Adaptado de Rodrigues (2008).

A porção onde ocorre os quartzitos está na serra escarpada mais íngreme a oeste e os filitos ocorrem tanto na serra escarpada a oeste, quanto na serra de topo aplainado menos íngreme a leste (Figura 5.30). As serras são recobertas por neossolo litólico e entre as duas formações serranas há um vale colmatado coberto por latossolo vermelho-amarelo espesso.



Figura 5.30: Relevo da Formação Serra do Landim, observa-se ao fundo que onde afloram filitos e quartzitos a serra é alongada, escarpada de alta declividade e há uma vegetação de cerrado; a frente, onde afloram apenas os filitos, há uma serra de topo aplainado de declividade mais baixa coberto por uma vegetação de campo sujo, com predomínio de gramíneas.

5.4.1 Filitos

Os filitos afloram em toda a Formação Serra do Landim, a maioria desses afloramentos são rasteiros (Figura 5.31). As rochas dessa unidade estão frequentemente alteradas com cor mais roseada-avermelhada e fraturadas. As camadas geralmente são homogêneas e tem direção de foliação bem-marcada paralela ao plano de acamamento.



Figura 5.31: Afloramentos de filitos na subárea VIII. (A e B) Afloramentos de filito comuns na serra mais íngreme a oeste; (C e D) Afloramentos rasteiros comuns na serra de topo aplanado, é possível notar os planos de foliação bem-marcados na rocha alterada.

A partir da observação microscópica (Figura 5.32), baseada na amostra TF20-XIII-33, amostrada pela subárea XIII, observa-se que a rocha dispõe de uma textura lepidoblástica, formada pela orientação de micas brancas finas que marcam bem a foliação, classificadas como fengita ($<0,01$ mm) e clorita ($<0,02$ mm), dispostas de forma paralela. É possível observar também a presença de minerais opacos, pseudomorfos de pirita, avermelhados com tamanhos entre 0,1 e 0,6 mm. Nota-se cristais de plagioclásio com tamanhos entre 0,02 e 0,06 mm em meio a matriz filossilicática. A lâmina é composta por micas (55 % de fengita e 32 % de clorita), minerais opacos (6 %), quartzo (4 %) e feldspato (3 %). Em conformidade com sua variação composicional, as rochas que compõem esse litotipo são classificadas como clorita-fengita filito metamorizado em muito baixo grau (anquimetamorfismo) em fácies xisto verde, na zona da clorita (Figura 5.33). É a variação de filito mais comum nas subáreas do Projeto Unai.

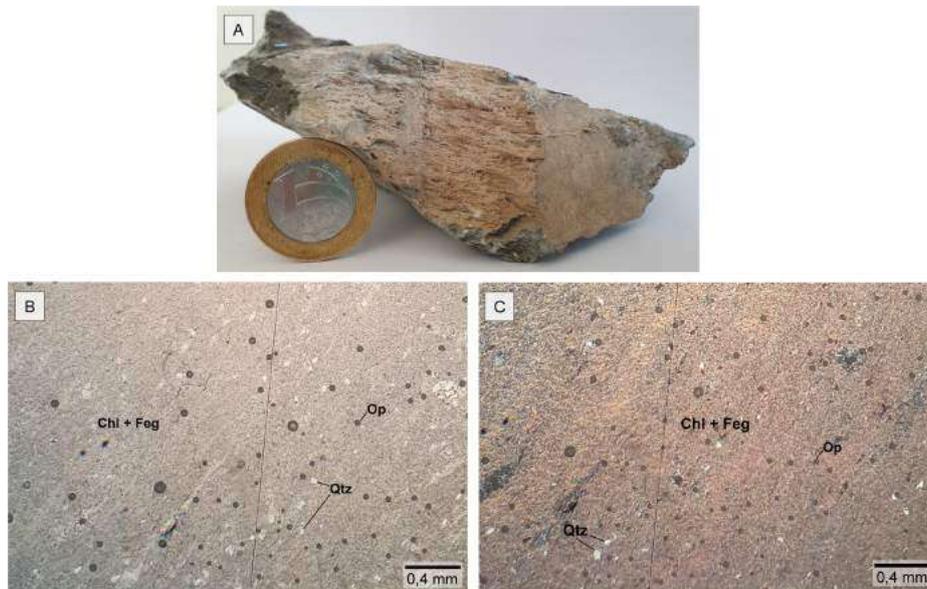


Figura 5.32: Fotografia em A e fotomicrografia com aumento de 2.5x em B e C da amostra TF20-XIII-33. (A) Amostra macroscópica, onde é possível notar um plano de foliação bem desenvolvido; (B e C) Observa-se que a rocha apresenta granulometria muito fina e é composta por cristais de clorita e fengita orientados com quartzo e opacos subordinados, configurando uma textura lepidoblástica. Nota-se, ainda, que os cristais de clorita estão bastante alterados. Nicóis paralelos em B e nicóis cruzados em C.

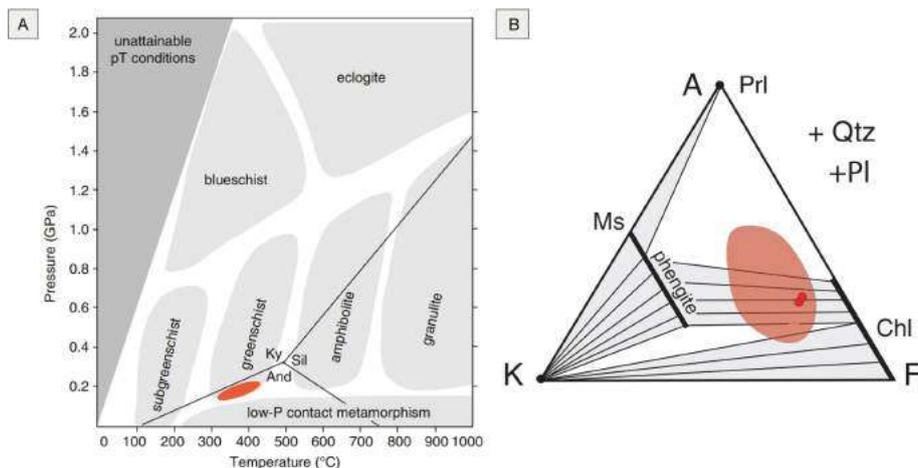


Figura 5.33: (A) Diagrama com os campos de pressão (P) e temperatura (T) das fácies metamórficas, em vermelho mostra as condições de P-T de metamorfismo dos filitos do projeto em fácies baixo xisto verde, ou seja, sob baixa pressão e temperatura; (B) Diagrama AFM para rochas pelíticas, zona da clorita, fácies baixo xisto verde onde a área maior circular em vermelho claro representa a composição comum de pelitos nessas condições de P e T e os círculos menores mostram a composição típica dos filitos mapeados no Projeto Unai. Adaptado de Bucher e Grapes (2011) e Winter (2014).

5.4.2 Quartzitos

Os quartzitos ocorrem majoritariamente como blocos rolados ou soltos e estão distribuídos dentro da Formação em forma de lentes espessas intercaladas com o filito. Apresentam-se em sua maioria com textura maciça e granulometria areia fina (Figura 5.34), localmente é possível observar a preservação de estruturas sedimentares.



Figura 5.34: (A) Exposição comum dos quartzitos da Formação Serra do Landim em forma de blocos; (B) Em amostra macroscópica é possível notar uma homogeneidade da rocha em termos texturais e composicionais, onde predomina granulometria areia muito fina.

Na análise microscópica (Figura 5.35), baseada na amostra TF20-XIV-29, coletada pela subárea XIV, a rocha apresenta textura granolepidoblástica; a granulometria varia de argila/silt a areia fina, predomina areia fina (tamanho varia de 0,03 a 0,2 mm) para os cristais de quartzo e silt/argila para os minerais filossilicatos. Composta por grãos de quartzo (75 %), e micas (25 %), formadas por clorita e fengita.

É bem visível, tanto na lâmina quanto na amostra de mão, uma laminação plano-paralela, onde há variação composicional, evidenciada pela diferença de cor e granulometria. Em lâmina petrográfica, observa-se que os cristais de quartzo estão recristalizados e deformados, com alguns grãos estão estirados e orientados de forma paralela a direção da foliação. A clorita e a fengita também estão orientadas na direção da foliação.

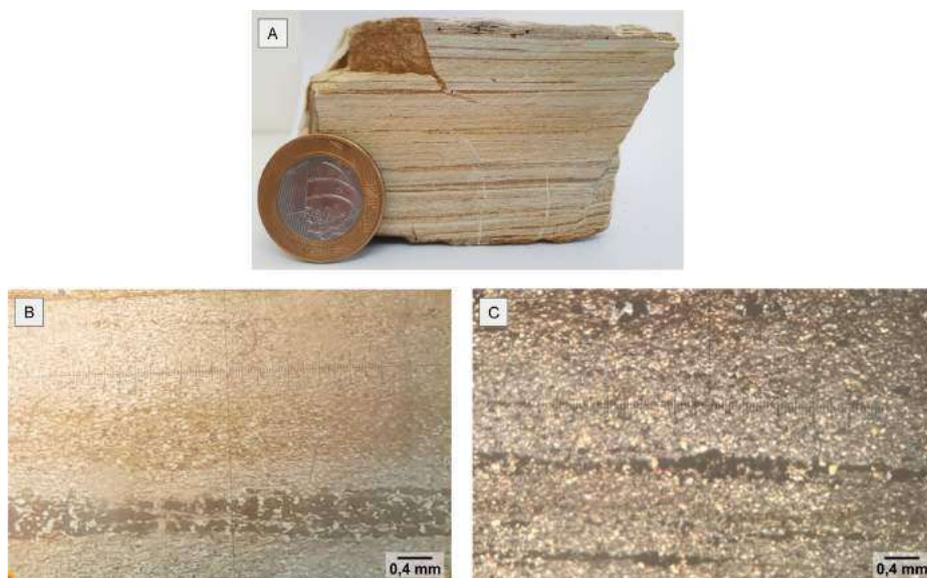


Figura 5.35: Fotografia em A e fotomicrografia com aumento de 2.5x em B e C da amostra TF20-XIV-29. (A) Amostra macroscópica onde é possível notar a laminação plano-paralela na rocha e granulometria fina; (B e C) Nota-se granulometria muito fina que varia desde silt/argila até areia fina, e uma mistura entre os grãos de quartzo e os filossilicatos formando uma textura granolepidoblástica; observa-se uma laminação plano-paralela e os minerais orientados em uma direção preferencial. Os nicóis estão paralelos em B e cruzados em C.

5.4.3 Interpretação

Os sedimentos da Formação Serra do Landim, base do Grupo Canastra, depositaram-se na margem passiva oeste da borda do Cráton São Francisco durante o Mesoproterozoico. O ambiente pode ser interpretado como marinho raso plataformar, onde há contribuição tanto de sedimentos finos quanto mais grossos. As rochas dessa Formação foram metamorfozadas em baixo grau (fácies baixo xisto verde), e afetadas por uma tectônica compressional, responsável pelos dobramentos e por colocar essa Formação em contato com as rochas do Grupo Paranoá (HASUI et al., 2012).

5.5 Discussões

O mapeamento geológico realizado pela CPRM na região do Projeto Unaí denominado “Projeto Vazante - Paracatu” em escala 1:100.000 (PINHO et al., 2017) atribui as unidades pertencentes a Formação Quilombo e ao Grupo Paranoá na região próxima a Unaí como rochas do Grupo Vazante, mais especificamente a Formação Serra do Garrote e Unidade B, cuja posição estratigráfica não é bem definida dentro do Grupo Vazante. No entanto, as sequências de fácies descritas por (DARDENNE; NETO, 1975; DARDENNE; CAMPOS; NETO, 2005) para a região tipo, em Lagamar, da Formação Serra do Garrote não se encaixam àquelas observadas e descritas durante o trabalho de campo do Projeto Unaí.

A priori, a discussão quanto a possibilidade da ocorrência do Grupo Vazante é fundamentada na semelhança entre as sequências rítmicas que compõem a porção siliciclástica da Formação Serra do Garrote, Membro Serra do Andrequicé e as rochas do Quilombo e do Paranoá. Em contrapartida, as rochas dolomíticas do Membro Sumidouro que deveriam aflorar de forma subordinada ao Membro Serra do Andrequicé não ocorrem na região do Projeto.

A interpretação para o ambiente de deposição da Formação Serra do Garrote também caminha de forma divergente às descritas ao longo do projeto. A presença de estromatólitos colunares e estruturas tipo *teepee* ao longo das unidades pertencentes ao Grupo Vazante definem um ambiente necessariamente de águas mais rasas, assim como, estruturas do tipo *mud-cracks* corroboram essa interpretação para o Membro Serra do Andrequicé. As sequências psamo-pelíticas observadas ao longo do Projeto Unaí, portanto, diferem-se essencialmente por não dispor de rochas dolomíticas subordinadas, ou mesmo, siltitos carbonosos. Essas sequências, conforme apontado anteriormente são comparáveis somente às associações de fácies descritas por Mutti (1992) para sedimentos depositados por correntes de turbidez ao longo do sopé de taludes continentais em águas profundas. Em comparação, a sequência psamo-pelito-carbonatada observada na porção centro oeste da área do projeto, que poderia estar associada a Formação Serra do Garrote, apresenta associações de fácies de ambiente marinho raso de plataforma mista, onde é possível observar interdigitação entre as fácies. Essa feição não é observada nas rochas da Formação Serra do Garrote e nas rochas do Membro Sumidouro.

Em relação ao Grupo Canastra, o mapeamento geológico realizado pela CPRM, na região do Projeto Unaí, atribui essas rochas à unidade Serra da Lapa B, da Formação Serra da Lapa per-

tencente ao Grupo Vazante, descrita por predominar siltitos e quartzitos e, de forma subordinada, calcários, margas, argilitos e filitos. Como observado em campo no Projeto Unaí, a rocha predominante na porção oeste da área são os filitos intercalados a lentes espessas de quartzitos e, de forma restrita, mármore.

Há uma considerável diferença composicional, textural e estrutural das rochas descritas no relatório da CPRM atribuídas a Formação Serra da Lapa pertencentes ao Grupo Vazante e as rochas vistas em campo no Projeto Unaí classificadas dentro da Formação Serra do Landim no Grupo Canastra. Durante os trabalhos de campo do Projeto Unaí, não foram vistos afloramentos de siltitos, argilitos, calcários e margas na região atribuída ao Grupo Canastra, assim como a CPRM não descreve mármore dentro da unidade Serra da Lapa B. Os filitos descritos pelos técnicos da CPRM são de pouca ocorrência, esverdeados, crenulados e intercalados com calcários e siltitos; já os vistos no Projeto Unaí, ocorrem em toda área atribuída à Formação Serra do Landim e, em parte ocorrem intercalados a lentes espessas de quartzito, varia entre as cores cinza claro, amarelo claro e rosa-avermelhado quando alterado e apresenta planos de foliação bem-marcados.

Capítulo 6

Geologia Estrutural

Apresenta o contexto estrutural geral do Projeto Unaí e da subárea VIII.

6.1 Introdução

Na região do Projeto Unaí as unidades são dispostas de forma alongada com *trend* NNW-SSE e vergência de oeste para leste. São empilhadas em contato tectônico com movimentação reversa, a partir da unidade basal do Grupo Canastra (Formação Serra do Landim) sobreposta à porção superior do Grupo Paranoá (Formação Córrego do Barreiro), que, por sua vez, está sobreposta à Formação Quilombo, sobreposta à porção basal do Grupo Bambuí (Formação Sete Lagoas) através de uma falha de empurrão (Figuras 6.1, 6.2).

As falhas de empurrão e reversas, juntamente com as dobras em várias escalas, assimétricas, sinclinais e anticlinais regionais e as fraturas são indicativas de sistema deformacional do tipo rúptil-dúctil. A não deformação do embasamento e o descolamento das unidades superpostas, observada através da linha sísmica (Figura 7.1, apresentada no capítulo de Evolução), sugere uma tectônica do tipo *thin-skinned* (PFIFFNER, 2006). A tectônica contracional observada é interpretada como reflexo da orogenia colisional neoproterozoica do evento Brasiliano. Considerando a deformação rúptil-dúctil e as estruturas observadas através do sensoriamento remoto, geofísica e também em escala de afloramento, optou-se por considerar todo o Projeto Unaí como pertencente a um único domínio estrutural.

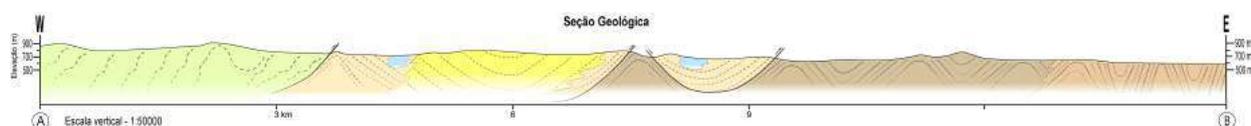


Figura 6.1: Perfil Geológico da subárea VIII do Projeto Unaí, adaptado para exibição em folha A4. Disponível no Anexo C.

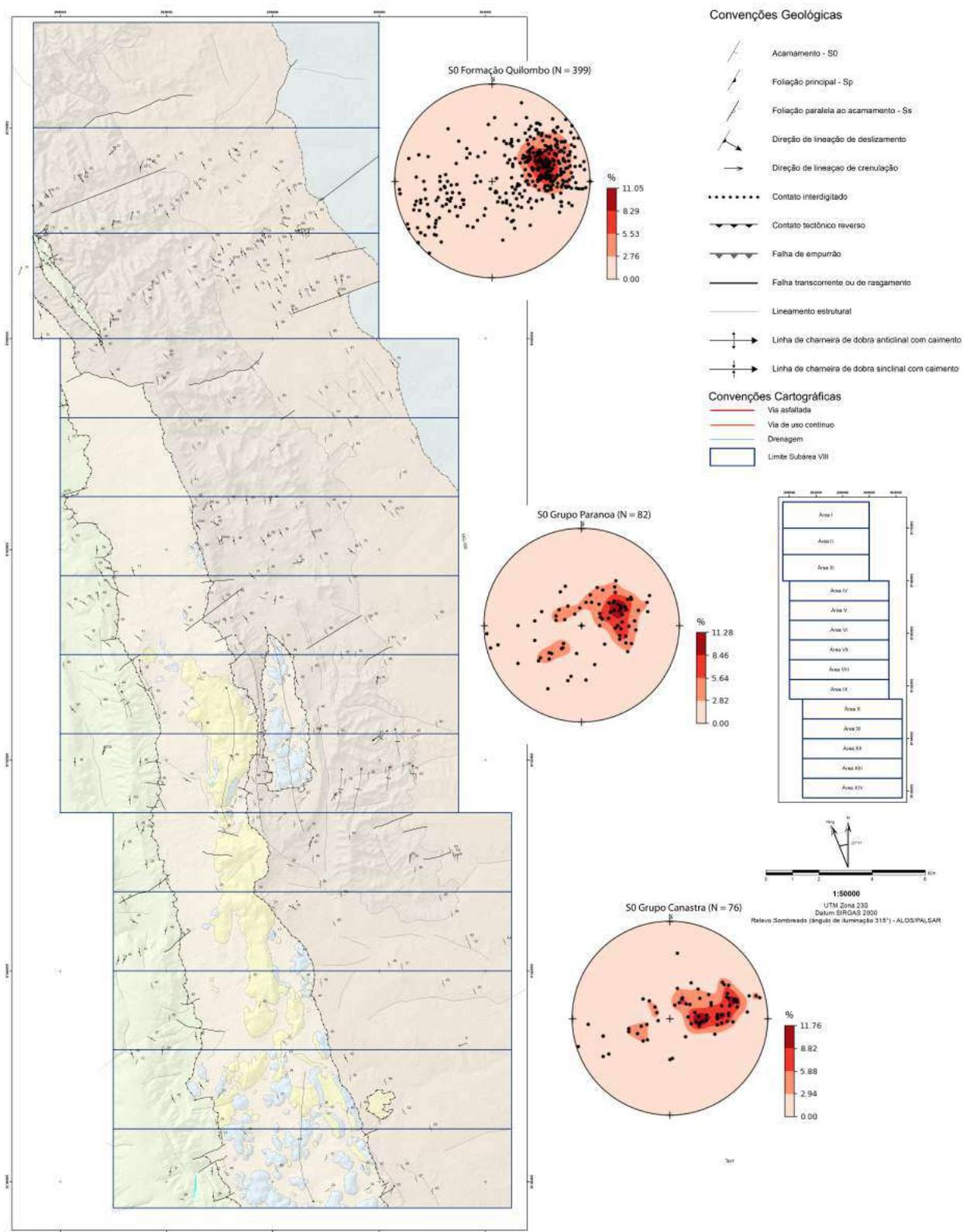


Figura 6.2: Mapa estrutural integrado do Projeto Unaí, adaptado para exibição em folha A4. Disponível no Anexo C.

6.2 Arcabouço Estrutural

A região a nordeste da área do Projeto Unaí é configurada por um grande cinturão de dobras, cavalgamentos e zonas de cisalhamento envolvendo os grupos Bambuí e Paranoá, com a presença de descolamentos, falhas de empurrão de baixo e de alto ângulo, e dobras abertas a fechadas, por vezes estiradas e rompidas. De forma semelhante, a área do Projeto Unaí também reflete as tensões geradas durante o evento de orogênese Brasileiro. Embora todo o projeto esteja dentro de um mesmo domínio estrutural, o Grupo Canastra respondeu ao encurtamento neoproterozoico de forma diferente, este apresenta estruturas de grau metamórfico mais elevado em fácies xisto verde, marcado principalmente pela presença da foliação filítica, enquanto que as rochas do Grupo Paranoá e da Formação Quilombo apresentam características de anquimetamorfismo. Apesar do metamorfismo, é possível observar que as litologias preservam parte da estrutura sedimentar original, como a laminação plano-paralela observada nos quartzitos do Grupo Canastra e na porção siliciclástica do Grupo Paranoá, entre outras descritas no capítulo de Estratigrafia. A análise e descrição do arcabouço estrutural foi dividida entre estruturas rúpteis e dúcteis, descritas com base nos dados obtidos durante o projeto de forma integrada e para a subárea VIII (UHLEIN et al., 2012).

6.2.1 Arcabouço Estrutural Rúptil

Em escala regional, as principais estruturas rúpteis observadas se estendem por toda a área do projeto, apresentando direção NNW-SSE e mergulho para oeste. Formam os contatos entre as unidades litológicas observadas, foram classificadas como contato tectônico reverso, nas situações onde não há inversão da estratigrafia, e como falha de empurrão, no caso observado na porção norte do projeto, onde há inversão da estratigrafia, colocando as rochas da Formação Quilombo (Mesoproterozoico) sobre a Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí (Neoproterozoico). Principalmente no contato entre as rochas do Grupo Canastra com o Grupo Paranoá são observadas falhas transcorrentes ou de rasgamento de sentido aproximado E-W que deslocam os contatos tectônicos reversos. Em escala de afloramento, observam-se fraturas e falhas. Os planos de falha, observados na subárea VIII, geralmente apresentam cinemática reversa com topo para ESE com uma ligeira componente sinistral e direção de mergulho para oeste. Essas componentes são marcadas pelas lineações de deslizamento presentes nos planos, que seguem a mesma direção (Figura 6.3). Tais estruturas foram vistas nas rochas pelíticas da Formação Quilombo e nos carbonatos da Formação Córrego do Barreiro, onde são comumente preenchidas por chert (Figura 6.4).



Figura 6.3: Planos de falha com a lineação de deslizamento.



Figura 6.4: Fraturas com chert nos carbonatos do Fm. Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá.

As rochas em toda a região do Projeto Unaí estão bastante fraturadas. Predominam, na subárea VIII, fraturas de cisalhamento (Figura 6.5), que ocorrem em grande parte de forma conjugada. A integração dos dados de todas as subáreas do projeto permitiu construir um diagrama de rosetas com as fraturas medidas na área do projeto, este foi comparado com os lineamentos extraídos por sensoriamento remoto (Figura 6.6). Três conjuntos de fraturas principais foram definidos:

(A) direção N40-50W; (B) N0-10E e (C) N60-70E. As principais famílias de fraturas verificadas coincidem com as principais direções observadas através do sensoriamento remoto, além de ser observada também nos dados magnéticos, sendo a principal com direção NW.

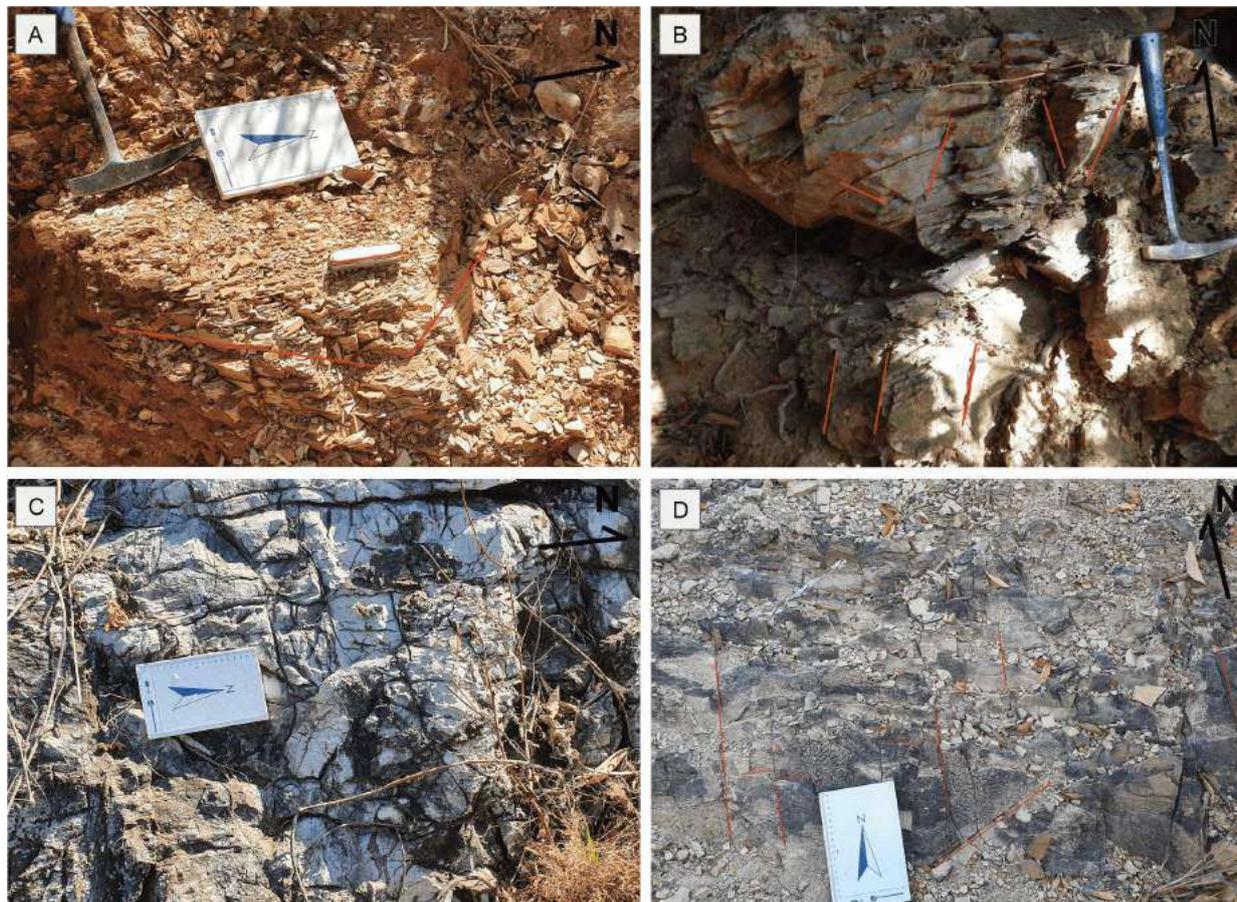


Figura 6.5: (A e B) Pares de fraturas conjugadas; (C) Rochas dolomíticas fraturadas do Grupo Paranoá ; (D) Fraturas de cisalhamento nas rochas.

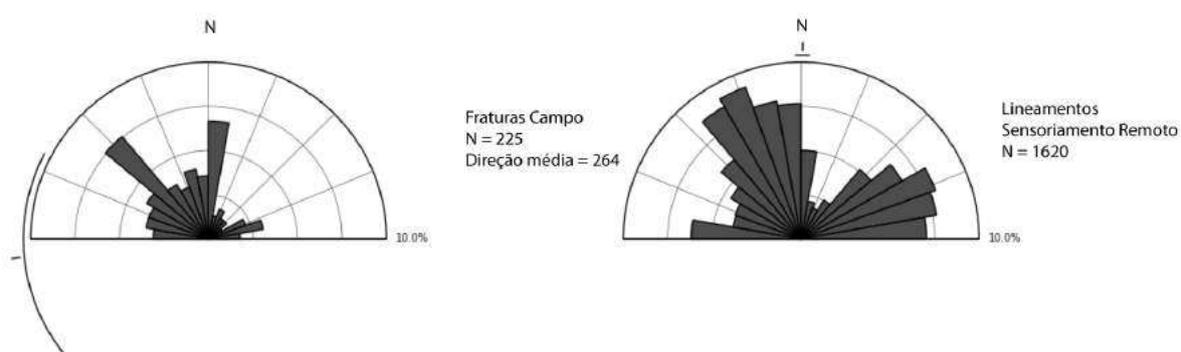


Figura 6.6: A esquerda, diagrama de roseta com os lineamentos extraídos por sensoriamento remoto, com base na medida de comprimento de 500 metros. A direita, diagrama de roseta com todos os planos de fratura medidos na área do Projeto Unaf.

6.2.2 Arcabouço Estrutural Dúctil

A Formação Quilombo contém uma grande variedade de dobras, que variam bastante a depender da reologia das fácies submetidas aos esforços. Nas exposições do Membro Ribeirão da Porteira são comumente assimétricas mais ou menos cilíndricas, com padrão de dobramento semelhante ao tipo *en chevron* e em caixa. As exposições de corte de estrada ao longo da BR-251 representam muito bem essas dobras, onde a intercalação rítmica entre camadas arenosas mais competentes delimita a grande dobra, enquanto as camadas pelíticas, menos competentes, formam dobras parasíticas principalmente ao longo dos flancos (Figura 6.7). Conforme aumenta a predominância de fácies pelíticas as dobras tendem a ser comumente mais simétricas e mais abertas, embora ainda tenham várias ocorrências de dobras assimétricas e apertadas também no Membro Ribeirão do Franco em toda a área do projeto.

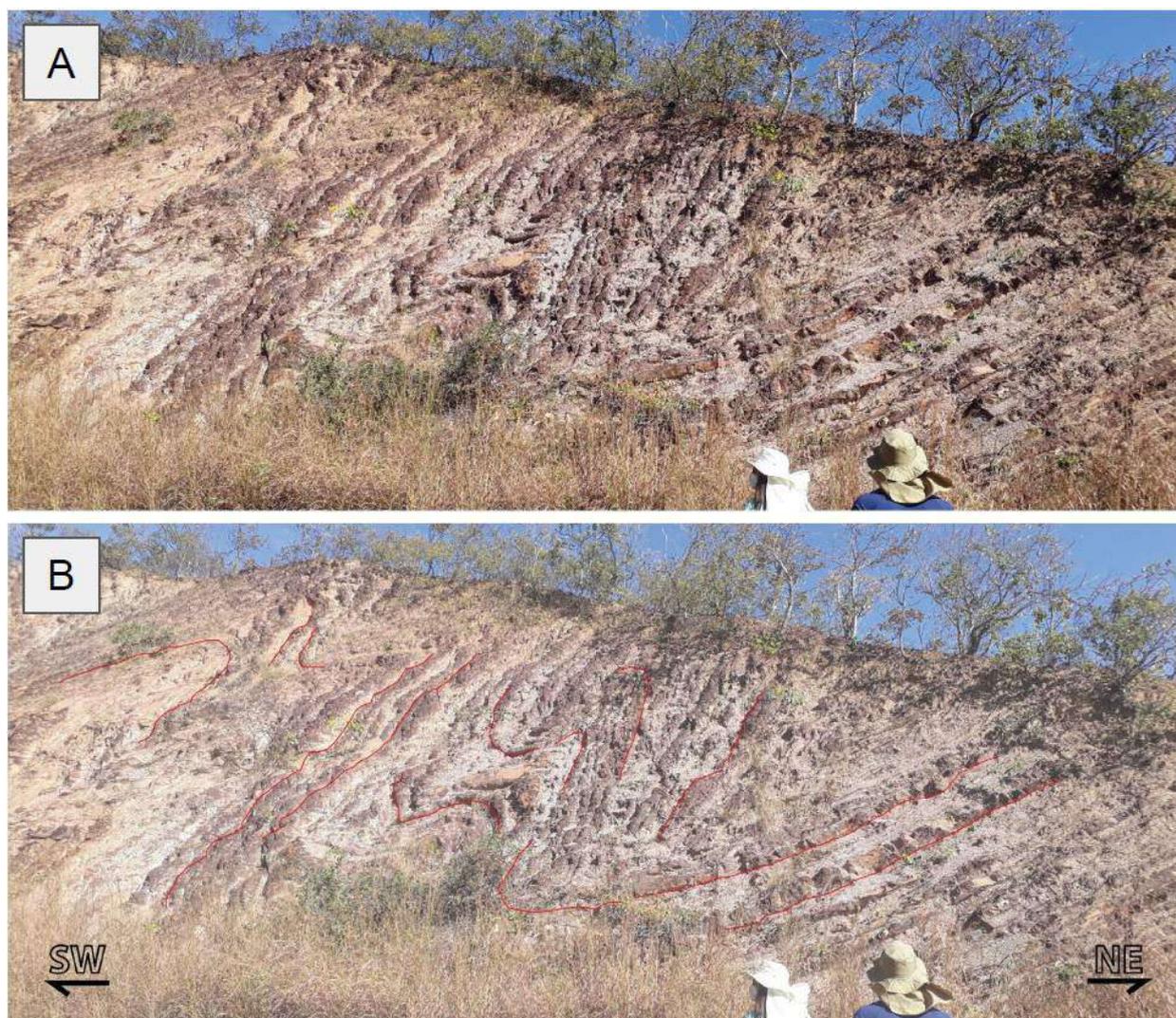


Figura 6.7: Afloramento de dobras semelhante ao tipo *en chevron* em corte de estrada na BR-251 do Membro Ribeirão da Porteira, Formação Quilombo.

Destaca-se a ocorrência de uma sequência de sinclinais e anticlinais de escala regional, observável em imagem de satélite abrangendo as subáreas VII, VIII, IX e X, com exposição, no centro do

sinclinal, de litologias da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá. No geral, as dobras da Formação Quilombo apresentam direção do plano de charneira norte-sul com vergência para leste. No Grupo Paranoá as dobras variam bastante de acordo com a litologia associada. Os dolomitos respondem de forma rúptil ao esforço, enquanto as unidades pelíticas apresentam deformação dúctil. As dobras em unidades pelíticas são comumente isoclinais variando entre dobras abertas a fechadas (Figura 6.8).

Embora toda a área do projeto esteja dentro de um mesmo domínio estrutural, o Grupo Canastra responde ao encurtamento neoproterozoico de uma forma diferenciada, havendo uma clara distinção das estruturas desta unidade em comparação às demais unidades presentes no projeto. Nele ocorrem dobras abertas identificadas pela inversão de mergulho durante os caminhamentos.

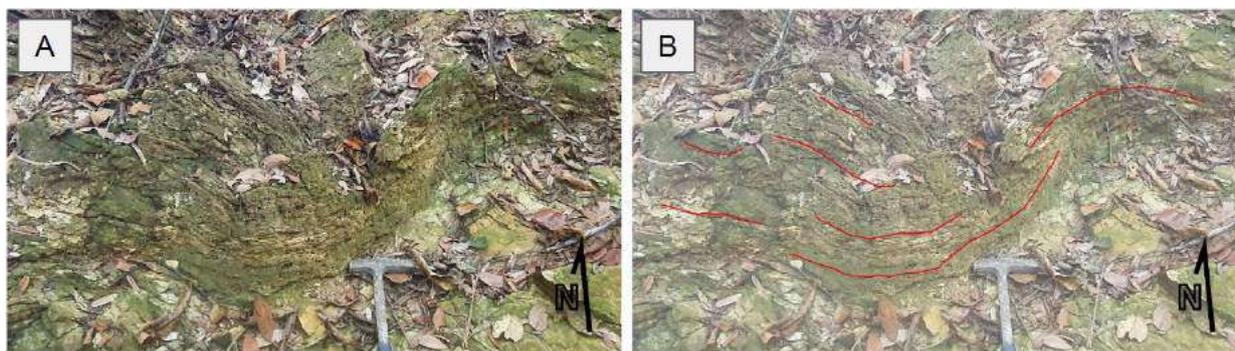


Figura 6.8: Afloramento em drenagem com dobras em siltito pertencente à Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá.

Outra resposta ao encurtamento regional, observada principalmente no Grupo Canastra, seria o desenvolvimento de foliação e clivagem. Foram observadas duas foliações características que estão relacionadas a um processo de deformação progressiva. A nomenclatura definida para essas foliações, no entanto, não se refere a cronologia ao qual elas se originaram, mas sim à correlação as estruturas presentes: i) Ss é uma foliação paralela ou subparalela ao acamamento (Figura 6.9 - A, B); ii) Sp define uma foliação penetrativa presente em todas as unidades mapeadas, representando, em geral, o plano axial das dobras (Figura 6.9 - C).

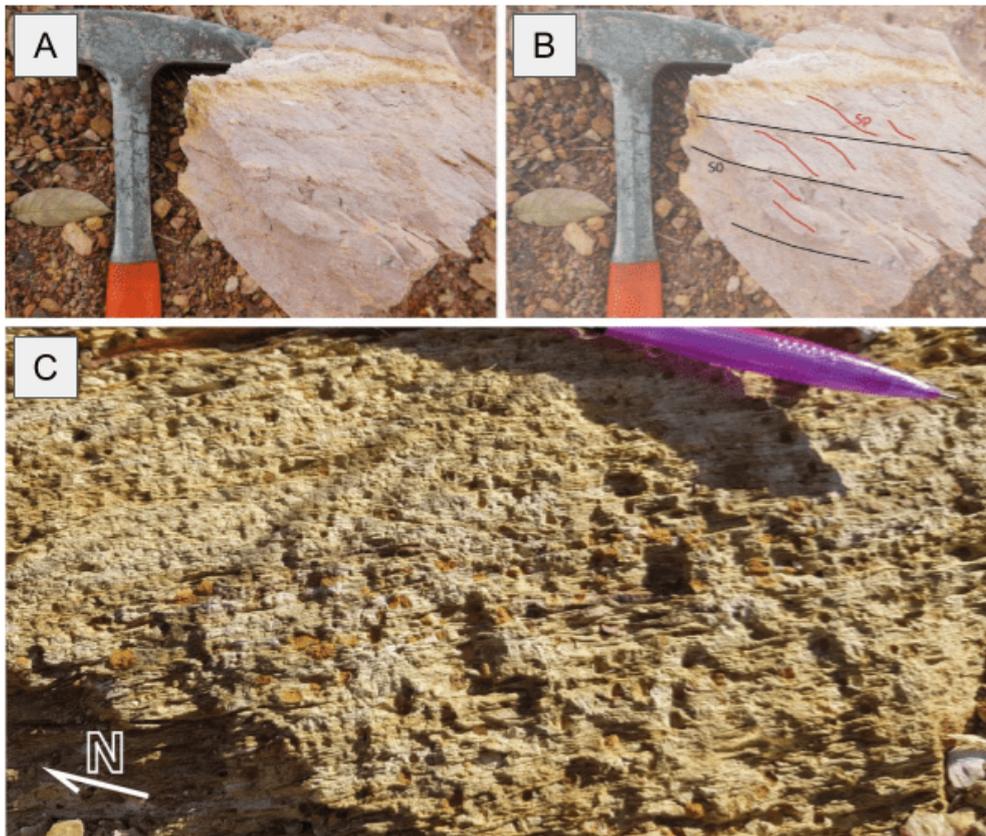


Figura 6.9: (A e B) Foliação penetrativa Sp em filito; (C) Foliação Ss também em filito da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra (imagem cedida pela subárea XIII do Projeto Unai).

A foliação Ss ocorre de maneira restrita aos filitos da Formação Serra do Landim, Grupo Canastra, sendo essencialmente uma clivagem fíltica, caracterizada pela orientação preferencial de microcristais de mica branca (fengita) e clorita. A Figura 6.10 apresenta os diagramas de contorno com polos da foliação em planos medidos Ss, com média $242^{\circ}/59^{\circ}$, de mergulho relativamente variado entre baixo ângulo a até médio, com valores em torno de 42° próximo ao plano de falha reversa que marca o contato tectônico entre Grupo Canastra e o Grupo Paranoá. A foliação Sp apresenta-se como clivagem espaçada, nas porções psamíticas, ou clivagem ardosiária, onde há preservação do acamamento, nas litologias pelíticas. Os planos de Sp demonstram predomínio de mergulho para oeste com média de atitude $255^{\circ}/57^{\circ}$. A crenulação dos planos de foliação foi observada de forma restrita ao longo das áreas do projeto, e, segundo o banco de dados integrado, majoritariamente nos filitos do Grupo Canastra (Figura 6.11).

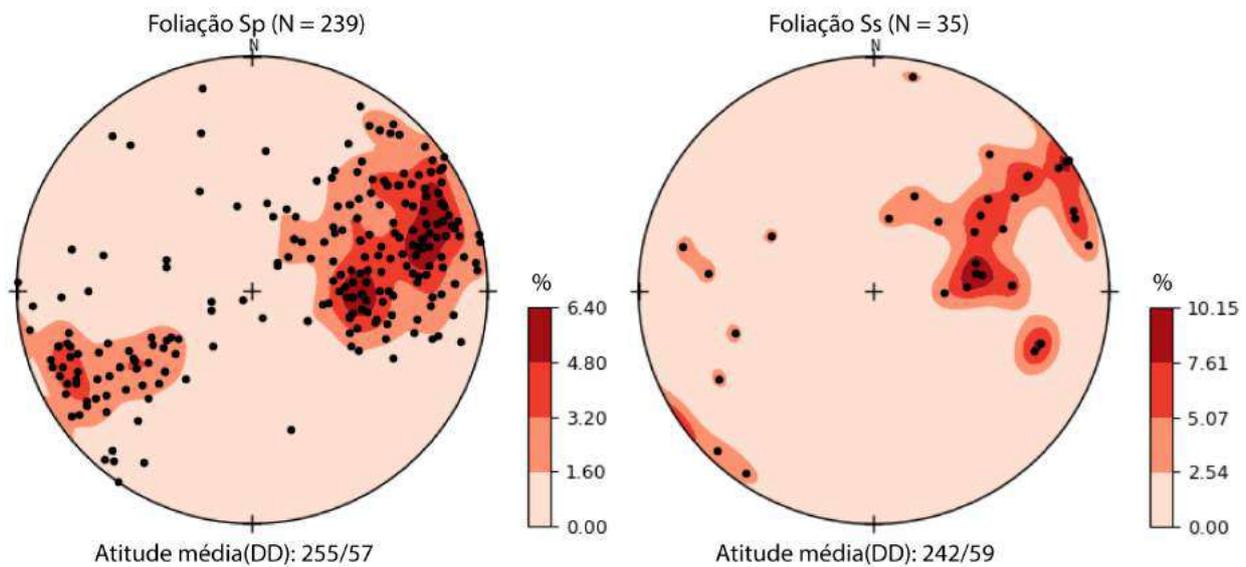


Figura 6.10: Estereogramas para a área do projeto referentes as medidas de Sp à esquerda; e as medidas de Ss à direita.

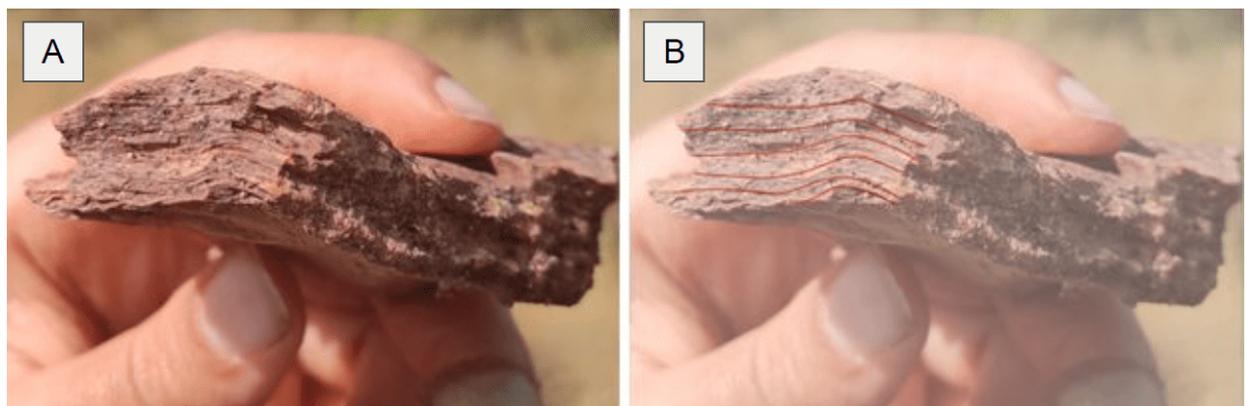


Figura 6.11: Amostra de mão da crenulação da foliação filítica no Grupo Canastra (imagem cedida pela subárea IX do Projeto Unai).

6.3 Discussão

Com base nas estruturas e direções observadas sugere-se que a deformação observada no Projeto Unai é formada por um único domínio estrutural. Os mergulhos moderados a fortes para WNW, observados principalmente próximo aos contatos entre as unidades, permitem inferir a atuação de tectônica compressional de regime rúptil-dúctil com vergência para ESE. Isso é representado principalmente pelas falhas reversas e falhas de empurrão em escala regional, sendo a fase dúctil observada principalmente nas rochas menos resilientes como os siltitos do Grupo Paranoá. Essa deformação foi associada à Orogênese Brasileira do Neoproterozoico (UHLEIN et al., 2012; FARIA, 1995; DARDENNE, 1981). As estruturas observadas na região e a linha sísmica corroboram com a hipótese de uma tectônica do tipo *thin-skinned* em nível crustal raso, comum na deformação

de faixas móveis (NEVES, 1995; MATOS, 2016), onde a deformação e uma fração do encurtamento estão restritos à cobertura sedimentar, sem envolver o embasamento. Esse modelo tectônico também justifica a exposição das unidades na área estudada, limitada à porção basal do Grupo Canastra e ao topo do Grupo Paranoá, que foram descoladas do resto da sucessão.

Apesar de formar um único domínio estrutural a deformação é observada de maneira heterogênea ao longo da área do projeto. Isso se deve principalmente aos diferentes comportamentos das litologias frente a deformação, como evidenciado nas diferentes estruturas dos siltitos e arenitos do Grupo Paranoá. O metamorfismo em fácies xisto verde (zona da clorita) e a foliação filítica (Ss) restrita observada na Formação Serra do Landim do Grupo Canastra, estaria associada a uma história geológica mais complexa, com maior exumação e transporte durante o encurtamento crustal. Já em níveis crustais mais rasos, o Grupo Paranoá e a Formação Quilombo apresentam apenas foliação Sp, que ocorre na forma de clivagem espaçada e clivagem ardosiana.

Capítulo 7

Evolução Geológica e Correlações Regionais

Apresenta a evolução geológica regional com base nos dados do Projeto Unaí

7.1 Introdução

O presente capítulo discute a evolução geotectônica da área do projeto. O capítulo é dividido de acordo com as principais fases de evolução geológica, sendo elas: embasamento e rifteamento riaciano, sequências pós-rift e bacia *sag*, bacia epicontinental ou intracratônica e bacia de antepaís (*foreland*). As diferentes fases são discutidas tanto para as porções aflorantes na região de estudo, quanto para as não aflorantes, baseadas na bibliografia regional disponível e na interpretação da seção sísmica Cristalina–Unaí, disponibilizada pela ANP (REATE/ANP, 1995). Por fim, se discute a relação estrutural de soerguimento dessas unidades com o tectonismo mais recente Brasileiro, assim como, também são discutidas as diferentes foliações observadas e o metamorfismo distinto do Grupo Canastra em relação as outras unidades aflorantes.

7.2 Evolução Regional

Com base na interpretação da seção sísmica Cristalina-Unaí (Figura 7.1) e nos dados de superfície foram individualizadas três unidades não aflorantes em subsuperfície e quatro unidades aflorantes. Na Figura 7.1, a unidade mais antiga, marcada em vermelho, é formada pelo embasamento cristalino Riaciono, interpretado como pertencente à Suíte Aurumina. Acima dele, em bege, com refletores descontínuos e irregulares, o Grupo Grupo Araí (Estateriano) e em seguida, em cinza claro, o Grupo Traíras (Calaminiano). Ao longo da seção sísmica essas unidades apresentam discontinuidades, interpretadas como efeito dos processos de deformação tectônica ocorridos ao longo da evolução dessas bacias, que afetam também o embasamento. A porção aflorante está relacionada às unidades mesoproterozoicas e neoproterozoicas: a Formação Quilombo (Ectasiano) em marrom escuro; o Grupo Paranoá (Esteniano) em marrom claro; o Grupo Bambuí (Ediacarano) em azul claro; o Grupo Canastra (Toniano) a leste, em verde claro.

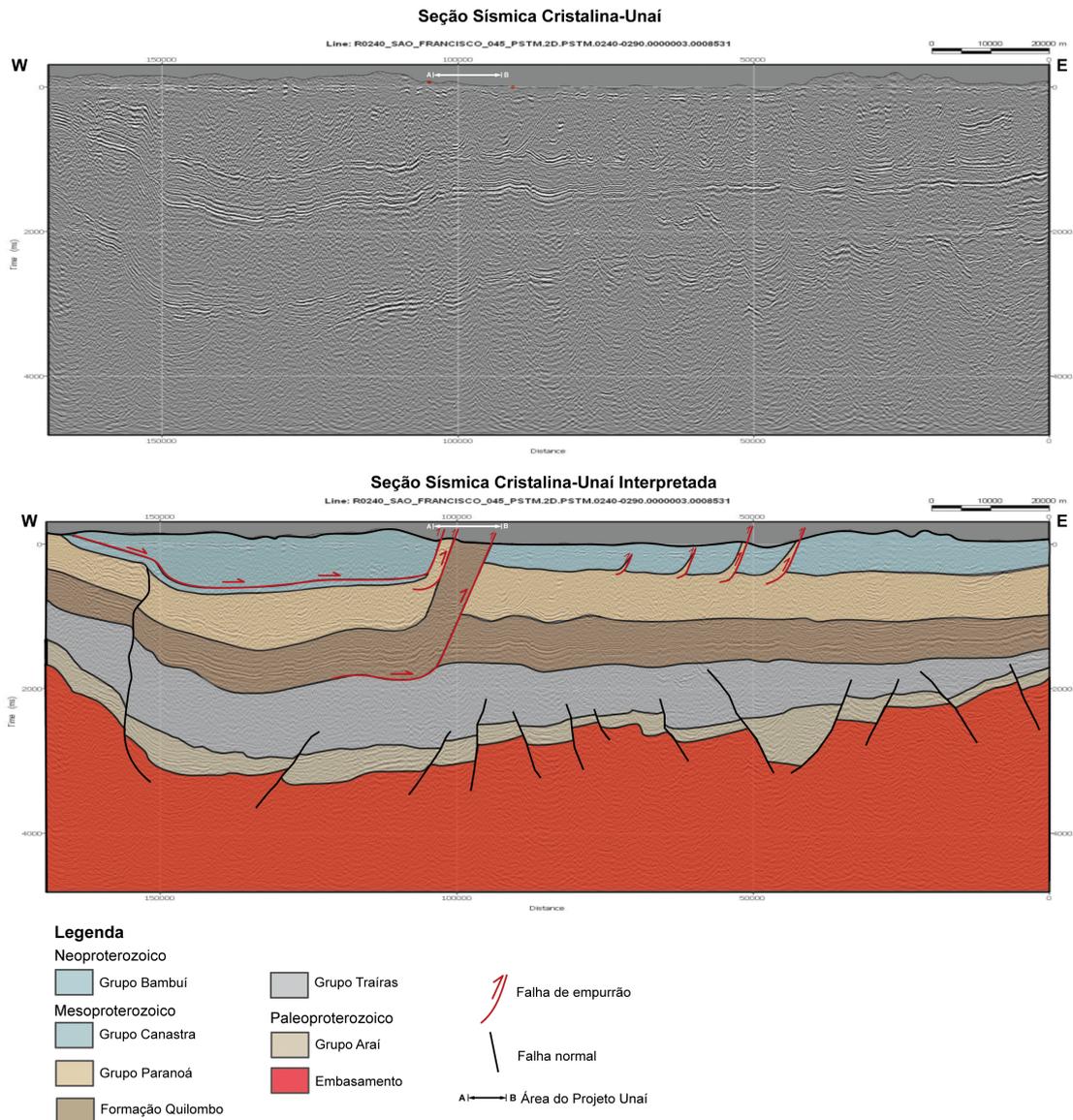


Figura 7.1: Interpretação realizada sobre a seção sísmica Cristalina–Unai disponibilizada pela ANP (R0240_São_Francisco_0045PSTM).

7.2.1 Embasamento e rifteamento estateriano

O embasamento regional na região de Unai-Cristalina é correlacionado à Suíte Aurumina datada do Riáciano, formado em ambiente de arco magmático. Moura (2018) discute a ocorrência desse embasamento em dois afloramentos a oeste da cidade de Unai. Os tonalitos e granodioritos, com idade de 2,14 Ga, encontrados em meio as rochas sedimentares do Grupo Bambuí estariam relacionados a altos paleogeográficos do embasamento que sofreram suspensão ao longo de um *horst*, sendo submetidos aos efeitos do rifteamento progressivo estateriano e subsequente orogenia Brasileira.

Sobre o embasamento se depositam as sequências que compõem o Supergrupo Veadeiros, representados pelas sequências Araí (Veadeiros Inferior), Trairas (Veadeiros Médio) e Paranoá (Veadeiros

Superior) (FERREIRA, 2017). Essa megassequência foi proposta como correlação as fases da margem leste do Cráton São Francisco, representadas pelo Supergrupo Espinhaço. Como a Formação Quilombo (em marrom na Figura 7.1), datada de 1394 Ma (MOURA, 2018), é observada na seção sísmica entre as rochas do Grupo Traíras e do Grupo Paranoá, sugere-se que esta faça parte do Supergrupo Veadeiros, em sua porção Superior.

O Grupo Araí é historicamente interpretado como uma sequência rifte/pós-rifte depositada sobre o embasamento cristalino (Figura 7.2). Tanizaki, Campos e Dardenne (2015) dividem o Grupo Araí em quatro tectonosequências, sendo elas pré-rifte (Formação Água Morna), rifte (Formação Arraias), transicional (Formação Caldas) e pós-rifte (Formação Traíras, posteriormente elevado à categoria de Grupo). Dados geocronológicos apontam idade máxima deposicional de 1771 ± 2 Ma (PIMENTEL; HEAMAN; FUCK, 1991) para o Grupo Araí, em análises U-Pb do vulcanismo bimodal relacionado à fase rifte. Estaria correlacionado ao evento extensional responsável pela abertura de uma bacia do tipo rifte intracontinental, ao longo da margem oeste do Cráton do São Francisco durante o Estateriano inferior com sucessivas reativações do sistema.

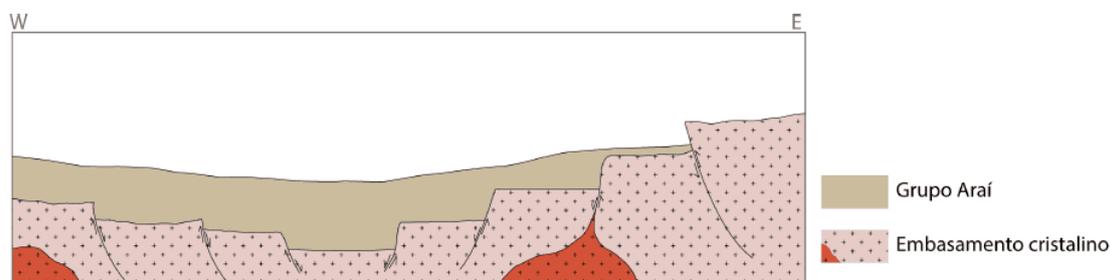


Figura 7.2: Rifteamento do embasamento e deposição do Grupo Araí, durante o Estateriano.

7.2.2 Sequências Pós-rifte em bacia tipo *sag*

Sequencialmente, durante o final do Calaminiano, foi preenchida pela fase *sag* depositando as rochas do Grupo Traíras (Figura 7.3). A individualização do Grupo Traíras está relacionada a distinção entre o tipo de bacia e em consequência da discordância erosiva observada entre a Formação Arraias e Grupo Traíras, com um lapso temporal de, no mínimo 228 Ma (MARTINS-FERREIRA; CAMPOS; ALVARENGA, 2013).

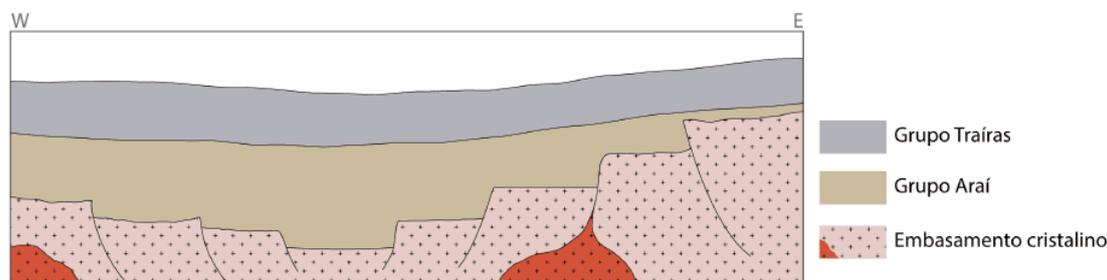


Figura 7.3: Bacia tipo *sag*, com deposição do Grupo Traíras, durante o Calaminiano.

A unidade mais antiga e aflorante ao longo da região do Projeto Unai é a Formação Quilombo

com idade de intercepto superior de 1394 ± 19 Ma (MOURA, 2018), pertencente ao período Ectasiano do Mesoproterozoico. A associação de fácies anteriormente discutida no capítulo de estratigrafia converge com a interpretação de um ambiente de deposição ao longo do sopé de taludes continentais em águas profundas. A erosão continental responsável pelo aporte dos sedimentos que compõem a Formação Quilombo é possivelmente relacionada ao soergimento do embasamento ao norte da área do projeto. Rodrigues (2008) demonstra que as idades dos zircões detríticos, encontrados no Membro Ribeirão da Porteira, se concentram em idades de 2,1 Ga.

Os sedimentos que compõem a Formação Quilombo são interpretados como depositados sobre o mesmo tipo de bacia do Grupo Traíras (7.4) (SERAINÉ et al., 2021). As sequências do Quilombo teriam se depositado em um estágio pós-rifte numa bacia do tipo *sag* durante a transição do Caliminiano superior para o Ectasiano, o que sugere que poderia ser interpretada como parte da sucessão Veadeiros Médio, do Supergrupo Veadeiros. As rochas vulcânicas observadas em conformidade ao sedimento indicam ambiente de arco continental a arco pós-colisional (CAMPOS et al., 2021).

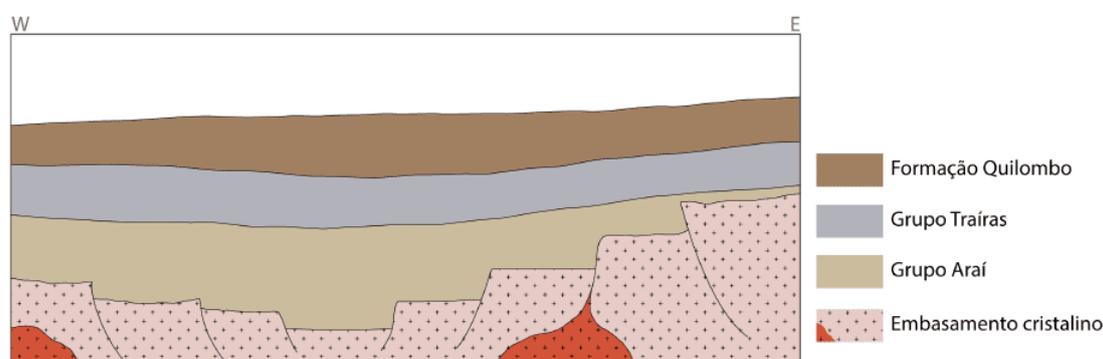


Figura 7.4: Deposição da Formação Quilombo sob regime de fluxo turbidítico, no início do Ectasiano.

7.2.3 Bacia epicontinental ou intracratônica

As rochas do Grupo Paranoá são classificadas como depositadas em bacia epicontinental (FARIA, 1995; DARDENNE, 2000) ou intracratônica (FERREIRA, 2017), com sedimentos provenientes do Cráton São Francisco durante o Esteniano (Figura 7.5). O conjunto de estruturas e litotipos descritos para o grupo permitem relacionar a sedimentação a ambientes marinhos relativamente rasos com lâmina d'água variando em ciclos transgressivos/regressivos com ausência de fácies marinhas profundas.

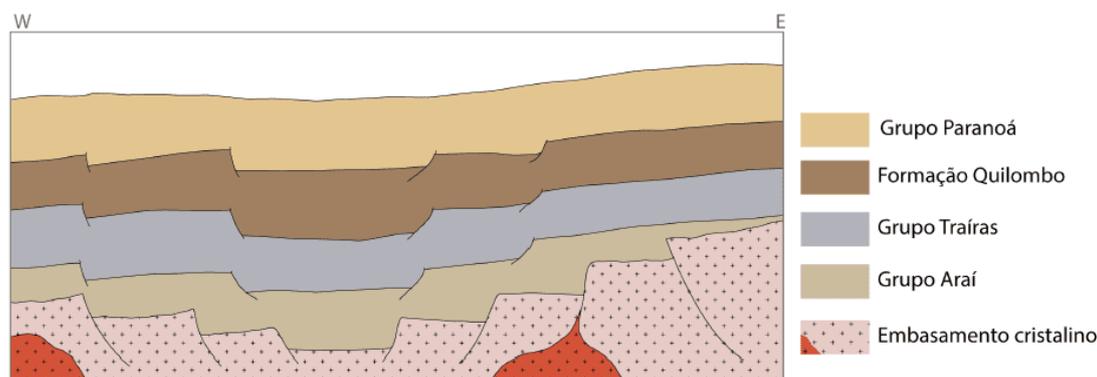


Figura 7.5: Deposição do Grupo Paranoá, em uma bacia epicontinental ou intracratônica que evoluiu inicialmente por mecanismos de subsidência mecânica durante o Esteniano.

Padrões similares nas idades de zircão detrítico sugerem que o Grupo Canastra teve sua sedimentação contemporânea aos estágios finais da bacia do Paranoá. Os Grupos Canastra e Vazante poderiam ser interpretados como bacias de margem passiva formadas após a tafrogênese Toniana no contexto do oceano Goiás-Pharusian (SERAINÉ et al., 2021). Datações U-Pb em zircões detríticos apontam idades de 1079 ± 45 e 935 ± 14 Ma, para as porções inferiores dos grupos Canastra e Vazante respectivamente, levando a inferência de que a Formação Córrego do Barreiro e as porções inferiores dos grupos Canastra e Vazante possam ser cronocorrelatos (RODRIGUES, 2008; RODRIGUES et al., 2010). Entretanto, essas bacias apresentam diferentes histórias de subsidência, e preenchimento em posições diferentes em relação a faixa externa ao Cráton do São Francisco (SERAINÉ et al., 2021).

7.2.4 Bacia de antepais (*foreland*)

Embora o Grupo Bambuí seja a sequência mais recente presente na região, a idade exata deste grupo é ainda incerta. A datação dos dolomititos que recobrem os diamictitos da Formação Jequitaí forneceu idade próxima a 740 Ma (Pb-Pb; (BABINSKI; VIEIRA; TRINDADE, 2007)). As rochas sedimentares do Grupo Bambuí compreendem três megaciclos regressivos, depositados em uma sequência marinha intracontinental, que ocorre à margem do cinturão orogênico (DARDENNE, 2000). As sequências neoproterozoicas relacionadas ao Grupo Bambuí são consideradas sin-colisionais a orogenia Brasileira. A transição do Grupo Paranoá para o Grupo Bambuí é marcada por uma discordância erosiva e, ocasionalmente, encontra-se falhada formando dobras e cavalgamentos do Paranoá sobre o Bambuí (Figura 7.6).

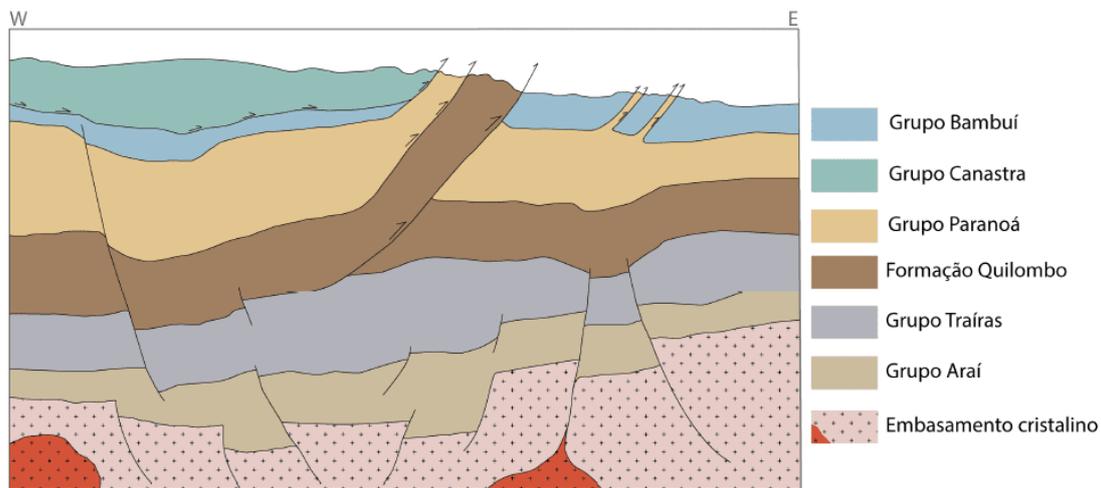


Figura 7.6: Fase final após deposição do Grupo Bambuí e Orogênese Brasileira, na qual ocorrem a nappe do Grupo Canastra, as falhas reversas e empurrões responsáveis pelo afloramento em superfície das unidades mais antigas.

7.2.5 Discussão

A Figura 7.7 compila a sequência de fases que se sucederam ao longo do tempo geológico até o atual. Os principais eventos tectônicos que afetam a Faixa Brasília, onde está localizada a região de estudo, são: o paleo-rift Araí, que seria um sistema de rifts do Estateriano que cercaram o Cráton São Francisco, associado a base da sedimentação do Supergrupo Veadeiros; e a Orogênese Brasileira, associada às falhas reversas e empurrões.

A deposição das sequências do Paranoá teria sido controlada pela reativação das estruturas geradas no processo de rifteamento em bacia epicontinental ou intracratônica, gerando altos epirogênicos que atuavam como barreiras, isolando partes da bacia. O posicionamento das sequências pertencentes a base do Grupo Canastra (Formação Serra do Landim) na região de Unaí, ocorreu durante a orogenia Brasileira responsável por transportar uma nappe com essas sequências sobre o Grupo Bambuí, em uma tectônica do tipo *thin-skinned*. Neste contexto, também ocorreu o metamorfismo de baixo grau na fácies xisto verde e surgimento da foliação Ss, exclusivos as unidades pertencentes ao Grupo Canastra.

As falhas reversas e de empurrão responsáveis pelo soerguimento da Formação Quilombo e das unidades de topo do Grupo Paranoá na área do Projeto Unaí e a oeste da cidade de Unaí, também são relacionados a uma outra fase de encurtamento crustal que gerou esse imbricamento tectônico das unidades autóctones. Durante esta fase se desenvolveram as dobras mapeadas, a foliação plano axial (Sp) e o anquimetamorfismo das sequências observadas, à exceção do Grupo Canastra. A dominância de litoarenitos imaturos na Formação Quilombo, pode representar um contexto de deposição único na Faixa Brasília, 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).

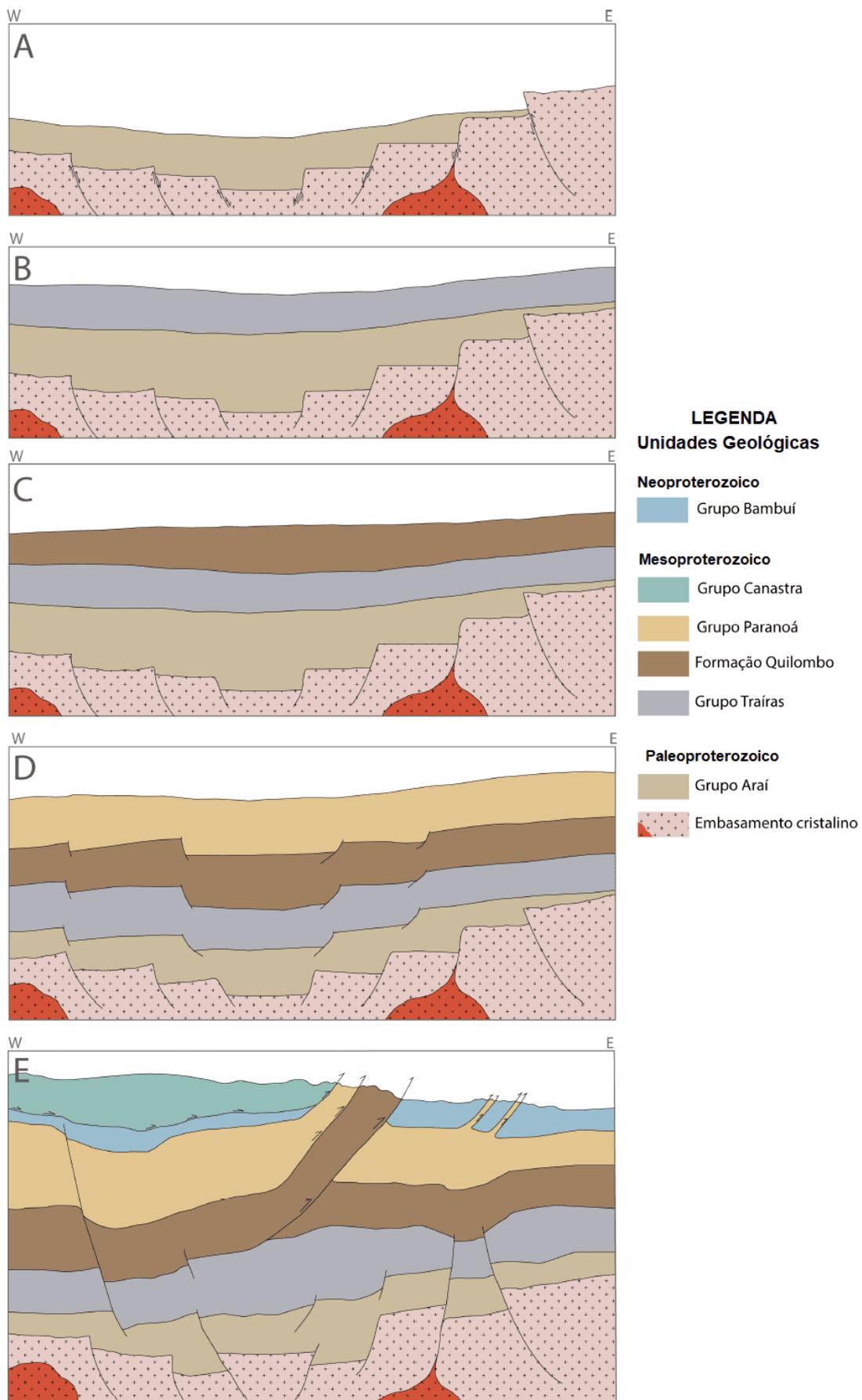


Figura 7.7: Modelo de evolução para porção externa da faixa oeste do Crátão do São Francisco, nas proximidades da região do Projeto Unai.

Capítulo 8

Potencialidade Econômica

Apresenta o potencial econômico da área do projeto Unaí e arredores.

8.1 Introdução

A área do projeto está inserida no contexto geotectônico da porção sul da zona externa da Faixa Brasília, em uma região caracterizada por um baixo grau metamórfico, onde não há magmatismo e nem zonas de hidrotermalismo expressivas. Estes fatores minimizam o potencial de desenvolvimento de grandes jazidas minerais. No entanto, a área é adjacente a porção norte da Faixa Vazante, que hospeda um distrito mineiro com depósitos de Zn, Pb, fosfato, dolomito agrícola, ouro e diamante (MONTEIRO, 2002).

Em todo o projeto há um total de 44.008 hectares de área requeridos junto à ANM, totalizando 38 processos minerários. As principais substâncias requeridas são minério de zinco, minério de chumbo, minério de ouro e dolomito, porém nenhuma dessas substâncias está em fase de lavra, estando a maioria destes processos em fase de autorização de pesquisa e requerimento de lavra (Figura 8.1). A empresa Nexa Recursos Minerais S. A. é a maior detentora de requerimentos de lavra na área no projeto e atualmente atua na mineração de minério de zinco e outros metais não ferrosos em outros municípios ao sul de Unaí, no estado de Minas Gerais. Porém, em Unaí, a empresa ainda não deu início a exploração mineral na região, com todos os requerimentos ainda em fase de avaliação.

O objetivo deste capítulo é demonstrar as principais ocorrências minerais e as potencialidades econômicas da área do Projeto Unaí. Serão discutidas as possibilidades de mineralização dentro do contexto geológico da área e as perspectivas geoeconômicas viáveis para a região, baseado no que foi observado em campo e o que está disponível na literatura.

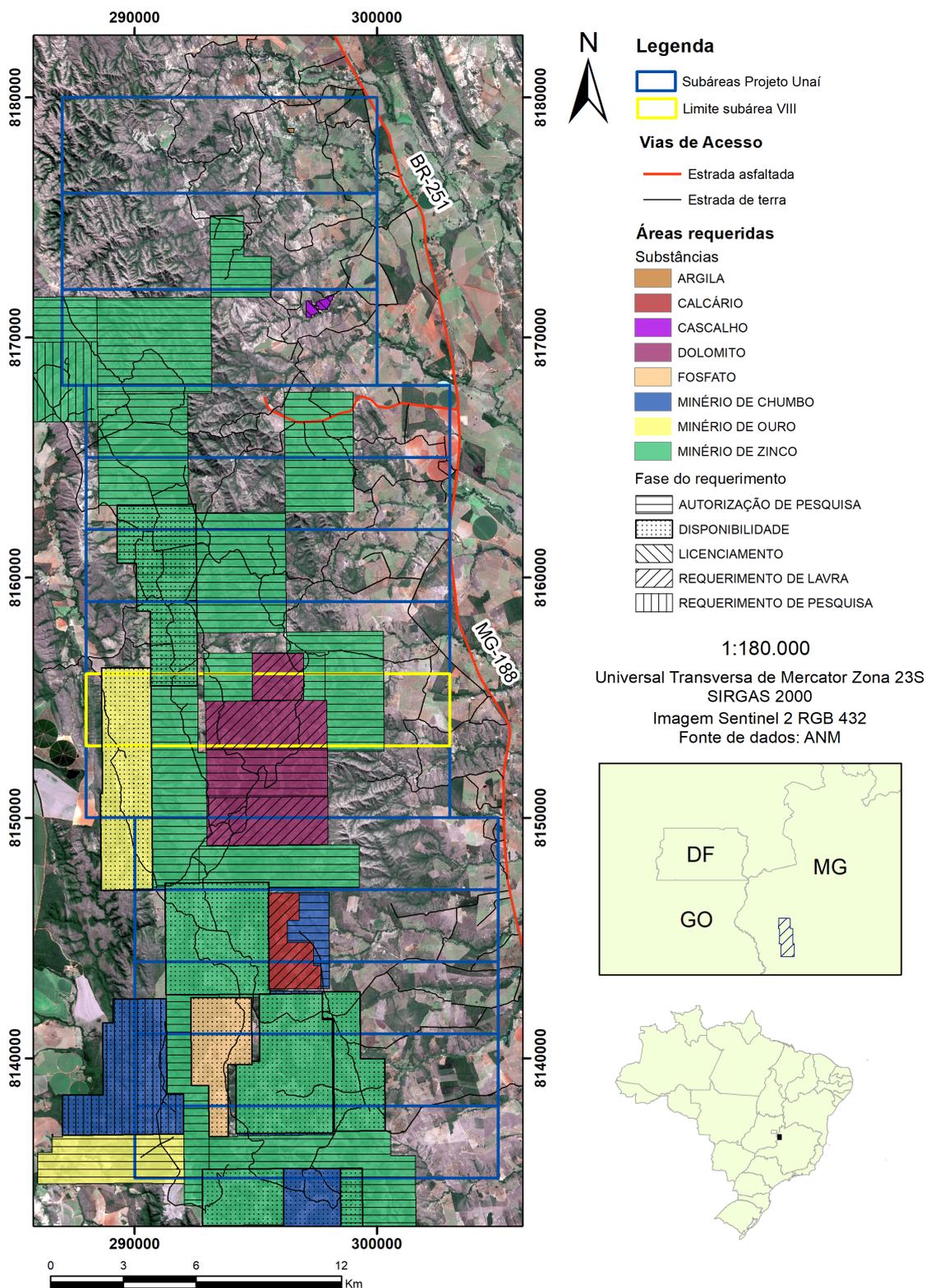


Figura 8.1: Mapa com total de áreas requeridas junto à ANM dentro do Projeto Unaí. Fonte: Sigmine/ANM

8.2 Potencialidades Geoeconômicas Mineraias

Pb e Zn ± Cu

O potencial para chumbo e zinco está associada as rochas dolomíticas (doloarenitos e brechas dolomíticas) da Formação Córrego do Barreiro que afloram em quase todas as subáreas, são as commodities de maior potencial econômico nessa região devido a grande quantidade de afloramentos destas rochas, sendo também os minérios com o maior número de áreas requeridas dentro do projeto. Estes depósitos sedimentares hospedados em rochas carbonáticas podem ser classificados principalmente, segundo Leach (1993), de acordo com suas características genéticas em *Mississippi Valley Type* (MVT) ou *Sedimentary Exhalative* (SEDEX).

Os depósitos tipo MVT geralmente estão alojados em rochas carbonáticas, mais comum em dolomitos e, mais raramente, em calcários. O minério pode ser bastante diversificado em sua forma e varia de zona de substituição maciça a preenchimentos de espaços vazios, fraturas e brechas, geralmente do tipo *stratabound*. Suas principais fontes de mineralização são o embasamento, para os metais, e mistura de fluidos, para o enxofre. O fluxo dos líquidos metalíferos que percolam as rochas hospedeiras ocorre por gradiente de pressão ou por gravidade (MISI, 1999).

Depósitos do tipo sedimentar exalativo (SEDEX) são formados a partir da circulação de soluções hidrotermais, salmouras aquecidas, por meio de fraturas e falhas das rochas e consequentemente descarga no fundo do mar de idade Proterozoica (LEACH, 1993). As rochas que podem alojar esse tipo de depósito são folhelhos, siltitos, calcários, brechas e dolomitos. Suas mineralizações ocorrem como camadas, lentes e bolsões sub-concordantes, veios ou brechas. Suas principais fontes de mineralização são o embasamento e sedimentos, para os metais, e água do mar, para o enxofre. O fluxo hidrotermal se dá através de descargas de água do mar e salmouras, a partir do assoalho oceânico e através dos sedimentos por falhas normais e fraturas (MISI, 1999).

O potencial da área do projeto está nas semelhanças das rochas com as observadas nos depósitos de Zn e Pb que ocorrem na Faixa Vazante, como o depósito de Zn-Pb de Morro Agudo, considerado um dos principais produtores dessas commodities no Brasil, onde a mineralização está associada a dolarenito e brecha dolomítica a dolarenítica do topo do Grupo Vazante (NEVES, 2011). Nos dolomitos na área do projeto, apesar de observar fraturas preenchidas por sílica que sugerem percolação de fluidos nessas rochas, não foram encontrados sulfetos, o que reduz o potencial desses dolomitos, já que a mineralização comum desses depósitos ocorrem em sulfetos de chumbo e zinco.

Argila

As argilas são formadas, em sua maioria, por filossilicatos. São classificadas de acordo com a composição mineralógica, estrutura, ocorrência e uso, e estão associadas a dois tipos de depósitos: quaternários, formados por processos de sedimentação recente, principalmente em fundos de vale e bacias lacustres e formacionais, associados a bacias sedimentares antigas e ao processo de intemperismo.

O potencial para exploração de argilas na área do projeto está associado aos depósitos do tipo formacional, formados a partir da alteração intempérica e pedogênese, em ambientes hidromór-

ficos, das rochas pelíticas da Formação Sete Lagoas, do Grupo Bambuí e da Formação Córrego do Barreiro, do Grupo Paranoá. Tais depósitos seriam então formados por argilas comuns, como caulinita e argilas do grupo da illita, sendo empregadas principalmente para a produção de cerâmicas vermelhas, na fabricação de blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos maciços, tubos e ladrilhos, além outras aplicações, como na fabricação de vasos ornamentais, utensílios domésticos, cimento, agregado leve e revestimentos (LUZ; LINS, 2008).

Dolomito agrícola e agregados

O dolomito presente nas subáreas apresenta potencial para uso na indústria agrícola, para produção de cal ou óxido de cálcio (CaO) e também para rochagem, ambos utilizados para fertilização e correção da acidez do solo (LUZ; LINS, 2008). Tal potencial e aplicação depende dos teores de Mg presente nas rochas, sendo que teores abaixo de 10 % são chamadas na indústria de calcário calcítico, entre 10 e 25 % de calcário magnesiano, e acima de 25 % de calcário dolomítico. Como Unaí é um polo agricultor e um dos principais produtores de grãos, esse material poderia ser utilizado de forma local. Os dolomitos também podem ser utilizados como material agregado para a construção civil, através de britagem, como componente do concreto e material para pavimentação de estradas.

Fosfato

O fosfato na região do projeto está associado à base da Formação Sete Lagoas, caracterizada por argilitos com lentes de dolomito e calcários argilosos, cujo início da sedimentação é interpretado como uma transgressão pós-glacial que inundou o Cráton São Francisco durante o Neoproterozoico (FIANCO, 2011). O pressuposto depósito mineral de fosfato na região teria semelhança com os depósitos encontrados em Campos Belos (GO)/Arraias (TO), formados por fosforitos e siltitos fosfatados de origem sedimentar, cuja mineralização ocorreu através de processos diagenéticos. Até pouco tempo atrás, muitos desses depósitos não eram considerados viáveis, porém com a valorização do fosfato no mercado, mesmo pequenos depósitos têm se tornado interessantes a exploração. Entretanto, as ocorrências de fosfato presentes na bibliografia regional descrevem uma ocorrência mineral localizada e descontínua diminuindo seu potencial econômico.

Ouro

O potencial para ouro na região do projeto é muito baixo, pois não foram observadas evidências de mineralização aurífera na Formação Serra do Landim, na base do Grupo Canastra. Já na Formação Paracatu, posicionada acima da Formação Serra do Landim seguindo a estratigrafia do Grupo Canastra, há mineralização de ouro disseminada em filito carbonoso e nos boudins de quartzo, como ocorre nos depósitos minerais em Morro do Ouro (ALMEIDA, 2009). A mineralização descrita no Morro do Ouro caracteriza um depósito do tipo ouro orogênico e está intimamente relacionada a fluidos de natureza hidrotermal, ricos em As, Au e subordinadamente em Pb e Zn, que percolaram ao longo de estruturas favoráveis contidas nos sericita xistos e filitos. Aparentemente o ouro, e sulfetos foram depositados em planos de falha, ao longo do contato entre boudins e o sericita xisto e em microfissuras e microporos. As rochas são mais deformadas e mais sulfetadas ao longo da zona dos boudins de quartzo, onde são encontrados os maiores os teores de ouro (ALMEIDA, 2009). A potencialidade na região do projeto é muito baixa, visto que não foi observado

nenhum tipo de mineralização e que as unidades mapeadas como Grupo Vazante são de fato do Grupo Paranoá.

8.3 Potencialidades Geoeconômicas Não minerais

Geoturismo e Turismo de Aventura

Apesar de ter vários atrativos naturais, como grutas e cachoeiras (Figuras 8.2 e 8.3), o turismo geológico em Unaí não é muito explorado. A maior parte dos atrativos está associada as rochas carbonáticas da Formação Córrego do Barreiro que afloram nas subáreas de VII a XIV, onde são observados grandes paredões, que poderiam ser utilizados para escalada. Além disso, há potencial para o desenvolvimento de trilhas para caminhada, ciclismo e motocross, que, se demarcadas e divulgadas podem aumentar do fluxo de turistas na região (Figura 8.3). É também possível o desenvolvimento de um geoparque na região, promovendo a preservação e a conscientização acerca dos sítios cársticos. O projeto poderia ser desenvolvido junto ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) que, desde 2006, promove o Projeto Geoparques. Essa iniciativa tem como premissa básica a identificação, levantamento, descrição, inventário, diagnóstico e ampla divulgação de áreas com potencial para ser um geoparque para incentivar e auxiliar na criação dos mesmos no território nacional.



Figura 8.2: Gruta Sapezal na subárea XII.



Figura 8.3: (A e B) Cachoeiras na subárea XII; (C) Paredões dolomíticos na subárea VIII, comuns na área do projeto e com potencial para escalada; (D) Trilha que poderia ser utilizada para caminhadas e *mountain bike*.

Capítulo 9

Zoneamento Hidrogeológico

9.1 Introdução

De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o Brasil vivencia hoje a pior escassez hídrica dos últimos 91 anos, tanto pela falta de investimento no setor, quanto pelo mal uso do recurso e falta de políticas públicas, além de mudanças no padrão histórico das chuvas. No noroeste de Minas Gerais, mais especificamente em Unaí, o problema gerado pela má gestão dos recursos hídricos tende a se agravar. A atividade agropecuária representa 61 % do uso do solo do município (MAPBIOMAS, 2021), sendo um dos maiores produtores de grãos do país, com grandes áreas de irrigação por sistemas de pivô central e, também, uma forte indústria pecuária, sendo que ambas as atividades demandam uma grande quantidade de recursos hídricos.

Segundo dados da estação meteorológica UNAI 83428, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município de Unaí apresenta média de precipitação acumulada anual dos últimos 30 anos em torno de 1.400 mm, com duas estações bem definidas, uma seca de maio a setembro e uma chuvosa de outubro a abril. Ao analisar a série histórica dos últimos 10 anos e mais especificamente o ano de 2020, é possível notar que nos meses chuvosos os valores máximos de precipitação acumulada mensal não passam de 400 mm, já nos meses de seca, os valores se aproximam de zero ou são nulos (Figura 9.1).

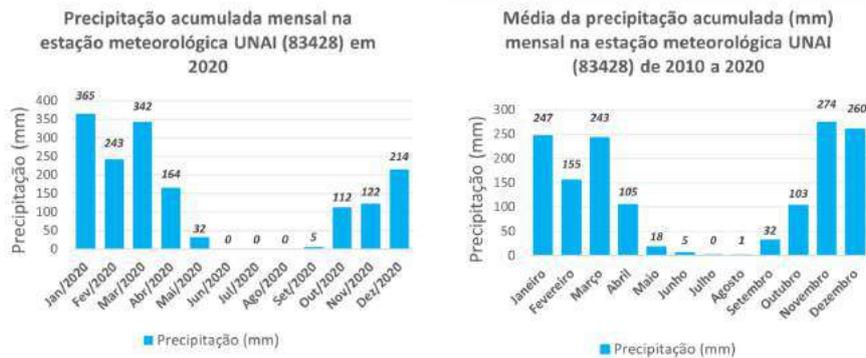


Figura 9.1: Gráficos da precipitação acumulada mensal em 2020 à esquerda e, a direita, a série histórica da média de precipitação acumulada mensal de 2010 a 2020 da estação meteorológica UNAI (83428). Fonte: INMET.

Há um perceptível déficit hídrico, com o rebaixamento do nível freático, entre os meses de abril a setembro (estação seca), que adentra também nos meses de outubro e novembro, período em que se iniciam as chuvas e o sistema ainda está em recuperação (Figura 9.2).

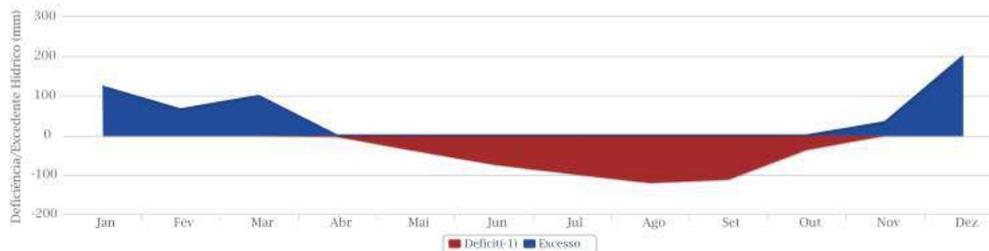


Figura 9.2: Gráfico do balanço hídrico médio mensal em Unai em um período de 30 anos (1981 a 2010), nota-se que em grande parte do ano há um déficit hídrico no município. Fonte: INMET.

Este capítulo tem como objetivo apresentar o potencial hidrogeológico e a caracterização geral dos aquíferos de toda a região do Projeto Unai, bem como sugerir propostas de gestão para amenizar o déficit hídrico que ocorre no período de estiagem. O mapa de zoneamento hidrogeológico para o Projeto Unai na escala original de 1:125.000 foi produzido com base nas informações geológicas, de solos e de relevo obtidas em campo e hidrológicas (vazão, regularidade e perenidade dos cursos d'água), utilizando dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) para poços da região. Devido a indisponibilidade de dados quantitativos sobre poços, ensaios de infiltração, teste de bombeamento, entre outros, o presente capítulo não irá apresentar um mapeamento hidrogeológico da região do projeto, mas apenas o zoneamento hidrogeológico.

9.2 Classificação e Caracterização dos Aquíferos

As unidades hidroestratigráficas foram delimitadas com base em dados de solos, litologia, relevo, cadastro de poços, dados climáticos da região e observações de campo. Foi possível individualizar cinco sistemas aquíferos, divididos em três domínios: freático/intergranular, fraturado e fissuro-cárstico (Tabela 9.1). O domínio freático/intergranular foi dividido nos sistemas: Freático

Intergranular 1 (FI1), definido por solos espessos e permeáveis, e Freático Intergranular 2 (FI2), delimitado por solos pouco espessos; o domínio fraturado é individualizado em Fraturado Profundo 1 (FP1), limitado a rochas mais competentes, de comportamento rúptil pertencentes ao Membro Ribeirão da Porteira, e Fraturado Profundo 2 (FP2), delimitado por rochas menos competentes, de caráter dúctil pertencentes ao Membro Ribeirão do Franco, grupos Bambuí e Canastra; e, por fim, o domínio Físsuro-Cárstico (FC), contendo rochas psamo-pelíticas interdigitadas com rochas dolomíticas de Formação Córrego do Barreiro.

A compartimentação dos sistemas aquíferos presentes na área do Projeto Unai é proposta ao longo deste capítulo e baseia-se essencialmente em aspectos geológicos (e.g. litologia, pedologia e estruturas) e fisiográficos (e.g. clima, relevo, vegetação e hidrografia). Os dados de poços tubulares cadastrados da região disponíveis no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), disponibilizada e operada a CPRM, foram utilizados para estimativa dos parâmetros hidráulicos respectivos a cada domínio definido (Tabela B.2 do Anexo B).

Domínio	Sistema	Litologia/Solos Predominantes	Outras Características
Freático/Intergranular	FI 1	Latosolos, argissolos e nitossolos;	Solos espessos; heterogêneo e isotrópico
	FI 2	Cambissolos, neossolos litólicos e plintossolos.	Solos rasos; heterogêneo e anisotrópico
Fraturado	FP1 (Rúptil)	Ritmitos psamo-pelíticos;	Homogêneos e Anisotrópicos
	FP2 (Dúctil)	Filitos, quartzitos, mármores, ritmitos pelito-psamíticos, pelitos, margas e calcário micríticos.	Homogêneos e Anisotrópicos
Físsuro-cárstico	FC	Dolomitos, arenitos e siltitos.	Heterogêneos e Anisotrópicos

Tabela 9.1: Resumo da classificação dos domínios e sistema de aquíferos da região do Projeto Unai

O mapa de zoneamento hidrogeológico (Figura 9.3), elaborado em escala original 1:125.000 (disponível no Anexo C), individualiza cinco unidades hidroestratigráficas, divididas entre três domínios: domínio freático ou intergranular, domínio fraturado e domínio físsuro-cárstico. Sendo o domínio raso diferenciado em mapa dos domínios profundos pelo tipo de representação em hachuras e em cores respectivamente. Também estão representadas a estatística de lineamentos da região no diagrama de rosetas, que indica uma forte tendência NNW-SSE e WSW-ENE. As principais características dos sistemas aquíferos estão sintetizadas na Tabela 9.2, no entanto a quantidade limitada de dados dos poços em alguns domínios pode eventualmente levar a subestimativa/superestimativa dos parâmetros.

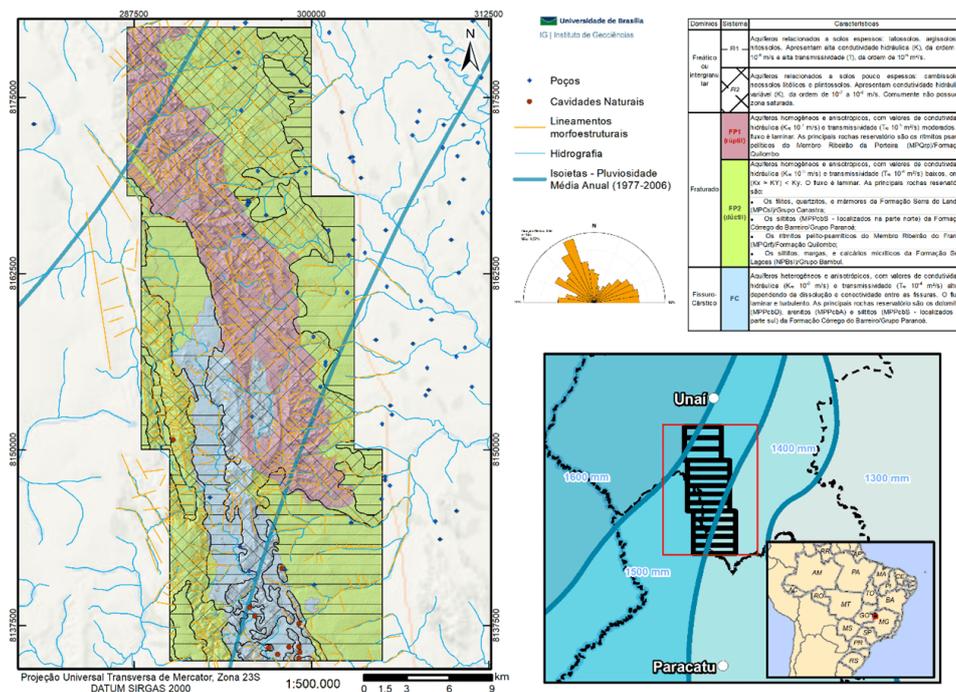


Figura 9.3: Mapa de Zoneamento Hidrogeológico da Região do Projeto Unai. Disponível no Anexo C.

Domínio / Sistema	Solos / Rochas	K ¹ (m.s ⁻¹)	T ² (m ² .s ⁻¹)	S ³	Nº de poços	Ne ⁴ (m)	Nd ⁵ (m)	Vazão (m ³ .h ⁻¹)	
Domínio Freático ou Intergranular									
Sistema Freático 1	FI1	Latossolo, Argissolo, Nitossolo	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	Variável	21	17,4	50	10,9
Sistema Freático 2	FI2	Cambissolos, Neossolos litólicos, Plintossolos	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁸	-	10 ⁻¹ - 10 ⁻²	17	13	38,07	17,14
Domínio Fraturado Profundo									
Sistema Fraturado 1	FP1 (rúptil)	Ritmitos psamo-pelíticos	10 ⁻⁷	10 ⁻⁵	Variável	1	-	-	-
Sistema Fraturado 2	FP2 (dúctil)	Filitos, Quartzitos, Siltitos, Margas, Calcários micríticos	10 ⁻³	10 ⁻⁶	Variável	32	16	48	16,07
Domínio Fissuro-Cárstico									
Sistema Fissuro-Cárstico 2	FC	Dolomitos, Arenitos, Siltitos	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	Variável	5	32	-	13

Tabela 9.2: Síntese dos dados dos 38 poços disponíveis para a área do Projeto Unai. Fonte: SIAGAS.

¹ Condutividade hidráulica

² Transmissividade

³ Capacidade de armazenamento

⁴ Nível estático

⁵ Nível dinâmico

9.2.1 Aquíferos do Domínio Intergranular

Esse domínio apresenta aquíferos de porosidade primária, livres, intergranulares, isotrópicos e relativamente homogêneos. São caracterizados por parâmetros físicos e hidrodinâmicos do material inconsolidado, observado na Figura 9.4, como granulometria, estrutura, espessura, compactação e porosidade efetiva. Em razão dos diferentes materiais de cobertura o domínio foi dividido em dois sistemas, FI1 e FI2.

Sistema FI1: ocorre em regiões de solos espessos e bem desenvolvidos, como latossolos, argissolos e nitossolos. Na região, normalmente recobrem porções de relevo plano a suave ondulado, são bem distribuídos, heterogêneos, isotrópicos, com alta condutividade hidráulica, da ordem de 10^{-6} m/s, e transmissividade, da ordem de 10^{-5} m²/s.

Sistema FI2: engloba aquíferos relacionados a solos rasos, como cambissolos, neossolos litólicos e plintossolos. Na região, recobrem as porções ao longo das serras com maior declividade, são bem distribuídos, heterogêneos, isotrópicos, com alta condutividade hidráulica, da ordem de 10^{-7} a 10^{-8} m/s, e comumente não apresentam zona saturada.



Figura 9.4: Padrões de solo que representam o Domínio Freático/Intergranular. (A) é possível notar o perfil típico de solo do Sistema FI1, solos espessos como latossolos vermelhos; (B) perfil de latossolo vermelho-amarelo dentro do Sistema FI1; (C) solos menos espessos, como neossolos litólicos que compreendem o sistema FI2.

9.2.2 Aquíferos do Domínio Fraturado

São controlados por rochas com porosidade secundária, correspondente às fraturas e falhas resultantes da atividade tectônica regional, como observado na Figura 9.5. A direção preferencial dos lineamentos morfoestruturais é N20-30 °W e N70-90 °E. Os parâmetros e a qualidade desses aquíferos, por sua vez, são controlados pelas características dessas fraturas, como densidade, frequência, tamanho, abertura e conectividade entre si. Em razão do comportamento reológico contrastante das rochas que hospedam esse domínio é separado nos em sistemas, conforme descrito a seguir.

Sistema FP1 (rochas com comportamento reológico rúptil): aquíferos associados aos ritmitos psamo-pelíticos do Membro Ribeirão da Porteira, da Formação Quilombo. Abrange aquí-

feros com fluxo do tipo laminar, homogêneos e anisotrópicos, com condutividade hidráulica moderada, da ordem de 10^{-7} m/s, e transmissividade também moderada, da ordem de 10^{-5} m²/s (considerando a existência de fraturas abertas até no mínimo de 100 de profundidade).

Sistema FP2 (rochas com caráter mais dúctil sob condições rasas de deformação): aquíferos associados principalmente aos 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 siltitos, margas e calcários micríticos da Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí. Abrange aquíferos com fluxo do tipo laminar, homogêneos e a anisotrópicos, com baixa condutividade hidráulica, da ordem de 10^{-3} m/s, e baixa transmissividade, da ordem de 10^{-6} m²/s.

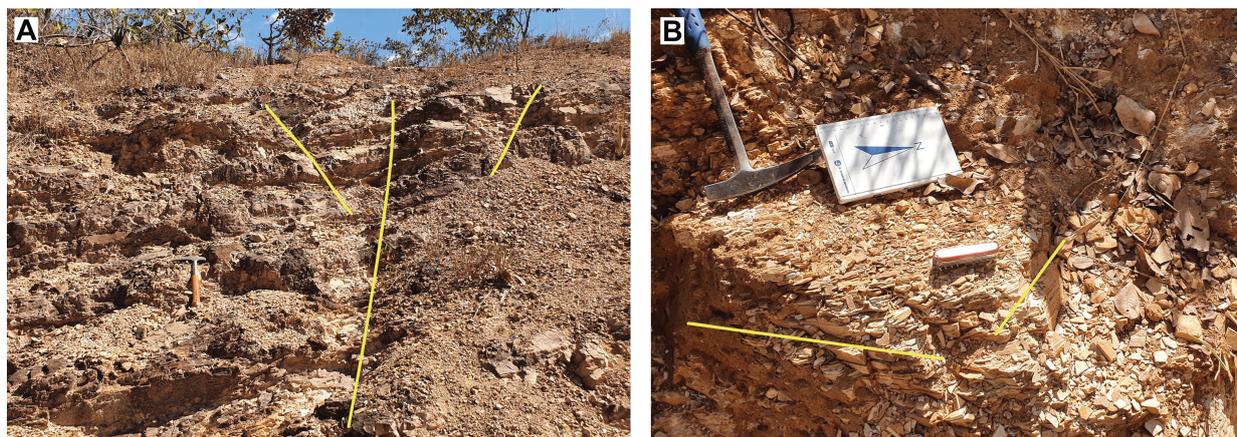


Figura 9.5: Afloramentos que representam o Domínio Fraturado. (A) Ritmitos psamo-pelíticos do Membro Ribeirão da Porteira fraturados que integra o Sistema FP1. (B) Siltitos fraturados da Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá incluídos no Sistema FP2.

9.2.3 Aquíferos do Domínio Físsuro-Cárstico

Assim como o domínio fraturado, o domínio Físsuro-Cárstico é controlado pela porosidade secundária. Se diferencia pela propriedade de solubilidade que parte das rochas hospedeiras desse sistema apresentam, sendo responsável pela interconexão entre estruturas pré-existentes, como fraturas e falhas, resultantes de tectônica regional. Estão associados principalmente aos dolomitos, marcados pelo relevo destacado e vegetação espinhosa, mas também aos arenitos e siltitos da Formação Córrego do Barreiro do Grupo Paranoá, como exemplificado na Figura 9.6. Abrangendo aquíferos de fluxo simultaneamente laminar e turbulento, heterogêneos, anisotrópicos, com alta condutividade hidráulica, da ordem de 10^{-6} m/s, e alta transmissividade, da ordem de 10^{-4} m²/s.



Figura 9.6: Afloramentos de rochas dolomíticas que envolvem o Domínio Físsuro-Cárstico pertencentes a Formação Córrego do Barreiro, Grupo Paranoá. (A) É possível notar o contraste das rochas dolomíticas em contato com os siltitos e arenitos; (B) Típico afloramento de rochas dolomíticas fraturadas em toda a região do Projeto Unai; (C) Paredão de rocha dolomítica com grandes aberturas de dissolução que permitem a percolação de água.

9.3 Considerações Finais

O potencial hídrico dos sistemas aquíferos nos domínios Fraturado e Físsuro-Cárstico (aqueles explotados por poços tubulares profundos) depende da densidade, abertura e conectividade das fraturas e do grau de carstificação. Assim, com base no comportamento reológico esperado das litofácies, estimam-se maiores potenciais hídricos para rochas psamíticas e carbonáticas em comparação às pelíticas. Portanto, a locação dos poços tubulares deve levar em conta os aspectos estruturais e litológicos mencionados. Considerando o uso e ocupação do solo da área, sendo a maior parte dos poços destinados a uso doméstico, a implantação de poços tubulares representa um recurso importante, principalmente para as áreas de irrigação, mas também para uso doméstico já que esta fonte é menos susceptível a contaminação e atualmente grande parte da população utiliza água diretamente dos corpos superficiais, como o Ribeirão da Aldeia.

O cadastramento dos poços no SIAGAS é importante para a gestão dos recursos, já que fornece informações importantes sobre os parâmetros hidráulicos e uso dos recursos na região. Entre os 38 poços da região cadastrados, a maioria contém dados incompletos, o que prejudica a correta caracterização dos domínios. Apesar de a Tabela 9.2 apresentar a média dos parâmetros hidráulicos dos domínios da região, a quantidade de medidas não é suficiente para gerar uma estimativa confiável.

Uma medida que pode melhorar a utilização dos recursos hídricos da região é a proteção do sistema de canalização e dos poços. Muitos dos poços e canos observados na área do projeto, como o mostrado na Figura 9.7, estavam expostos e/ou em meio a áreas de tráfego constante de animais e veículos. Mudar essa configuração, estabelecendo um perímetro de proteção ao poço através da instalação de cercas e lajes de concreto e soterrando a canalização da água, permite a melhora

da vida útil, previne contaminações e auxilia na prevenção de danos ao sistema de captação e distribuição de água.



Figura 9.7: Poço tubular sem perímetro de proteção e não cadastrado no SIAGAS. Ponto de coordenadas UTM SIRGAS 2000 Zona 23S 297549 E 8144323 N. Imagem cedida pela subárea XI do Projeto Unaí.

Segundo o MapBiomas (2021), o uso do solo, na região de Unaí, para a atividade pecuária representa, aproximadamente, 29 % da área do município, e devido ao pisoteamento do gado nessa região a função reguladora do aquífero pode ser afetada pela compactação superficial e impermeabilização do solo, que prejudica a infiltração da água, a recarga e a produtividade geral do solo na região, devido a diminuição da porosidade, além de aumentar a erosão. O efeito de compactação também foi observado no terreno ao redor das casas da região, devido a proximidade dessas áreas com os poços de captação. Dessa forma é interessante a utilização de técnicas de recarga artificial como trincheiras, valas ou caixas de infiltração, com uso de água de chuva captada nos telhados para minimizar os efeitos da compactação.

Para que as medidas de gestão produzam resultados é fundamental que sejam integradas e amplamente aplicadas na região, principalmente quando se trata da construção adequada dos poços de captação e áreas de recarga, a definição de parâmetros de proteção sanitária dos poços, a cartografia e proteção das áreas de vulnerabilidade, como as porções cársticas, e sob risco de contaminação e a caracterização dos sistemas aquíferos da região pela construção de um mapa hidrogeológico com dados de ensaios de infiltração e de testes de bombeamento.

Capítulo 10

Conclusões e Recomendações

Recoberto a norte pela folha Unai (SE.23-V-A-III) e a sul pela Serra da Aldeia (SE.23-V-A-VI), do Projeto Vazante-Paracatu (PINHO et al., 2017), o Projeto Unai apresenta resultados cartográficos semelhantes aos mapeamentos anteriores, que se baseiam na fotointerpretação e na geomorfologia, com bons resultados para a distinção e delimitação das unidades cartografadas. A aerogeofísica não auxilia na cartografia geológica por não apresentar escala adequada ao mapeamento e uma resposta que permita a correta individualização das unidades.

A cartografia realizada pelo Projeto Unai não alterou de forma significativa o traço dos contatos, no entanto há grande contribuição na concepção estratigráfica da região. Ainda que mantenha a estruturação anterior houve refinamento dos contatos através do mapeamento em escala 1:50.000, principalmente com a adição das falhas de rasgamento, rampas laterais e da dobra em escala regional entre as subáreas VII e X.

O principal resultado do projeto é o aprimoramento da visão litoestratigráfica da região. Unidades anteriormente mapeadas como pertencentes à Formação Serra da Lapa, Formação Serra do Poço Verde, Membro Sumidouro e Unidade A do Grupo Vazante e à Formação Serra de Santa Helena do Grupo Bambuí agora são atribuídas aos grupos Canastra (Fm. Serra do Landim), Paranoá (Fm. Córrego do Barreiro) e Bambuí (Fm. Sete Lagoas) (Tabela 10.1). Também foi identificada a Formação Quilombo, individualizada nos membros Ribeirão da Porteira e Ribeirão do Franco, propostos por Moura (2018) e anteriormente mapeados como Formação Serra do Andrequicé e Unidade B do Grupo Vazante, respectivamente (Figura 10.1).

CPRM (2017)	Projeto Unaí (2020/2021)
Membro Serra do Andrequicé da Fm. Serra do Garrote (Grupo Vazante)	Membro Ribeirão da Porteira da Fm. Quilombo
Unidade A (Grupo Vazante)	Membro Ribeirão do Franco da Fm. Quilombo
Fm. Serra do Poço Verde e Membro Sumidouro da Fm. Serra do Garrote (Grupo Vazante)	Fm. Córrego do Barreiro (Grupo Paranoá)
Fm. Serra da Lapa (Grupo Vazante)	Fm. Serra do Landim (Grupo Canastra)
Fm. Serra de Santa Helena (Grupo Bambuí) e Unidade A (Grupo Vazante)	Fm. Sete Lagoas (Grupo Bambuí)

Tabela 10.1: Comparação entre as unidades mapeadas pela CPRM (PINHO et al., 2017) e pelo Projeto Unaí.

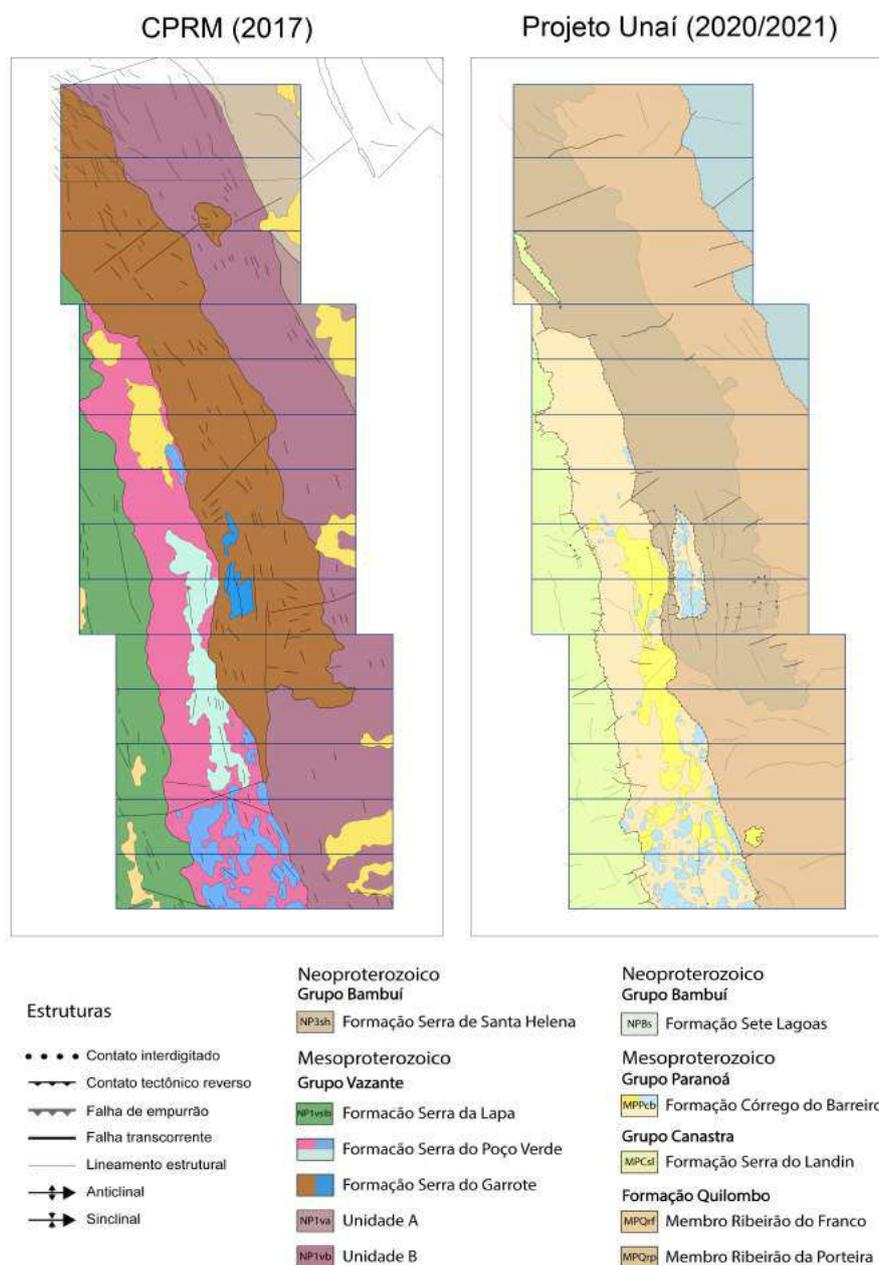


Figura 10.1: A esquerda, Mapa Geológico da CPRM (PINHO et al., 2017). A direita, Mapa Geológico do Projeto Unaí.

A cartografia e descrições realizadas contribuem para o conhecimento regional através do detalhamento das litofácies observadas e construção de modelos deposicionais das formações Quilombo e Córrego do Barreiro. As observações das rochas e das estruturas corroboram com a interpretação proposta por Uhlein et al. (2012), Faria (1995), Dardenne (1981) com atuação de tectônica compressional de regime rúptil-dúctil, associada à Orogênese Brasileira de idade neoproterozoica e reforçam a hipótese de uma tectônica do tipo *thin-skinned* que afeta as sequências sedimentares supracrustais.

O metamorfismo observado de maneira restrita à Formação Serra do Landim sugere uma história genética variada e interessante para estudos futuros, com detalhe para a datação do metamorfismo e melhor entendimento da movimentação e transporte das unidades expostas na área do projeto. Apesar da tectônica compressional ser observada de maneira homogênea, as rochas do Grupo Canastra exibem metamorfismo em fácies xisto verde o que estaria associado a maior profundidade e distância de transporte e exumação.

Sugere-se a continuação do trabalho de cartografia a fim de observar a continuidade das unidades mapeadas e entender as relações estruturais e tectônicas das mesmas com o Grupo Vazante, que aflora a sul, e com o Grupo Bambuí a nordeste. Devido a estruturação semelhante observada entre a cartografia do Projeto Unaí e do Projeto Vazante-Paracatu II, recomenda-se o estudo da Unidade B do Grupo Vazante mapeada como Membro Ribeirão do Franco nesse estudo, a fim de investigar se as unidades seriam equivalentes ou não.

Tal mapeamento também é imprescindível para observar como ocorre a variação lateral de fácies dentro dos membros constituintes da Formação Quilombo, com o intuito de compreender a evolução do sistema turbidítico. A associação de fácies observada indica sistema relativamente distal, com exceção das fácies conglomeráticas, entretanto com os dados disponíveis não é possível afirmar se a bacia foi afogada com retrogradação da linha de costa ou se houve migração lateral do sistema deposicional. Estudar as sucessões de fácies que ocorrem nas zonas adjacentes permitiria observar se as fácies observadas são lateralmente contínuas, como aparece na seção sísmica, ou se são observados múltiplos canais com alteração e migração desse sistema ao longo da bacia. Além disso, sugere-se o detalhamento geoquímico das vulcânicas através da análise de elementos maiores, traços, terras raras e isótopos ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e ϵNd) para detalhar as possíveis proveniências magmáticas dessas rochas e definir melhor o tipo de magmatismo, o ambiente de formação da unidade como um todo e a natureza da bacia.

A respeito do Grupo Paranoá propõe-se o detalhamento sistemático das fácies carbonáticas com auxílio da petrografia e da geoquímica para entender melhor o contexto de deposição e os processos diagenéticos. Além disso, o estudo comparativo com as fácies carbonáticas do Grupo Vazante seria importante para esclarecer a possível correlação entre esses dois grupos.

Referências

- ALMEIDA, B. S. d. Geoquímica dos filitos carbonosos do depósito morro do ouro, paracatu, minas gerais. 2009.
- ALMEIDA, F. D. O cráton do são francisco. **Revista Brasileira de geociências**, v. 7, n. 4, p. 349–364, 1977.
- ALVARENGA, C. J. S. de et al. Variações dos isótopos de c e sr em carbonatos pré e pós-glaciação jequitai (esturtiano) na região de bezerra-formosa, goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4 suppl, p. 147–155, 2007.
- ARCGIS. **Fill**. c2021. Disponível em: <pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/fill.htm#L_>.
- BABINSKI, M.; VIEIRA, L. C.; TRINDADE, R. I. Direct dating of the sete lagoas cap carbonate (bambu group, brazil) and implications for the neoproterozoic glacial events. **Terra Nova**, Wiley Online Library, v. 19, n. 6, p. 401–406, 2007.
- BARBOSA, O. Guia de excursões. In: . Araxá: SBG, 1955. (Congresso Brasileiro de Geologia).
- BARBOSA, O. et al. **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. [S.l.]: Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1970.
- BARBOZA, E. G. Análise estratigráfica do campo de namorado (bacia de campos) com base na interpretação sísmica tridimensional. 2005.
- BOYLE, R. W. **Geochemical prospecting for thorium and uranium deposits**. [S.l.]: Elsevier, 2013.
- BUCHER, K.; GRAPES, R. Petrogenesis of metamorphic rocks. springer-verlag: Berlin-heidelberg. 2011.
- CAMPOS, J. E. G. et al. 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. et al. Discovery of precambrian deep-water turbidites and submarine volcanism in the Brasília belt, central Brazil: The quilombo formation. **Journal of South American Earth Sciences**, Elsevier, v. 108, p. 103226, 2021.
- CARVALHO, M. d. O. et al. The vazante and canastra groups revisited: Sm-nd and sr isotopes-evidence for contribution from tonian intraplate magmatism during passive margin development along the sw são francisco margin, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, SciELO Brasil, v. 49, 2019.
- DAAC, A. Alos palsar radiometric terrain corrected high res. **Includes Material© JAXA/METI**, 2007.

DARDENNE, M. The Brasília fold belt. In: CORDANI E.J. MILANI, A. T. F. . D. C. U. (Ed.). **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro, Brasil: SBG, 2000. (31 st International Geological Congress), p. 231–263.

DARDENNE, M. A. Os grupos paranoá e bambuí na faixa dobrada Brasília. **Simpósio sobre o Cráton São Francisco e suas faixas marginais**, v. 1, p. 140–157, 1981.

DARDENNE, M. A.; CAMPOS, J. E. G.; NETO, M. d. C. C. Estromatólitos colunares no sumidouro do córrego Carrapato, Lagamar, MG registro de construções colunares dolomíticas por ciano-bactérias no Proterozóico do Brasil. 2005.

DARDENNE, M. A.; NETO, M. D. C. C. Estromatólitos colunares na série Minas (MG). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 5, n. 2, p. 99–105, 1975.

DUFF, M. C.; COUGHLIN, J. U.; HUNTER, D. B. Uranium co-precipitation with iron oxide minerals. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, Elsevier, v. 66, n. 20, p. 3533–3547, 2002.

DUNHAM, R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional textures. AAPG Special Volumes, 1962.

ERDI-KRAUSZ, G. et al. **Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data: also as open access e-book**. [S.l.]: International Atomic Energy Agency (IAEA), 2003.

FARIA, A. D. Estratigrafia e sistemas deposicionais do grupo paranoá nas áreas de cristalina, Distrito Federal e São João d'Aliação-Alto Paraíso de Goiás. **Unpublished PhD thesis, Universidade de Brasília**, p. 199, 1995.

FERREIRA, M. A. C. M. Evolução tectônica das bacias Araí, Traíras e Paranoá na faixa Brasília Norte. 2017.

FIANCO, C. B. Métodos geofísicos aplicados à prospecção de fosforitos na região nordeste do estado de Goiás. 2011.

FOLK, R. L. **Petrology of sedimentary rocks**. [S.l.]: Hemphill publishing company, 1980.

FREITAS-SILVA, F.; DARDENNE, M. Proposta de subdivisão estratigráfica formal para o grupo canastra no oeste de Minas Gerais e leste de Goiás. **Simp. Geol. Centro Oeste**, v. 4, p. 164–165, 1994.

FUCK, R.; PIMENTEL, M.; SILVA, L. Compartimentação tectônica da porção oriental da província Tocantins. In: SBG BALNEÁRIO CAMBORIÚ. **Congresso Brasileiro de Geologia**. [S.l.], 1994. v. 38, p. 215–216.

FUCK, R. A. et al. The northern Brasília belt. In: **São Francisco Craton, Eastern Brazil**. [S.l.]: Springer, 2017. p. 205–220.

GHANI, A. S. A.; ISA, N. A. M. Enhancement of low quality underwater image through integrated global and local contrast correction. **Applied Soft Computing**, Elsevier, v. 37, p. 332–344, 2015.

GROHMANN, C. H.; CAMPANHA, G. A.; JUNIOR, A. S. Openstereo: um programa livre e multiplataforma para análise de dados estruturais. **XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos**, Sociedade Brasileira de Geologia Campinas, v. 13, 2011.

HASUI, Y. et al. **Geologia do Brasil**. [S.l.]: Beca São Paulo, 2012.

- KEAREY, P.; BROOKS, M.; HILL, I. **Geofísica de exploração**. [S.l.]: Oficina de textos, 2009.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der erde*. gotha: Verlag justus perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, p. 91–102, 1928.
- LASA, E. e P. S. **Relatório Final do Levantamento e Processamento dos Dados Magnetométricos e Gamaespectrométricos. Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais, Área 01. Projeto Unaí-Vazante-Paracatu-Coromandel**. [S.l.], 2001. 120 p.
- LEACH, D. L. Mississippi valley-type lead-zinc deposits. **Geol. Assoc. Canada Spec. Paper**, v. 40, p. 289–314, 1993.
- LUZ, A. B. d.; LINS, F. A. F. **Rochas & minerais industriais: usos e especificações**. [S.l.]: CETEM/MCT, 2008.
- MAPBIOMAS, P. **Coleção 5.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 2021. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>>.
- MARTINS-FERREIRA, M. A. C.; CAMPOS, J. E. G.; ALVARENGA, C. J. S. de. A formação jequitá na região de vila boa, go: exemplo de sedimentação por geleiras terminais no neoproterozóico. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 2, p. 373–384, 2013.
- MATOS, D. R. **Regime termal e tectônica tipo thin-skin na zona externa da Faixa Brasília**. Tese (Doutorado) — Universidade de Brasília, 2016.
- 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, UFBA, Brazil**, 1999.
- MONTEIRO, L. V. S. **Modelamento metalogenético dos depósitos de zinco de Vazante, Fagundes e Ambrósia, associados ao Grupo Vazante, Minas Gerais**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2002.
- MOURA, F. d. G. *Geologia do grupo quilombo e seu embasamento cristalino na região de unaí-mg*. 2018.
- MUTTI, E. *Turbidite sandstones*: Milan. **Italy, Agip special publication**, 1992.
- MUTTI, E. et al. Turbidites and turbidity currents from alpine ‘flysch’ to the exploration of continental margins. **Sedimentology**, v. 56, n. 1, p. 267–318, 2009. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-3091.2008.01019.x>>.
- MUTTI, E. et al. Deltaic, mixed and turbidite sedimentation of ancient foreland basins. **Marine and Petroleum Geology**, v. 20, n. 6, p. 733–755, 2003. ISSN 0264-8172. Turbidites: Models and Problems. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264817203001223>>.
- NASA. **Landsat 8**. c2020. Disponível em: <landsat.gsfc.nasa.gov>.
- NEVES, B. B. de B. Crátons e faixas móveis. **Boletim IG-USP. Série Didática**, n. 7, p. 1–187, 1995.
- NEVES, L. P. Características descritivas e genéticas do depósito de zn-pb morro agudo, grupo vazante. 2011.

PFIFFNER, O. A. Thick-skinned and thin-skinned styles of continental contraction. **Special Papers-Geological Society of America**, Boulder, Colo.; Geological Society of America; 1999, v. 414, p. 153, 2006.

PIMENTEL, M.; HEAMAN, L.; FUCK, R. Zircon and sphene u-pb geochronology of upper proterozoic volcanic-arc rock units from southwestern goiás, central brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Elsevier, v. 4, n. 4, p. 295–305, 1991.

PIMENTEL, M. M. The tectonic evolution of the neoproterozoic brasília belt, central brazil: a geochronological and isotopic approach. **Brazilian Journal of Geology**, SciELO Brasil, v. 46, p. 67–82, 2016.

PINHO, J. et al. **PROJETO VAZANTE-PARACATU: Geologia e recursos minerais das folhas: Cabeceira Grande, Unaí, Ribeirão Arrojado, Serra da Aldeia, Serra da Tiririca, Paracatu, Guarda-Mor, Arrenegado, Coromandel, Lagamar, Monte Carmelo e Patos de Minas**. [S.l.: s.n.], 2017. ISBN 978-85-7499-340-9.

PINHO, J. M. M. et al. Geologia e recursos minerais das folhas: Cabeceira grande, unaí, ribeirão arrojado, serra da aldeia, serra da tiririca, paracatu, guarda-mor, arrenegado, coromandel, lagamar, monte carmelo e patos de minas. CPRM, 2017.

QUEIROZ, G. L.; SALAMUNI, E.; NASCIMENTO, E. R. do. Azimuthfinder: ferramenta para a extração de dados e apoio na análise estrutural. **Geologia USP. Série Científica**, v. 14, n. 1, p. 69–80, 2014.

REATE/ANP. **Projeto REATE, Banco de dados de exploração e produção - ANP**. 1995. Disponível em: <<https://reate.cprm.gov.br/>>.

REIS, H. L. S. et al. Magnetometric and gamma spectrometric expression of southwestern são francisco basin, serra selada quadrangle (1: 100.000), minas gerais state. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 30, n. 4, p. 445–458, 2012.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. **Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE)**, In: SANO, SM; ALMEIDA, SP de (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina . . . , 1998.

RIMANN, E. A kimberlita no brasil. **Anais da Escola de Minas de Ouro Preto**, v. 15, p. 27–32, 1917.

RODRIGUES, J. et al. 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**, Elsevier, v. 29, n. 2, p. 512–521, 2010.

RODRIGUES, J. et al. 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**, Elsevier, 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. 2008.

RODRIGUES, J. E.; LIU, C. C. A geometria da iluminação solar e sua influência na observação de estruturas geológicas em imagens orbitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5. (SBSR)., 11-15 outubro 1988, Natal. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1988. p. 294–302. Acesso em: 25 fev. 2021.

- SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. [S.l.]: Brasília, DF: Embrapa, 2018., 2018.
- SERAINÉ, M. et al. Multi-dimensional scaling of detrital zircon geochronology constrains basin evolution of the late mesoproterozoic paranoá group, central brazil. **Precambrian Research**, Elsevier, v. 365, p. 106381, 2021.
- SILVA, C. H. D. et al. O grupo canastra em sua área-tipo, região de tapira, sudoeste do estado de minas gerais. **Geologia USP: Serie Científica**, p. 83–98, 2012.
- STOW, D. A.; MAYALL, M. Deep-water sedimentary systems: new models for the 21st century. **Marine and Petroleum Geology**, Elsevier, v. 17, n. 2, p. 125–135, 2000.
- TANIZAKI, M. L. N.; CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A. Estratigrafia do grupo arai: registro de rifteamento paleoproterozoico no brasil central. **Brazilian Journal of Geology**, SciELO Brasil, v. 45, p. 95–108, 2015.
- TELES, L. S. B. Caracterização, gênese e correlação estratigráfica dos fosforitos da região de coromandel–mg. 2019.
- UHLEIN, A. et al. Tectônica da faixa de dobramentos Brasília–setores setentrional e meridional. **Geonomos**, 2012.
- ULBRICH, H. H. G. J. et al. Levantamentos gamaespectrométricos em granitos diferenciados. i: revisão da metodologia e do comportamento geoquímico dos elementos k, th e u. 2009.
- VALERIANO, C. M. et al. U–pb geochronology of the southern brasilia belt (se-brazil): sedimentary provenance, neoproterozoic orogeny and assembly of west gondwana. **Precambrian Research**, Elsevier, v. 130, n. 1-4, p. 27–55, 2004.
- WINTER, J. D. **Principles of igneous and metamorphic petrology**. [S.l.]: Pearson education Harlow, UK, 2014. v. 2.

Parte I

Anexos

Anexo A

Descrições Petrográficas

Apresenta as descrições petrográficas da subárea VIII, juntamente da tabela com as informações a respeito das lâminas confeccionadas pelo Projeto Unaí e o resultado das análises de raios X.

Anexo B

Tabelas

B.1 Tabela de pontos da subárea VIII

B.2 Poços cadastrados no SIAGAS

Anexo C

Cartografia

Apresenta os produtos cartográficos da subárea VIII e do Projeto Unai, em documento separado.

C.1 Mapa Base

C.2 Mapa de Zonas Homólogas

C.3 Produtos Geofísica

C.4 Mapas de Lineamentos Sensoriamento Remoto

C.5 Mapa de Pontos

C.6 Mapa Geológico subárea VIII

C.7 Mapa Geológico Integrado

C.8 Mapa Estrutural

C.9 Zoneamento Hidrogeológico Projeto Unai



Universidade de Brasília
Instituto de Geociências

**Anexo A - Descrições petrográficas
Projeto Unai - Subárea VIII**

Luiza Motta Campello
Mayck Andrew Silva Silvério
Vitor Abreu Chaves

Brasília, novembro de 2021

SUMÁRIO

1	Petrografia do Projeto Unaí	2
	Lâminas petrográficas	2
	TF20-II-108A	3
	TF20-IV-95	5
	TF20-VI-110	7
	TF20-VIII-44	9
	TF20-IX-42	11
	TF20-IX-99	13
	TF20-X-04	15
	TF20-XI-125	17
	TF20-XII-54	19
	TF20-XIII-32A	21
	TF20-XIII-32B	23
	TF20-XIII-32C	25
	TF20-XIII-33	27
	TF20-XIV-29	29
	TF20-XIV-32B	31
2	Análise de Raios X	33
	Resultados	33

1 Petrografia do Projeto Unaí

Foram selecionadas entre as subáreas as amostras mais representativas de cada unidade litológica mapeada, sendo confeccionadas 27 lâminas petrográficas para o Projeto Unaí, dentre essas cinco foram analisadas através de raio x. As quinze amostras descritas pela subárea VIII são apresentadas abaixo (Tabela 1).

Amostra	Rocha	Unidade	X	Y	Descrições subárea VIII
20-X-04	Mármore	Fm. Serra do Landim (Gr. Canastra)	290457	8149185	Sim
20-VII-141	Brecha intraclástica	Fm. Córrego do Barreiro (Gr. Paranoá)	295979	8156298	-
20-XI-116	Arenito	Fm. Córrego do Barreiro (Gr. Paranoá)	297748	8147300	-
20-XI-125	Dolomicrito com extraclastos de quartzo e feldspato	Fm. Córrego do Barreiro (Gr. Paranoá)	296055	8145404	Sim
20-XIII-32a	Intradolospárito	Fm. Córrego do Barreiro (Gr. Paranoá)	299113	8138547	Sim
20-XIII-32b	Intradolospárito com oncólitos e extraclasto	Fm. Córrego do Barreiro (Gr. Paranoá)	299036	8138608	Sim
20-XIII-32c	Biolitito / Boundstone	Fm. Córrego do Barreiro (Gr. Paranoá)	295997	8139769	Sim
20-XIV-32a	Arenito	Fm. Córrego do Barreiro (Gr. Paranoá)	294254	8136340	-
20-XIV-32b	Biolitito / Boundstone	Fm. Córrego do Barreiro (Gr. Paranoá)	294254	8136340	Sim
20-IV-95	Litoarenito feldspático	Mb. Ribeirão da Porteira (Fm. Quilombo)	291872	8166520	Sim
20-IV-94b	Grauvaca	Mb. Ribeirão da Porteira (Fm. Quilombo)	291681	8166465	-
20-IX-42	Grauvaca feldspática	Mb. Ribeirão da Porteira (Fm. Quilombo)	297467	8153089	Sim
20-IX-99	Ortoconglomerado polimítico	Mb. Ribeirão da Porteira (Fm. Quilombo)	296175	8150770	Sim
20-VIII-44	Ortoconglomerado polimítico	Mb. Ribeirão da Porteira (Fm. Quilombo)	297430	8153087	Sim
20-XI-110	Grauvaca	Mb. Ribeirão da Porteira (Fm. Quilombo)	301281	8146546	-
20-VI-110	Sublitoarenito	Mb. Ribeirão da Porteira (Fm. Quilombo)	294313	8161865	Sim
20-II-108a	Dacito	Mb. Ribeirão do Franco (Fm. Quilombo)	297669	8173166	Sim
20-II-108b	Vulcânica	Mb. Ribeirão do Franco (Fm. Quilombo)	297669	8173166	-
20-IV-16	Vulcânica	Mb. Ribeirão do Franco (Fm. Quilombo)	300621	8167114	-
20-VII-152a	Vulcânica	Mb. Ribeirão do Franco (Fm. Quilombo)	294346	8157363	-
20-VII-152b	Vulcânica	Mb. Ribeirão do Franco (Fm. Quilombo)	294346	8157363	-
20-X-117	Mármore	Fm. Serra do Landim (Gr. Canastra)	291327	8147174	-
20-XII-54	Quartzo-arenito	Fm. Serra do Landim (Gr. Canastra)	292997	8142507	Sim
20-XIII-33	Clorita-fengita filito	Fm. Serra do Landim (Gr. Canastra)	291812	8138942	Sim
20-XIV-28	Filito	Fm. Serra do Landim (Gr. Canastra)	292628	8134788	-
20-XIV-29	Quartzito	Fm. Serra do Landim (Gr. Canastra)	293481	8134788	Sim

Tabela 1: Lâminas Petrográficas do Projeto Unaí

Amostra

TF20-II-108A

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 297669 N 8173166

Unidade Litológica

Membro Ribeirão do Franco - Formação Quilombo

Descrição Macroscópica

Rocha hipovítrea de coloração cinza escuro quando alterada e cinza esverdeado quando fresca e estrutura laminada. No entanto, existem amígdalas preenchidas que se distribuem uniformemente por toda a rocha criando um aspecto hipocristalino. As amígdalas possuem em geral o mesmo tamanho de aproximadamente 0,8mm, em forma de “olhos”, sendo o material que preenche as cavidades não identificável via análise macroscópica.

Descrição Microscópica

Rocha hipocristalina e inequigranular cinza escura com textura microporfírica composta por microcristais de difícil identificação e vidro, constituindo uma rocha extremamente fina. Os microfenocristais preenchem aproximadamente 80% da lâmina (cristalitos), sendo em sua maioria compostos por microcristais de quartzo anedral, e óxidos/material opaco.

Destaca-se a presença de amígdalas, aproximadamente 20% da lâmina, completamente preenchidas por microcristais de quartzo em forma losangular ou de “olhos”.

Interpretação e Discussão

As rochas vulcânicas intermediárias observadas na área foram interpretadas como dacitos, formados em ambiente subaquoso em locais pontuais durante o processo de sedimentação das fácies mais distais dos turbiditos, apresentam uma alta interação magma-água, formando acamamentos maciços, localmente com laminação, e planares.

Fotomacrografia



Seção para micrografia



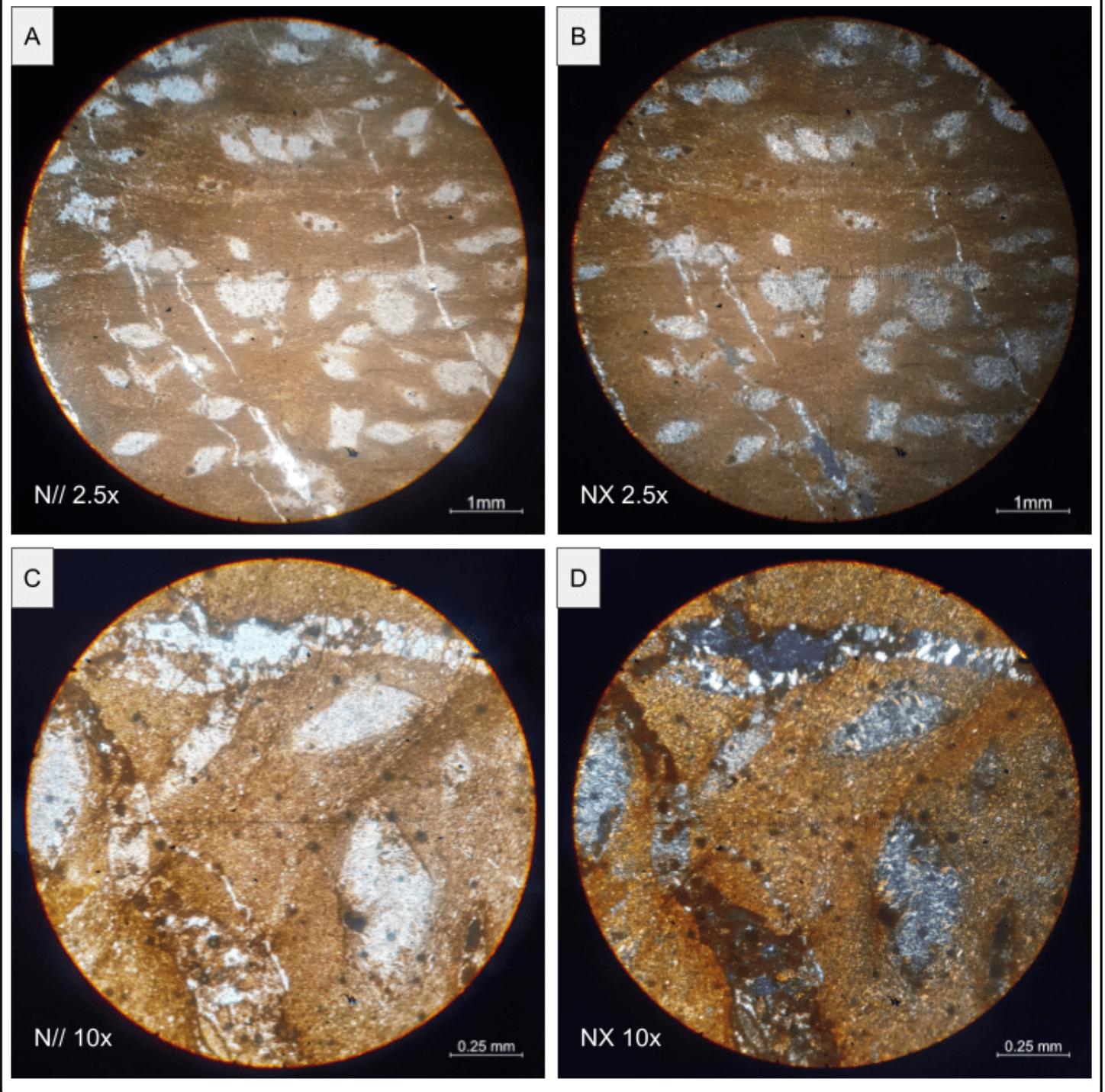
Composição Mineral

Mineral	%
Vidro vulcânico	40
Cristalitos	27
Amígdalas	28
Opacos	5

Classificação

Dacito

Fotomicrografia N// e NX



Amostra
TF20-IV-95

Localização - coordenadas UTM
Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 291872 N 8166520

Unidade Litológica
Membro Ribeirão da Porteira - Formação Quilombo

Descrição Macroscópica
Rocha de coloração cinza-escuro, maciça. Granulometria varia de areia fina a areia média. Composta por grãos de quartzo, feldspato e fragmentos líticos subarredondados e alta-média esfericidade. Predominam grãos de fragmentos líticos (>40%) e quartzo (>40%).

Descrição Microscópica
Rocha de granulometria que varia de areia muito fina a areia média. Composta por grãos de quartzo moderadamente selecionados com tamanho variando entre 0,02 a 0,05 mm, e na maioria com extinção ondulante; feldspatos (tamanho varia de 0,1 a 0,3 mm). Em menor quantidade (<1) foi possível observar micas detríticas, que apresentam pleocroísmo e habito alongado, e titanita, com pleocroísmo marrom claro.

A rocha é clasto suportada, possui aproximadamente 10% de matriz distribuída de forma não uniforme, sendo possível observar porções onde quase não há contato entre os grãos. Em geral, os contatos entre os grãos são planares e côncavo/convexo. Grãos moderadamente selecionados e submaturidade textural e composicional. Possível observar alguns veios de quartzo com espessura média de 0,1mm, com granulação de areia muito fina a areia média.

Composição Mineral

Mineral	%
Fragmentos líticos	45
Quartzo	35
Feldspato	10
Matriz argilosa	10
Titanita	<1
Micas	<1

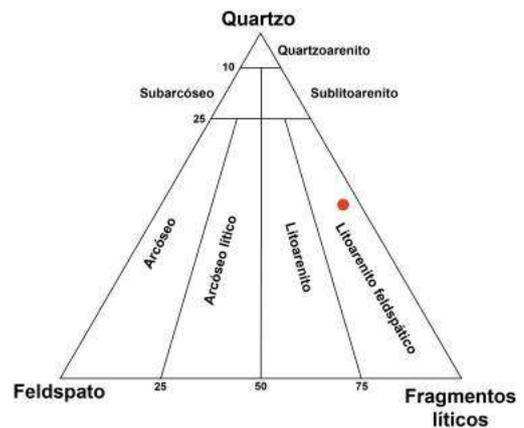
Fotomacrografia



Seção para micrografia



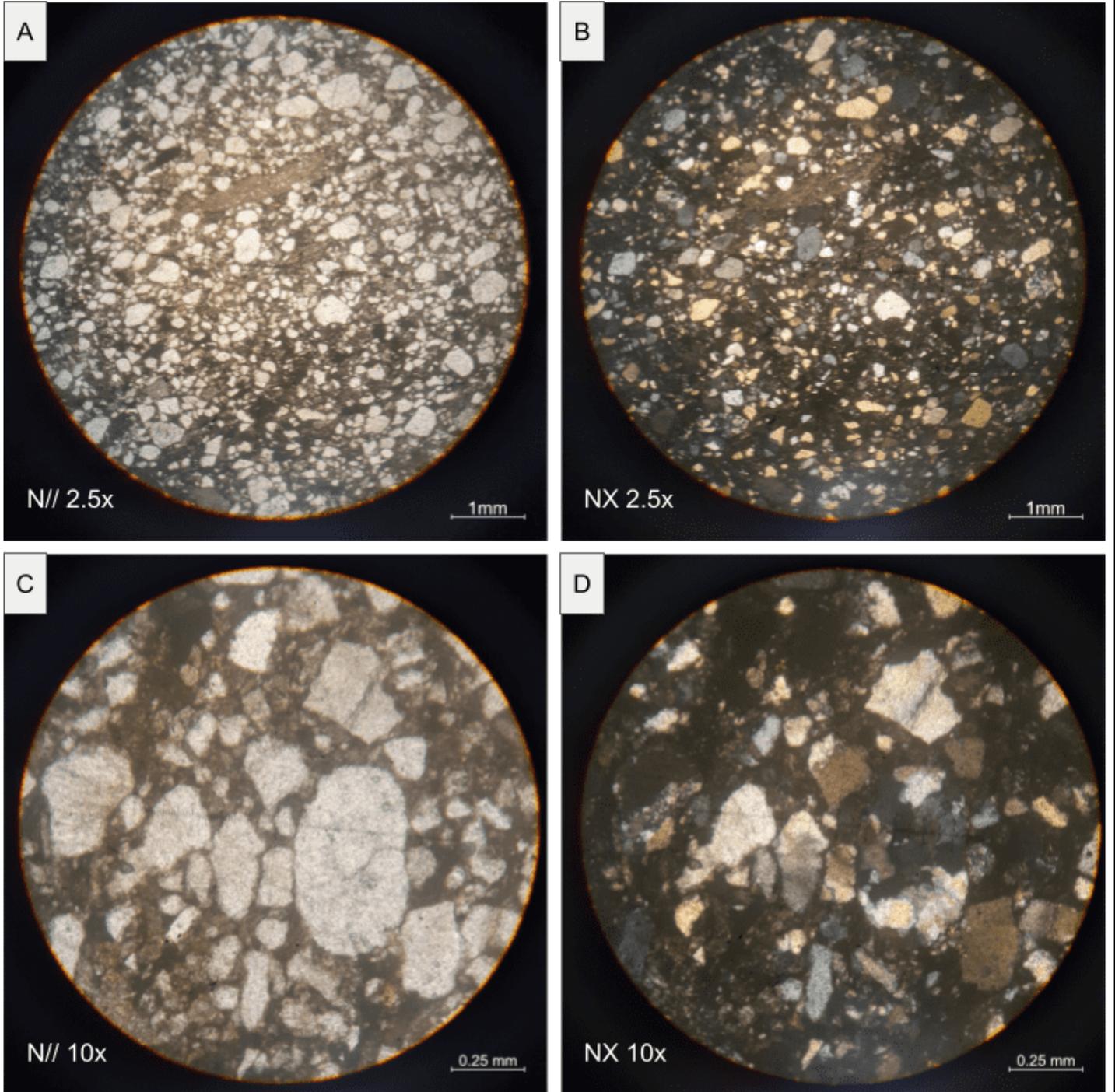
Diagrama composicional



Classificação

Litoarenito feldspático

Fotomicrografia N// e NX



Interpretação e Discussão

Como em termos composicionais, predomina em toda a rocha fragmentos líticos, a imaturidade composicional indica que a área fonte é relativamente próxima ao sítio deposicional ou que a taxa de intemperismo ao longo do transporte dos fragmentos é baixa.

Amostra

TF20-VI-110

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 294313 N 8161865

Unidade Litológica

Membro Ribeirão da Porteira - Formação Quilombo

Descrição Macroscópica

Rocha de coloração preta a cinza escuro quando fresca, marrom esverdeado quando alterado. De estrutura maciça composta por quartzo e fragmentos líticos. Grãos de quartzo com brilho vítreo e tamanho que varia de areia média a fina. Os fragmentos líticos possuem coloração escura e são arredondados com baixa esfericidade, seu tamanho varia de granulo a areia média.

Classificação: Litoarenito

Descrição Microscópica

Rocha formada em sua maioria por grãos de quartzo e fragmentos líticos, possível observar em menor quantidade feldspatos, matriz e cimento silicoso. Os grãos de quartzo são na maior parte monocristalinos, de extinção reta, em alguns grãos ondulante. Possuem tamanho areia média a areia muito fina (1 a 0,08 mm) com tamanho médio de 0,4 mm. Distribuição uniforme pela amostra. Os contatos entre os grãos são predominantemente côncavos convexos e planares. Os fragmentos líticos observados são fragmentos de rochas pelíticas de tamanho areia muito grossa a areia média (2 a 0.3 mm), com frequentes inclusões de grãos de quartzo de tamanho areia fina a silte. São observados contornos cuspídes. Os feldspatos se encontram levemente alterados, tem tamanho areia média a fina (0.3 a 0.1 mm) e tamanho médio de 0.3 mm. São subangulosos com alta esfericidade. Porções opacas que se assemelham a matriz, podendo ser uma pseudomatriz, com poucas ou nenhuma inclusão, está distribuído pela seção de maneira uniforme. Matriz lamosa que também pode estar sendo confundida com pseudomatriz. Observa-se cimento silicoso preenchendo fraturas e cavidades. Fabrica isotrópica.

Composição Mineral

Mineral	%
Quartzo	75
Fragmentos Líticos	15
Feldspato	3
Matriz Lamosa	3
Opacos	2
Cimento silicoso	2

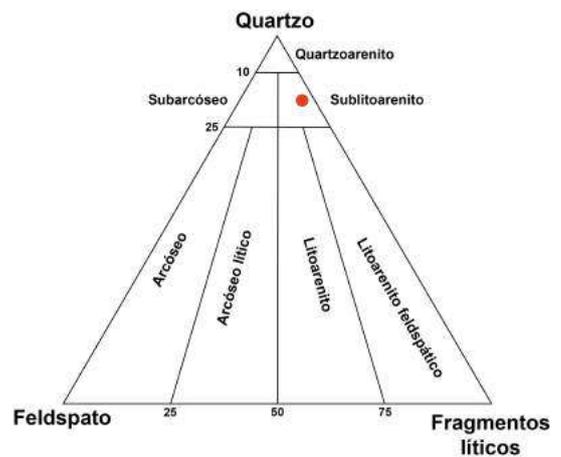
Fotomacrografia



Seção para micrografia



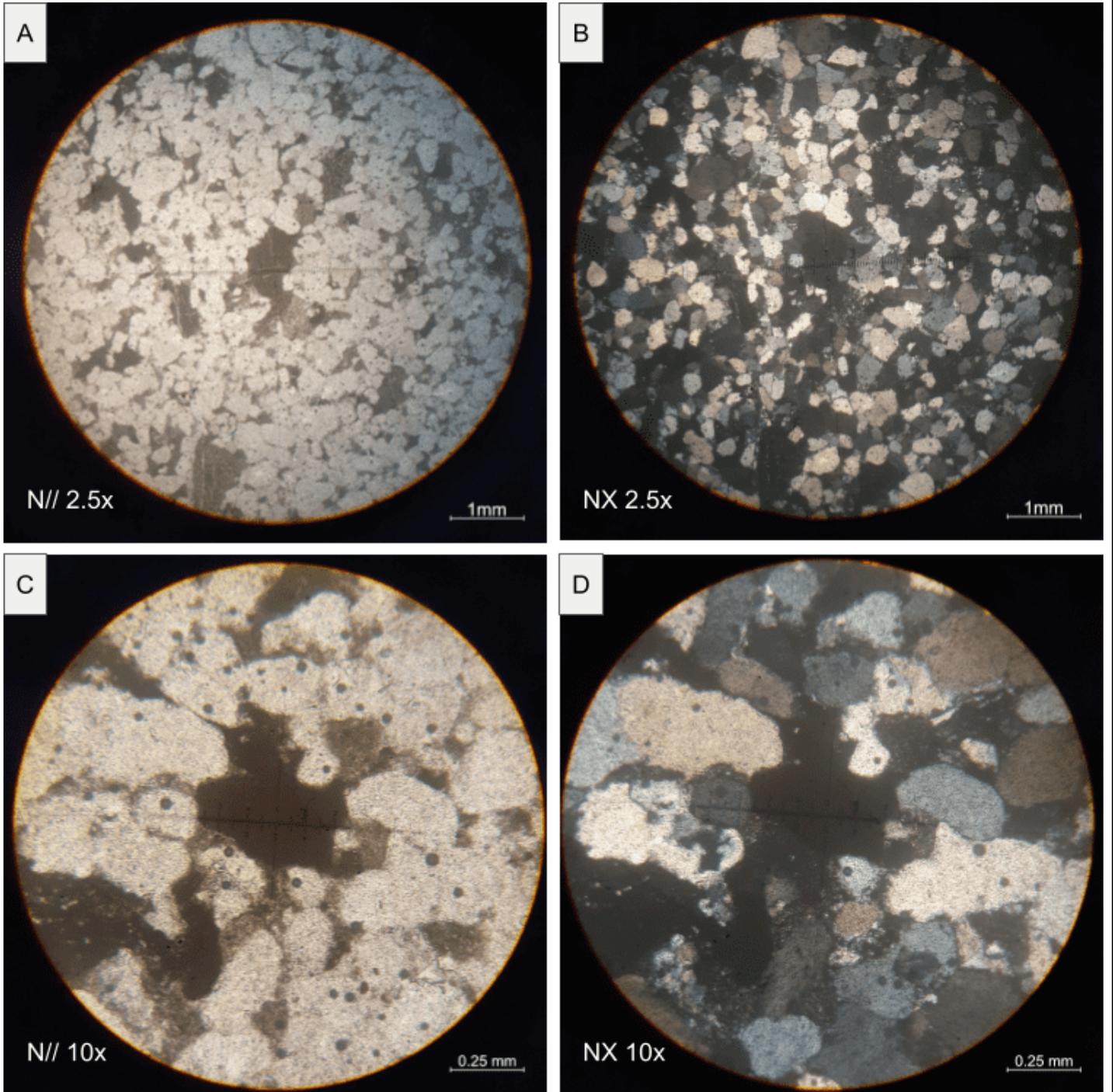
Diagrama composicional



Classificação

Sublitoarenito

Fotomicrografia N// e NX



Interpretação e Discussão

Rocha moderadamente matura quanto a mineralogia e texturalmente matura. Os fragmentos líticos de rochas pelíticas estão deformados pela compactação e formam uma pseudomatriz, sendo confundida com matriz em lâmina. Estariam próximos a área fonte pois os fragmentos estão pouco alterados, o que evidencia menor transporte. Predominam grãos de quartzo monominerálicos plutônicos (comum), a compactação também observada no contato entre os grãos de quartzo.

Amostra

TF20-VIII-44

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 297430 N 8153087

Unidade Litológica

Membro Ribeirão da Porteira - Formação Quilombo

Descrição Macroscópica

Rocha de coloração preta a cinza escuro, nas porções alteradas possui tonalidades amareladas. Apresenta textura maciça com presença de clastos orientados. Clastos de tamanho médio grânulo (75%), com algumas clastos de tamanho areia grossa a seixo. Sub arredondados com baixa esfericidade, sendo na maior parte alongados. Observa-se 3 tipos de grânulos: pretos (fragmentos líticos de rocha pelítica), cinza (fragmentos de rocha mais silteosa) e esbranquiçados (mais quartzo, fragmento de rocha psamítica). Possui estrutura clasto suportada, com clastos imbricados (orientados).

Classificação - Conglomerado oligomítico clasto-suportado

Descrição Microscópica

Rocha formada por minerais e fragmentos líticos de rochas pelíticas e rochas psamíticas, na maioria sub arredondados e alongados, que variam de tamanho areia grossa a seixo (0,4 mm a 5,8 mm) e tem contatos planares. Os fragmentos alongados estão orientados. Observa-se fragmentos líticos escuros opacos, com inclusões detríticas (quartzo) alongadas e subarredondadas, tamanho variando entre 0,4mm e 1cm. Provavelmente formado por argila e/ou óxidos/sulfetos. São observados grãos de quartzo monocristalino de tamanho areia média a areia grossa (0,2 a 1,2 mm), subarredondados a arredondados com baixa esfericidade. Observa-se um mineral com habito lamelar e pleocroísmo marrom a incolor, tanto em lamelas isoladas como em agregados alongados e orientados com inclusões de opacos e quartzo.

Composição Mineral

Mineral	%
Fragmentos Líticos	64
Quartzo	28
Micas	5
Matriz argilosa	3

Classificação

Ortoconglomerado polimítico

Fotomacrografia



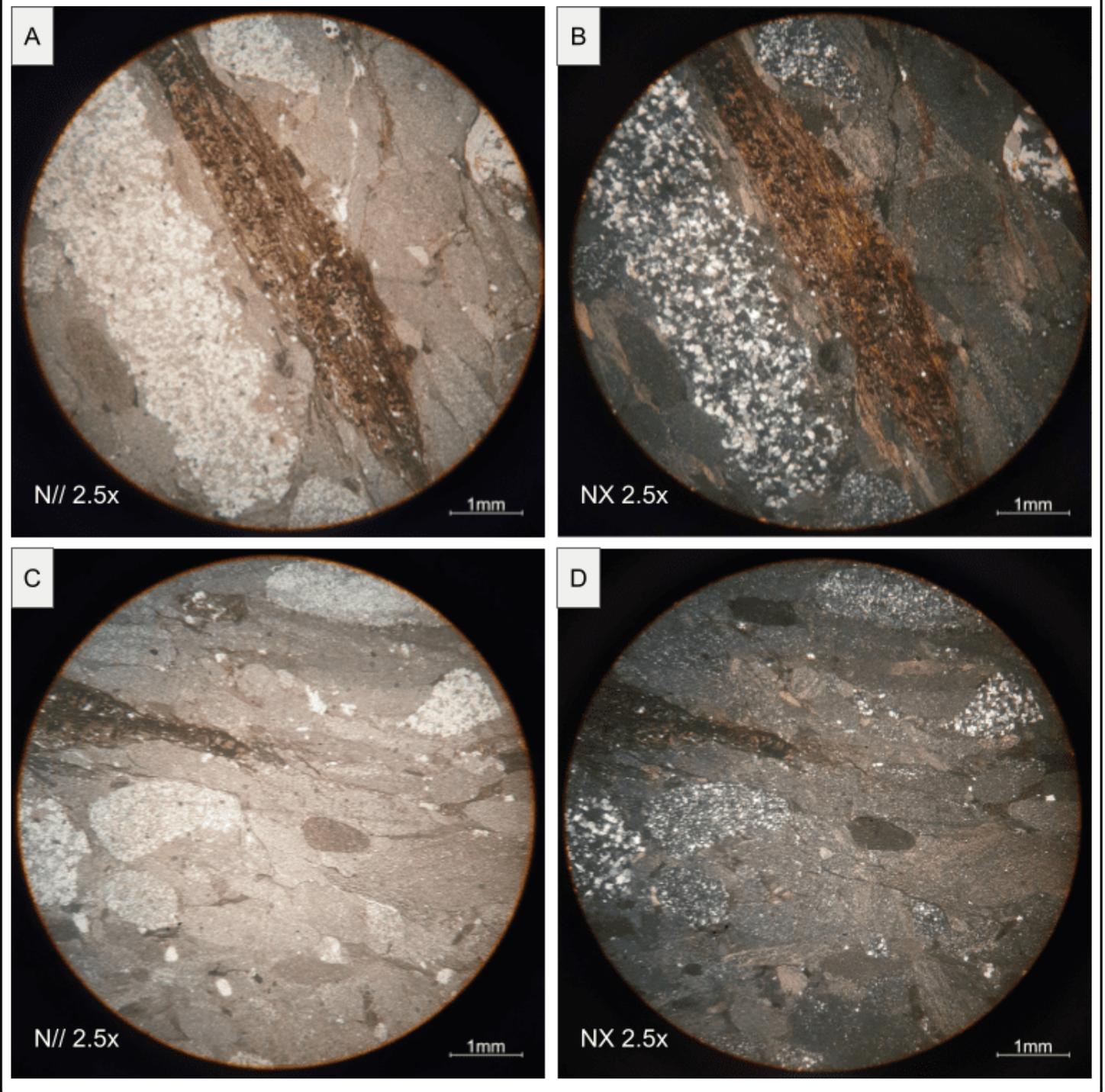
Seção para micrografia



Interpretação e Discussão

Rocha mal selecionada e submatura texturalmente, possui compactação moderada, caracterizada por contatos planares e pouca porosidade, sendo os espaços preenchidos por matriz argilosa. A presença de fragmentos líticos pouco alterados sugere proximidade com a área fonte. Sua composição e maturidade textural sugere ambientes de maior energia como ambientes turbidíticos.

Fotomicrografia N// e NX



Amostra

TF20-IX-42

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 297467 N 8153089

Unidade Litológica

Membro Ribeirão da Porteira - Formação Quilombo

Descrição Macroscópica

Rocha de coloração cinza escuro extremamente fina de composição modal de difícil definição apenas com lupa. Com uma grande quantidade de matriz, foi descrita inicialmente em campo como sendo uma grauvaca.

Descrição Microscópica

Rocha fina bem selecionada de arcaço composto por essencialmente quartzo, feldspato e raros opacos e fragmentos líticos de fração granulométrica entre areia fina e silte, variando entre 0,06 a 0,02 cm. A composição modal é difícil de estimar devido a identificação dos feldspatos ser possível apenas por sinal óptico. Destaca-se a presença de um foliação pervasiva que atravessa toda a lâmina, responsável pela formação de um leve alinhamento mineral dos grãos de quartzo e feldspatos, que possuem baixa esfericidade, mas são bastante arredondados. A matriz compõe uma parte majoritária da rocha, ocupando os interstícios entre os grãos (25% a 35% do volume total), sendo a foliação bastante marcante a partir dela. O contato entre grãos é comumente pontual.

Composição Mineral

Mineral	%
Matriz	35
Quartzo	32
Feldspato	22
Fragmentos líticos	8
Opacos	3

Classificação

Grauvaca feldspática

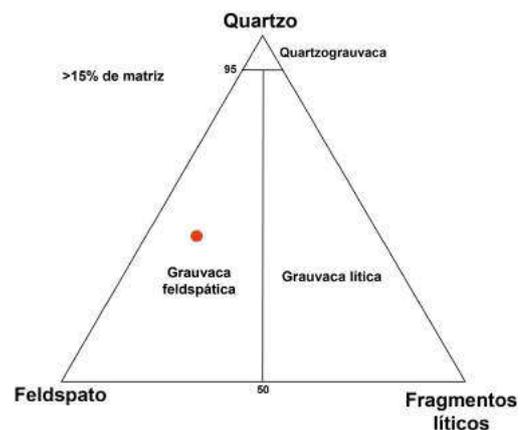
Fotomacrografia



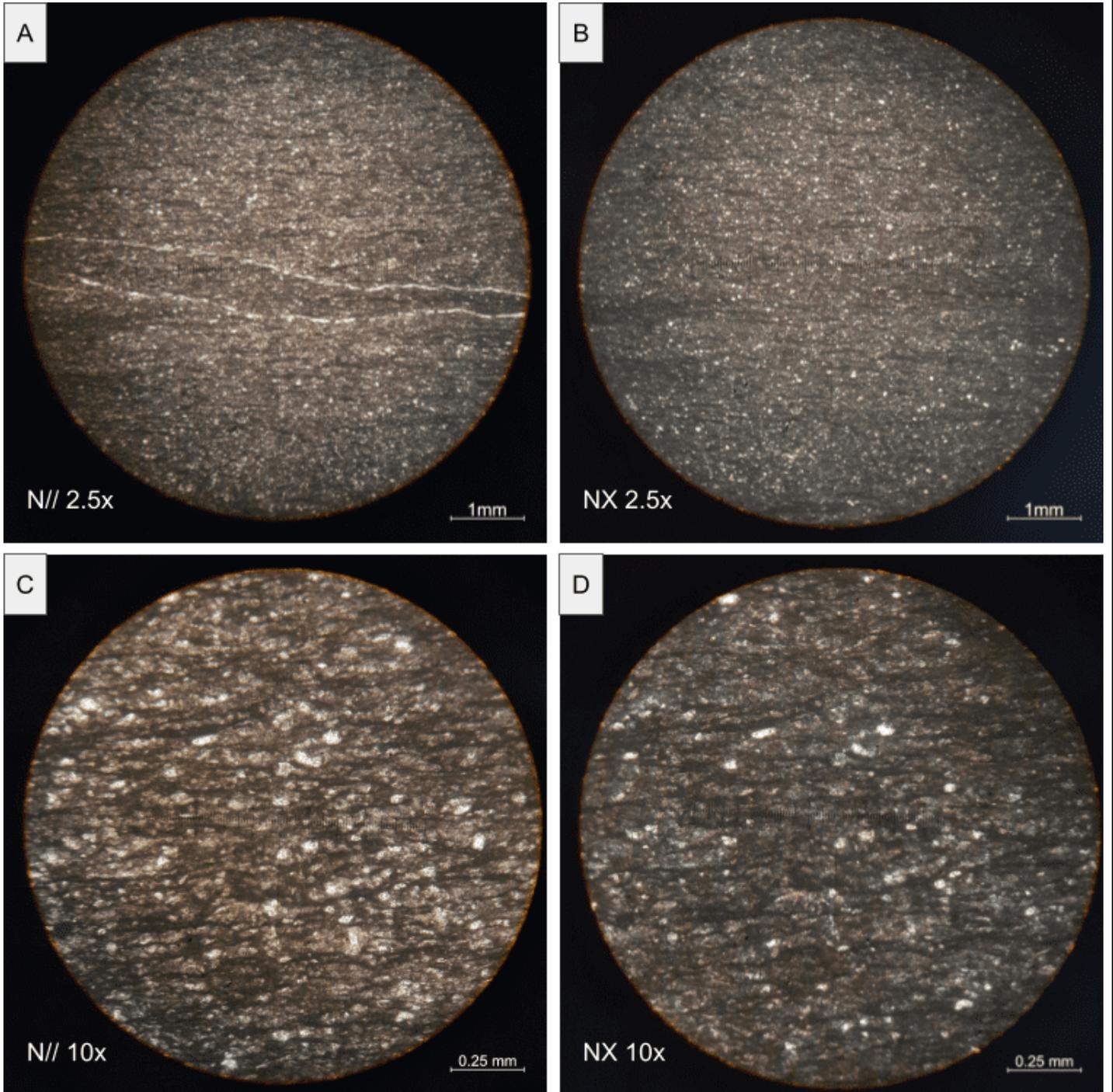
Seção para micrografia



Diagrama composicional



Fotomicrografia N// e NX



Interpretação e Discussão

Trata-se de um grauvaça feldspática texturalmente imatura devido a grande quantidade de matriz, consideradas intermediárias em consequência a baixa esfericidade dos clastos e presença de feldspato na mineralogia respectivamente. A foliação pervasiva é uma consequência do esforço ao qual as rochas do grupo Paranoá foram submetidas, onde cada litotipo respondeu de forma diferente a esse esforço de acordo com sua reologia específica.

Amostra

TF20-IX-99

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 296175 N 8150770

Unidade Litológica

Membro Ribeirão da Porteira - Formação Quilombo

Descrição Macroscópica

Rocha de coloração cinza escura e marrom quando alterada, formada por clastos orientados. Granulometria varia de areia grossa a seixo, com predomínio de areia grossa (14 a 1,8 mm). Composta por grânulos de quartzo e fragmentos líticos. OS fragmentos são subarredondados a angulosos de esfericidade baixa, sendo a maior parte de ardósia e em menor quantidade arenito. Grãos mal selecionados. Conglomerado clasto suportado com matriz silte-argilosa.

Descrição Microscópica

Rocha de granulometria que varia de areia grossa a seixo, predominando areia grossa. Composta por fragmentos de rochas pelíticas e de arenitos, se apresentam de forma alongada e arredondados a subarredondados, com tamanhos que variam de 1,2 a 8 mm. Possível notar orientação preferencial nos clastos mais alongados. Nota-se que há inclusões detríticas de um mineral muito fino ou opaco; grãos de quartzo policristalinos e monocristalinos com tamanho variável entre 0,6 a 1mm, arredondados e com baixa esfericidade, alguns possuem extinção ondulante; micas, apresenta pleocroísmo que se assemelha a biotita, por vezes com habito lamelar e as vezes em agregados (tamanho varia de 0,7 a 0,9mm). Em alguns fragmentos pelíticos é possível observar uma estrutura laminada.

O contato entre os grãos é planar e côncavo/convexo. Grãos muito mal selecionados e submaturidade textural e composicional. Clasto suportado com imbricamento.

Composição Mineral

Mineral	%
Fragmentos líticos	80
Quartzo	10
Micas	5
Matriz silte-argilosa	5

Classificação

Ortoconglomerado polimítico

Fotomacrografia



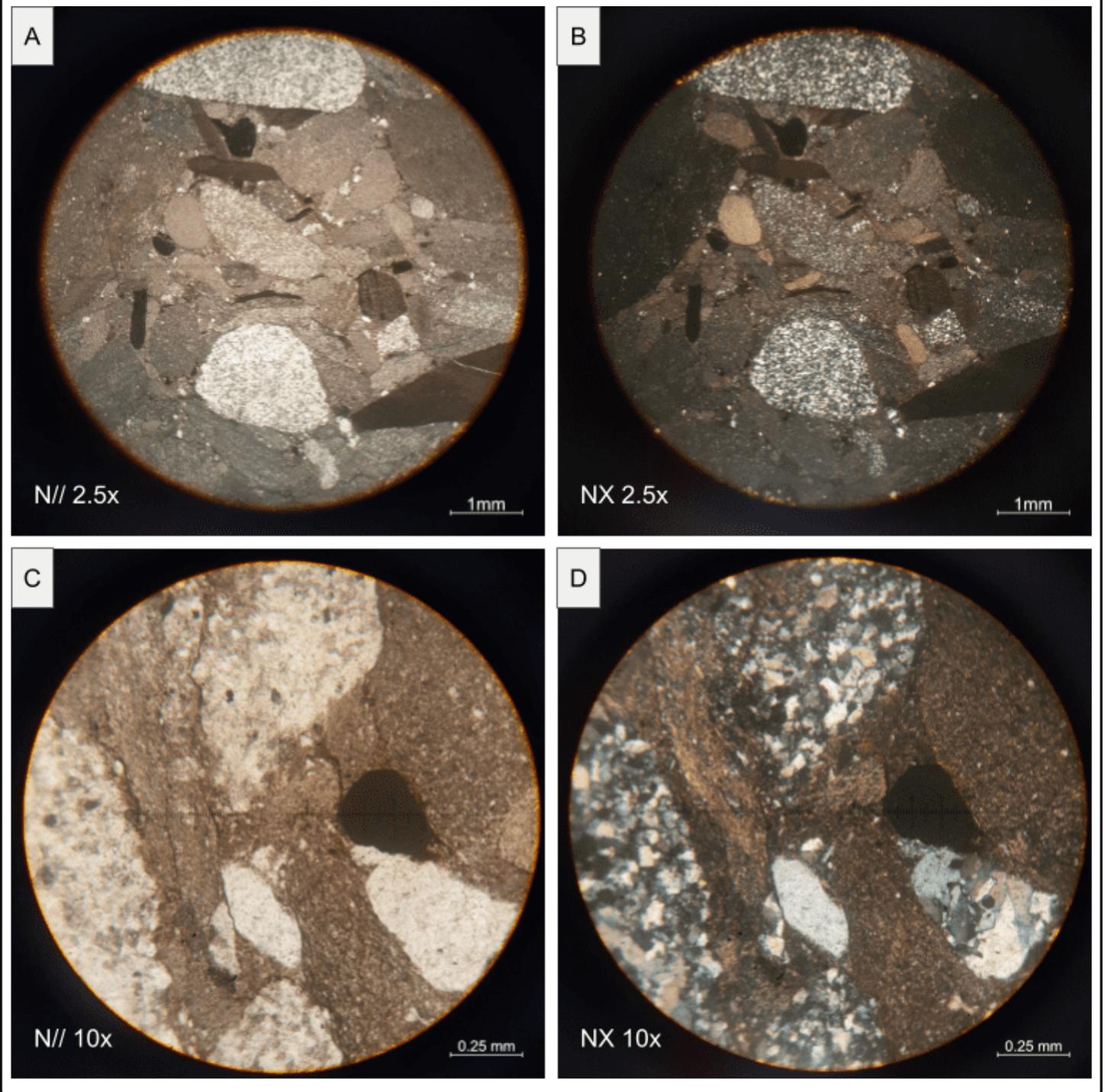
Seção para micrografia



Interpretação e Discussão

Em termos composicionais e texturais, devido sua imaturidade composicional e textural, essas rochas podem ter origem de deposição de alta energia com congelamento de fluxo massivo. Os contatos côncavo-convexos e suturado aliados a presença de grãos deformados, e por vezes fraturados, sugerem uma compactação intensa. A presença de fragmentos líticos, a pobre seleção dos clastos e a prevalência de grãos subarredondados sugere proximidade da área fonte.

Fotomicrografia N// e NX



Amostra
TF20-X-04

Localização - coordenadas UTM
Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 290457 N 8149185

Unidade Litológica
Formação Serra do Landim - Grupo Canastra

Descrição Macroscópica
Rocha densa de coloração cinza escuro a tons esbranquiçados quando fresca, sem qualquer indício de uma orientação mineral ou foliação. A textura da rocha parece ser diablastica com cristais de tamanho parecido bastante fino, de composição essencialmente carbonática, sem outros minerais perceptíveis, além dos raros intraclastos de quartzo.

Descrição Microscópica
Rocha de textura diablastica com cristais finos equigranulares de tamanho de aproximadamente 0,1 cm, porém em certos pontos da lâmina com cristais maiores de 0,3 cm. Com alta cor de interferência a nicóis cruzados, duas direções de clivagem perfeitas, e a presença de maclas típicas a composição que compõem de forma majoritária a lâmina é a do carbonato ($\approx 98\%$), com raros cristais de quartzo de forte extinção ondulante ($\approx 2\%$). Algumas feições assemelham-se a porções submetidas a recristalização, porém o tamanho reduzido dificulta essa inferência.

Composição Mineral

Mineral	%
Carbonato	98
Quartzo	<2

Classificação
Mármore

Fotomacrografia



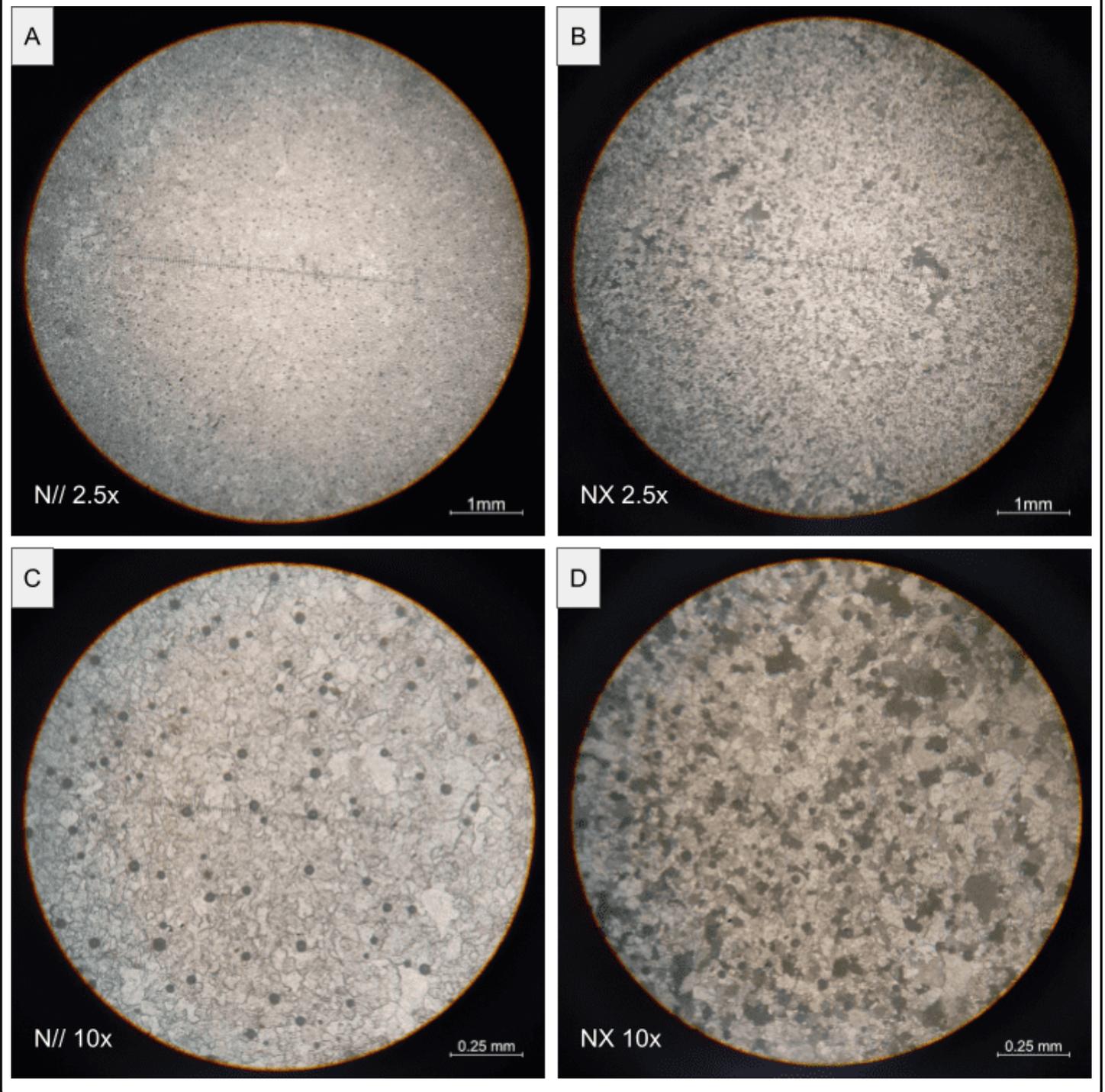
Seção para micrografia



Interpretação e Discussão

A rocha de baixo grau metamórfico é interpretada como um mármore puro, formada em ambiente carbonático de plataforma com presença de extraclastos silicosos, que posteriormente foi submetida a esforços até a recristalização a uma paragênese mais estável ao esforço na fácies xisto verde.

Fotomicrografia N// e NX



Amostra

TF20-XI-125

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 296055 N 8145404

Unidade Litológica

Formação Córrego do Barreiro - Grupo Paranoá

Descrição Macroscópica

Rocha de coloração acinzentada, nas porções alteradas possui tonalidades amareladas. Apresenta textura maciça e zonas com clastos de quartzo de tamanho granulo a areia muito grossa, sub-arredondados a sub-angulosos com esfericidade variável. Dolomitizada, reage levemente ao HCL.

Classificação: Dololutito com extraclastos.

Descrição Microscópica

Rocha formada por micrita e extraclastos de quartzo e feldspato. Ao longo da seção é possível observar uma intercalação entre porções com diferentes composições e granulacão.

A maior parte é formada micrita pouco recristalizada com raros extraclastos(0,1 a 0,8mm) intercalada a lentes com maior conteúdo de extraclastos. São observadas duas distribuições nos extraclastos, uma com clastos de tamanho areia muito grossa a granulo e outra com tamanho areia muito fina a areia grossa.

Na fração de maior granulacão observa-se clastos de quartzo, que apresentam tamanho médio de 2,4mm (1 a 3,6 mm), arredondados e com baixa esfericidade, e alguns clastos de feldspato, tanto plagioclásio quanto microclínio foram observados, com tamanhos entre de 0,2 e 0,8 mm. Na menor foram observados extraclastos de quartzo menores(0,1 a 1,2mm) e subarredondados. Os grãos de quartzo observados são tanto monocristalinos(70%) quanto policristalinos, alguns apresentam extinção ondulante.

Composição Mineral

Componentes Ortoquímicos (matriz / cimento)	%
Micrita	72
Componentes Aloquímicos (arcabouço)	%
Quartzo	25
Feldspato	3

Fotomacrografia



Seção para micrografia

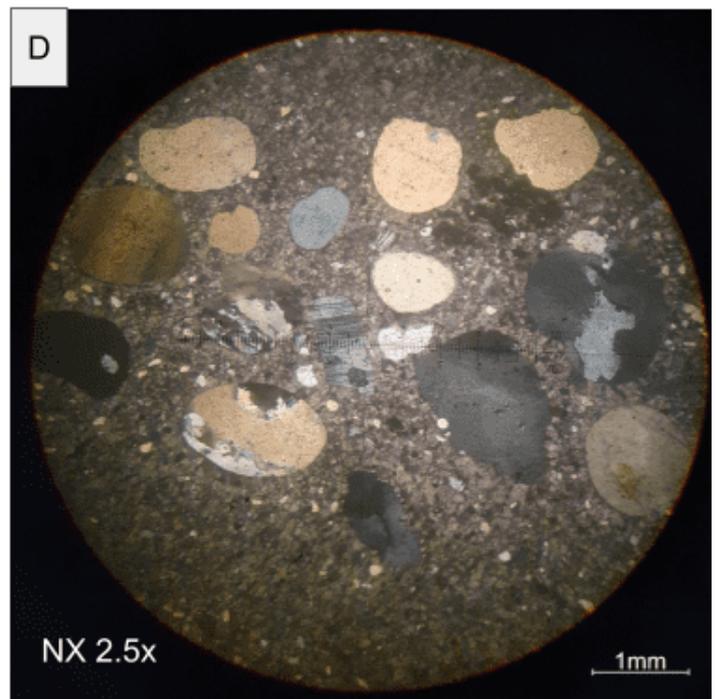
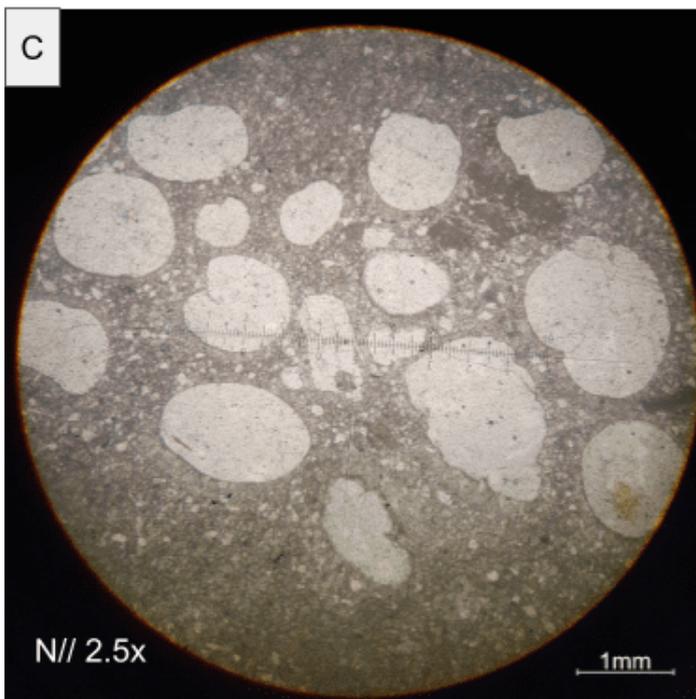
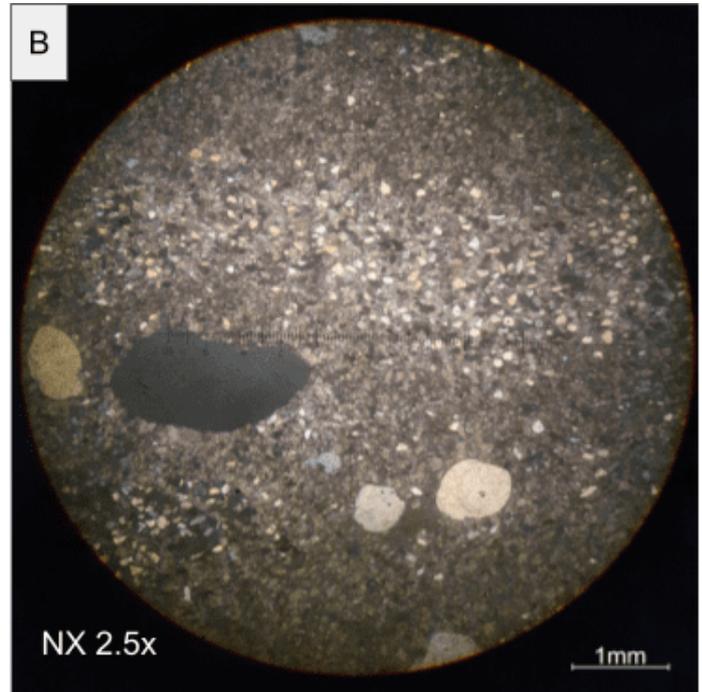
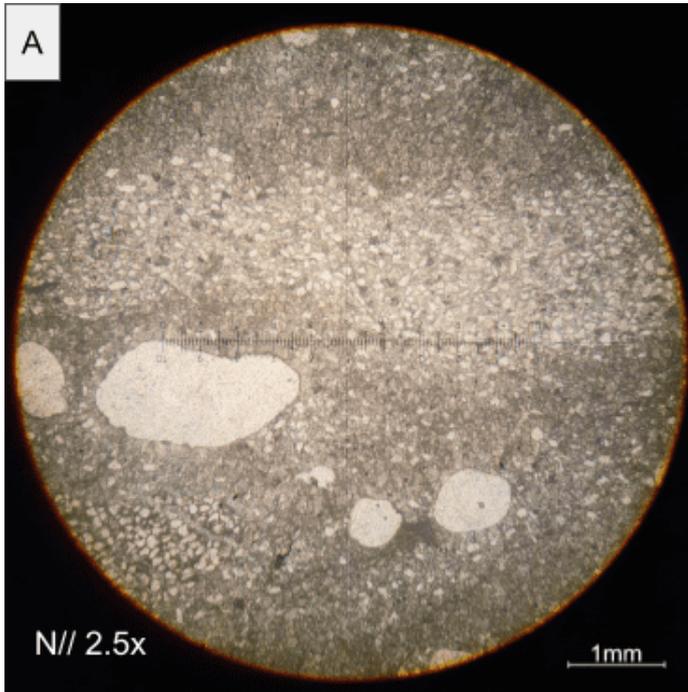


Classificação

Wackestone com extraclastos de quartzo e feldspato (Dunham)

Dolomicrito com extraclastos de quartzo e feldspatos (Folk)

Fotomicrografia N// e NX



Interpretação e Discussão

Possível observar pulsos de sedimento terrígeno com energia variável, formando uma intercalação entre porções carbonáticas e porções siliciclásticas, que variam entre clastos de tamanho areia muito grossa a granulo e outra com tamanho areia muito fina a areia grossa. A micrita se encontra recristalizada provavelmente devido ao processo de diagênese.

Amostra

TF20-XII-54

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 292997 N 8142507

Unidade Litológica

Formação Córrego do Barreiro - Grupo Paranoá

Descrição Macroscópica

Rocha de coloração cinza-escuro, maciça. Granulometria varia de areia grossa a areia muito grossa. Composta por grãos recristalizados de quartzo, feldspato, fragmentos de rocha, também ocorrem sulfetos como pirita euédricas. Predomina grãos de quartzo (>60%), feldspato (>10%). Grãos moderadamente selecionados. Apresenta uma textura sacaroidal.

Descrição Microscópica

Rocha de granulometria que varia de areia fina a areia muito grossa. Composta por grãos de quartzo recristalizados (tamanho varia de 0,3 a 2,0 mm); plagioclásio e microclínio (tamanho varia de 0,4 a 1,6 mm); minerais opacos euédricos (pirita) (tamanho varia de 0,05 a 0,6mm) O contato entre os grãos são suturados e côncavo/convexo, contatos planares são restritos. Grãos bem selecionados e maturidade textural e composicional.

Composição Mineral

Mineral	%
Quartzo	94
Feldspato	5
Opacos	1

Classificação

Quartzo-arenito

Interpretação e Discussão

Em termos composicionais, com o predomínio de quartzo, a alta maturidade composicional e textural sugere intenso retrabalhamento. A presença de microclínio e quartzo com baixa extinção ondulante sugere uma área fonte ígnea.

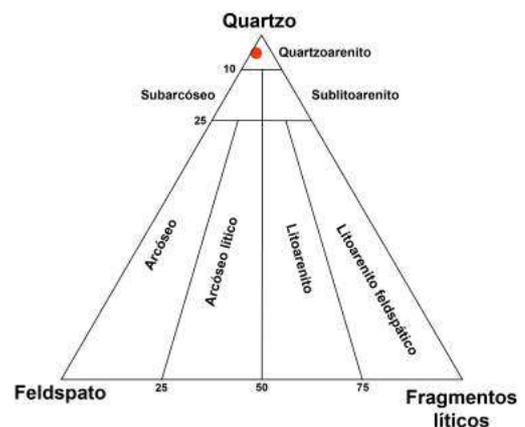
Fotomacrografia



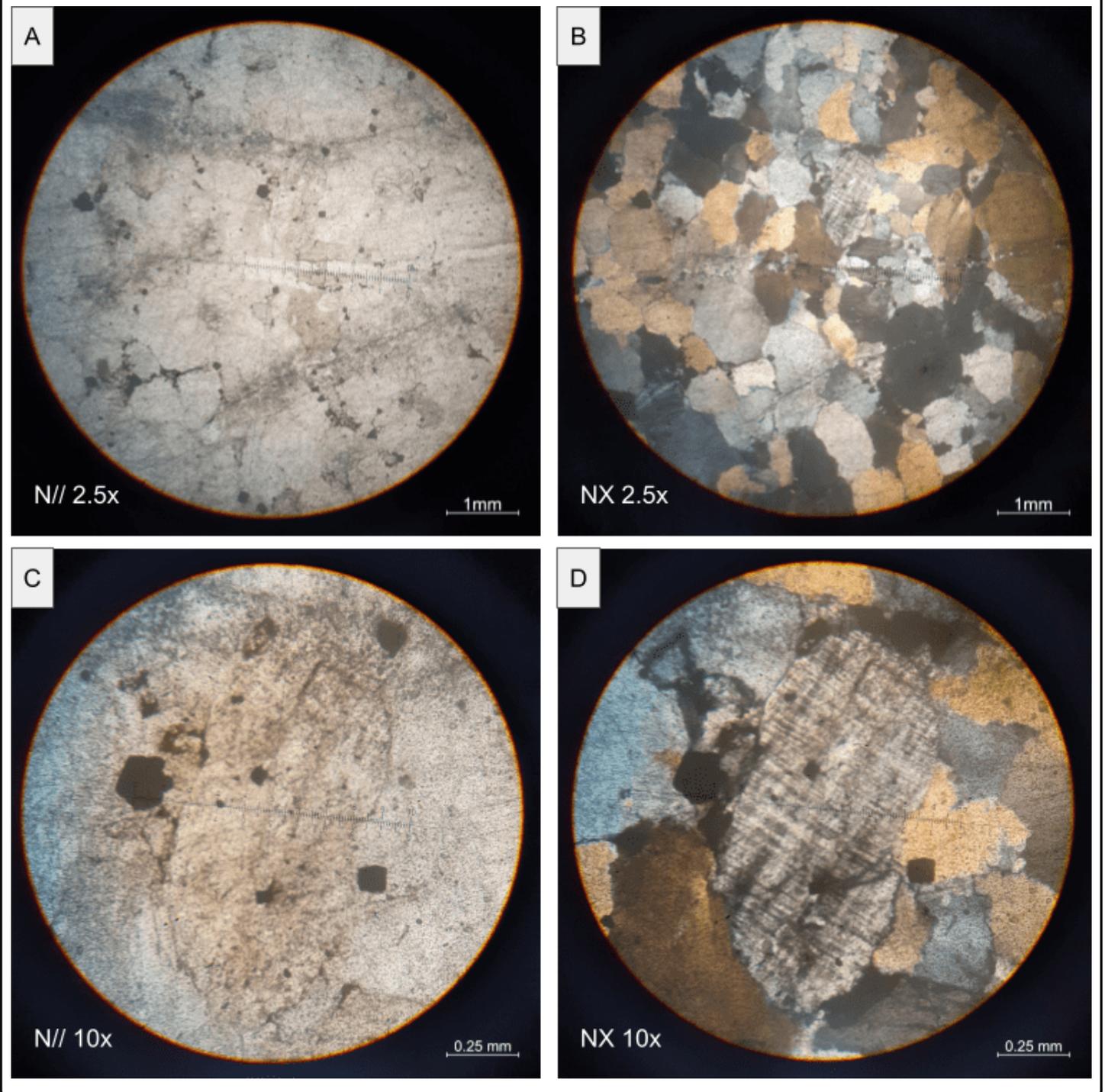
Seção para micrografia



Diagrama composicional



Fotomicrografia N// e NX



Amostra

TF20-XIII-32A

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 299113 N 8138547

Unidade Litológica

Formação Córrego do Barreiro - Grupo Paranoá

Descrição Macroscópica

Rocha de coloração acinzentada levemente esbranquiçada quando fresca, variante a tons de cinza escuro quando alterada, com espaços preenchidos por material cristalino (40%) de tamanho milimétrico a centimétrico (0,3 a 1,8 cm) alongados e angulosos distribuídos em uma direção preferencial, porém ainda de forma bastante caótica. O material entre os clastos parece ser um cimento bastante fino (60%).

Descrição Microscópica

Rocha de textura cristalina com arcabouço marcado por uma porosidade secundária bastante sinuosa, composta por vugs milimétricos a centimétricos (0,3 a 1,8 cm), preenchidos por um cimento espático fibroradial também carbonático, com crescimento dos cristais longos em direção ao centro do espaço, que é comumente preenchido por um outro cimento de esparita placosa. Alguns desses vugs encontram-se ainda parcialmente vazios, com parte dessa porosidade secundária preservada. Por vezes, ao longo da borda de alguns desses vugs recristalizados observa-se micrita de infiltração (5%).

Composição Mineral

	%
Dolomita	55
Esparita	45
Matriz residual	5

Classificação

Grainstone intraclástico (Dunham)

Intradoloesparito (Folk)

Fotomicrografia



Seção para micrografia

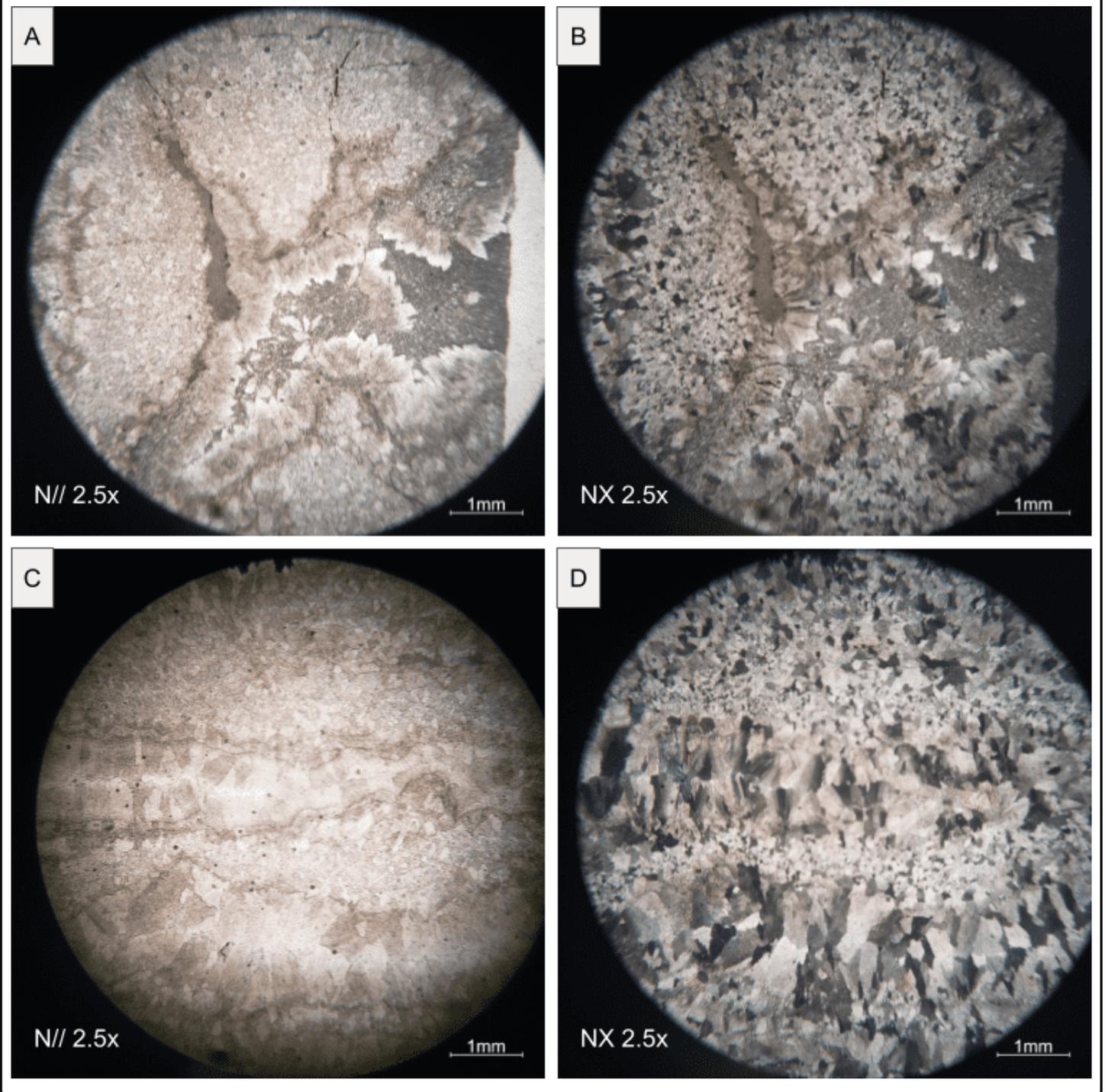


Interpretação e Discussão

Durante a diagênese precoce da rocha houve retrabalhamento do material e formação dos vugs, que pode estar associada a dissolução não seletiva do material carbonático e brechamento logo após a deposição do material por ressecamento ou deslizamento. Posteriormente, durante a eodiagênese, houve a cristalização do cimento espático fibroradial preenchendo essa porosidade secundária a partir de inraclastos micríticos.

Houve um evento de recristalização evidenciado pela presença de esparita. Dolomitização é comum nas rochas proterozoicas e podem ter origem diagenética ou primária.

Fotomicrografia N// e NX



Amostra

TF20-XIII-32B

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 299036 N 8138608

Unidade Litológica

Formação Córrego do Barreiro - Grupo Paranoá

Descrição Macroscópica

Rocha de coloração cinza a cinza escuro com intraclastos de tamanho milimétricos (0,1 a 0,3 cm) de baixa esfericidade e arredondados, o espaço entre os intraclastos parece ser preenchido por cimento espático, por ter um aspecto cristalino.

Descrição Microscópica

Trata-se de uma rocha composta por intraclastos variados com tamanhos entre 0,3 a 0,08 cm e alguns poucos extraclastos, envoltos por cimento espático (35%), sem contato entre si. Os intraclastos presentes são de micrita, por vezes, cobertos por uma película descontínua de micrita, provavelmente bioinduzida (25%); pedaços de esteiras algais (5%) e oncólitos (15%), sendo também comuns intraclastos compósitos (ou agregados) (5%); e raros extraclastos siliciclásticos (<5%) com grãos esféricos e arredondados de quartzo (0,07 cm) de extinção ondulante.

Composição Mineral

	%
Intraclastos de micrita	25
Esteiras algais	5
Oncólitos	15
Intraclastos agregados	15
Cimento espático	35

Classificação

Grainstone oncolítico com extraclastos e intraclastos (Dunham)

intradoloparito com oncólitos e extraclastos (Folk)

Fotomacrografia



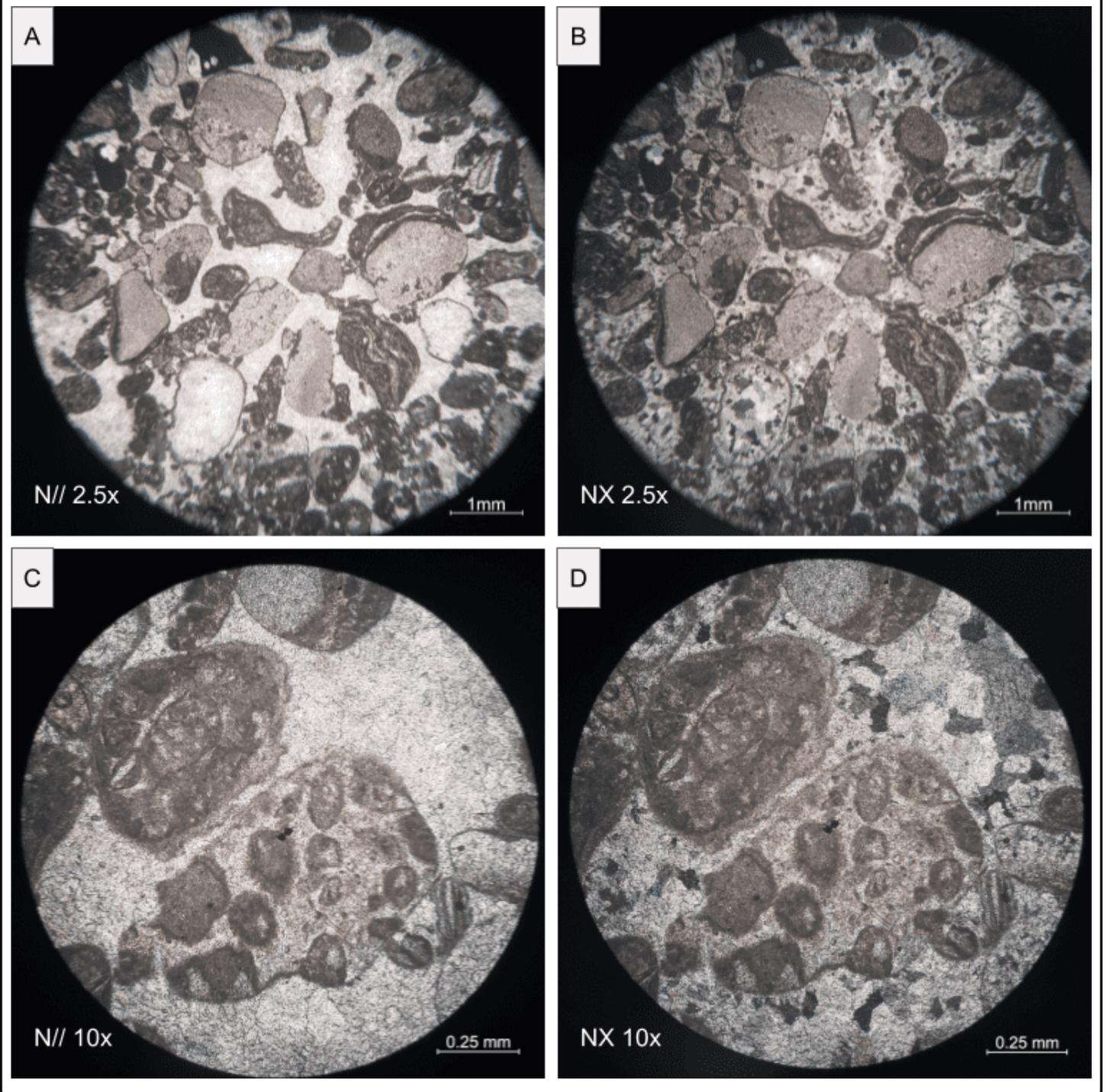
Seção para micrografia



Interpretação e Discussão

Trata-se de um intradoloesparenito com oncólitos formado provavelmente em um ambiente de intra-maré ou infra-maré, responsável pela remobilização/retrabalhamento dos intraclastos que compõem a rocha, suportados em um cimento espático formado por um agregado de minerais de carbonato, principalmente aragonita ou dolomita, que precipitaram entre os clastos da rocha. O cimento espático teria sido formado durante a diagênese precoce.

Fotomicrografia N// e NX



Amostra

TF20-XIII-32C

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 294254 N 8136340

Unidade Litológica

Formação Córrego do Barreiro - Grupo Paranoá

Descrição Macroscópica

Rocha de cor cinza esbranquiçada, nas porções alteradas adquire tonalidade amarronzada. Rocha bioconstruída formada por esteiras microbianas com presença de material interlayer tamanho areia fina e com alguns extraclastos de quartzo. Reage levemente ao HCL, dessa forma se encontra dolomitizada.

Classificação: Estromatólito

Descrição Microscópica

A trama é definida por uma intercalação de níveis descontínuos mais escuros e mais claro. Rocha bioconstruída formada por esteiras algais constituídas por micrita. Possível observar cristais de dolomita de 0,08 a 0,5 mm entre as esteiras, preenchendo as cavidades. Possui cavidades preenchidas ou não(5%), quando preenchidas observa-se cimento espático e quartzo. Observa-se extraclastos de quartzo que variam de tamanho areia muito fina a areia média (0,1-0,5 mm), distribuição uniforme.

Composição Mineral

Componentes Ortoquímicos (matriz / cimento)	%
Micrita	65
Esparita	32
<hr/>	
Componentes Aloquímicos (arcabouço)	%
Extraclastos (Quartzo)	3

Classificação

Boundstone (Dunham)

Biolitito (Folk)

Fotomacrografia



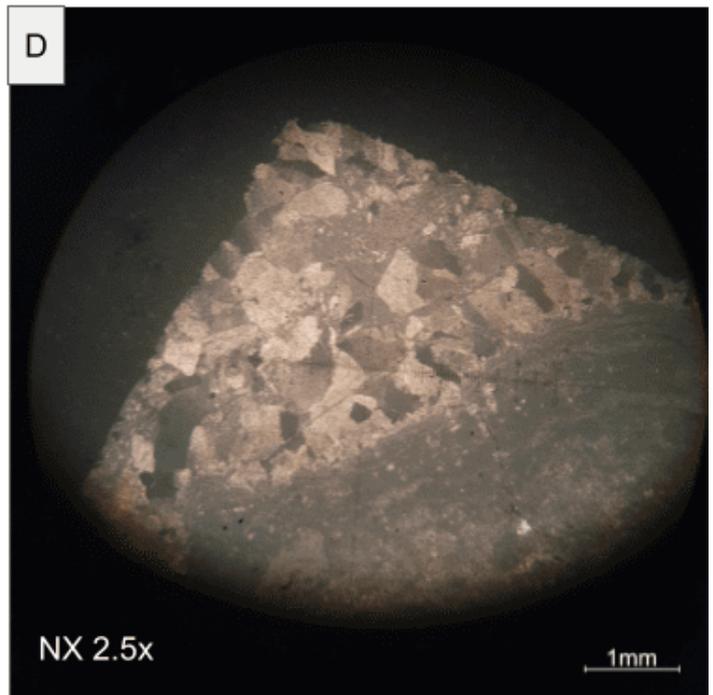
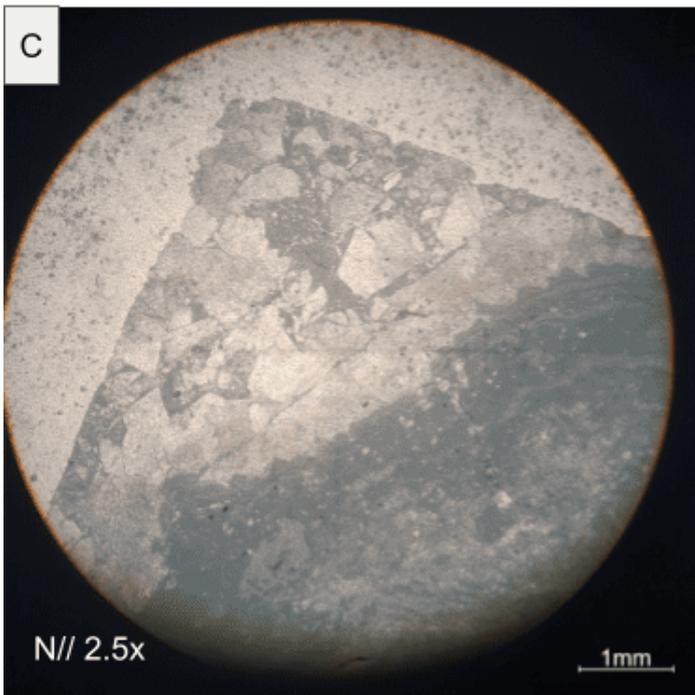
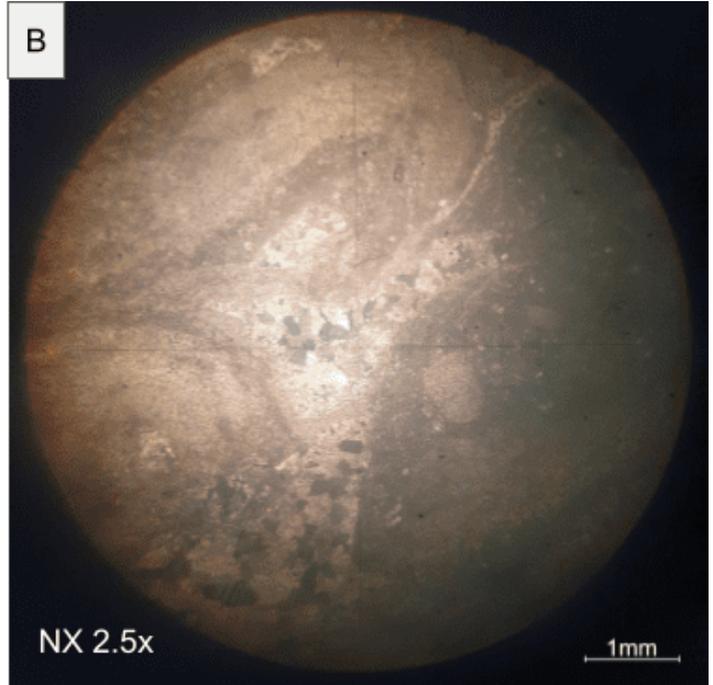
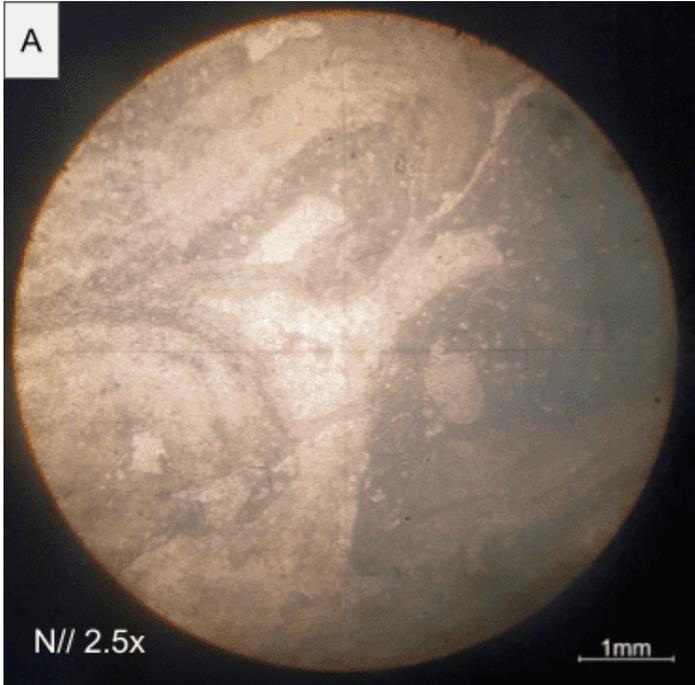
Seção para micrografia



Interpretação e Discussão

A diagênese é marcada pelo crescimento de cimento espático entre as esteiras bioconstruídas, bem marcadas pela intercalação de níveis claros e escuros descontínuos. Posteriormente há preenchimento das cavidades por cimento. A respeito da importância econômica pode ser utilizada na rochagem para aplicação em biomineralização.

Fotomicrografia N// e NX



Amostra

TF20-XIII-33

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 291812 N 8138942

Unidade Litológica

Formação Serra do Landim - Grupo Canastra

Descrição Macroscópica

Amostra de coloração cinza a esverdeada, adquire tons amarelados e avermelhados quando alterada. Possui granulagem muito fina, onde os minerais estão orientados formando uma foliação milimetricamente espaçada. Localmente é possível observar crenulação. O tamanho reduzido dificulta a identificação dos minerais, sendo possível identificar apenas a presença de uma mica branca fina, classificada como fengita.

Descrição Microscópica

Rocha de textura lepidoblástica, formada pela orientação de micas brancas finas, classificadas como fengita (<0,01 mm), e clorita (<0,02 mm), dispostas de forma paralela. Possível observar também opacos avermelhados com tamanho entre 0,1 a 0,6 mm. Possível observar cristais de plagioclásio com tamanho entre 0,02 a 0,06 mm em meio a matriz filossilicática.

Composição Mineral

Mineral	%
Fengita	55
Clorita	32
Opacos	6
Quartzo	4
Plagioclásio (Albita)	3

Fotomacrografia



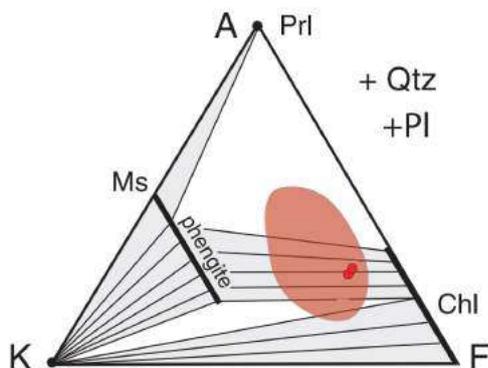
Seção para micrografia



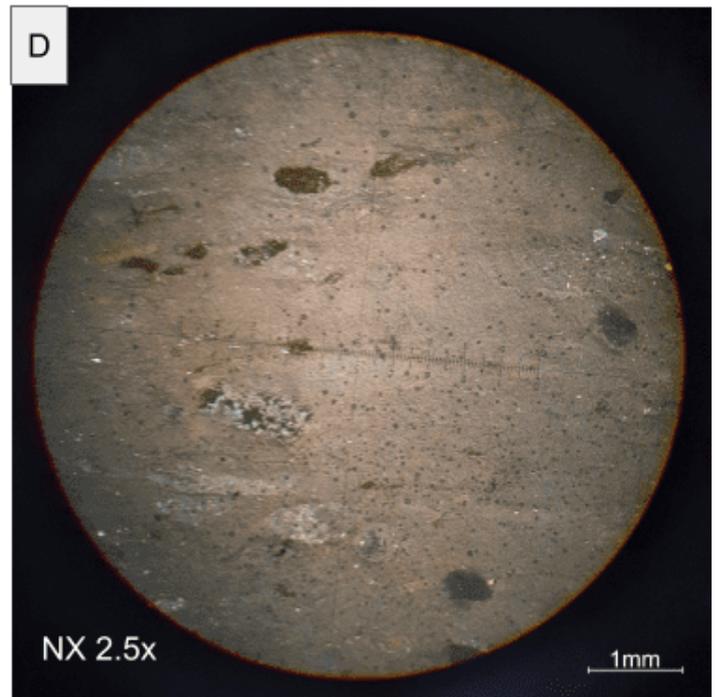
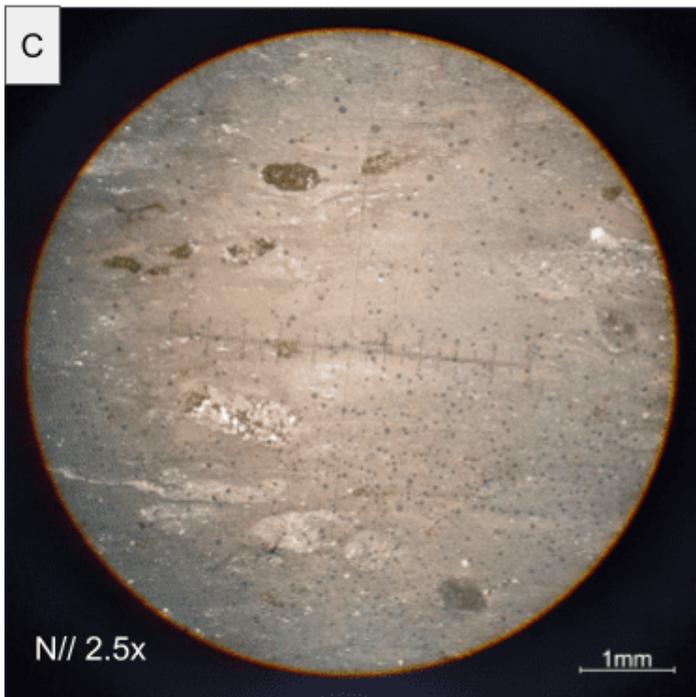
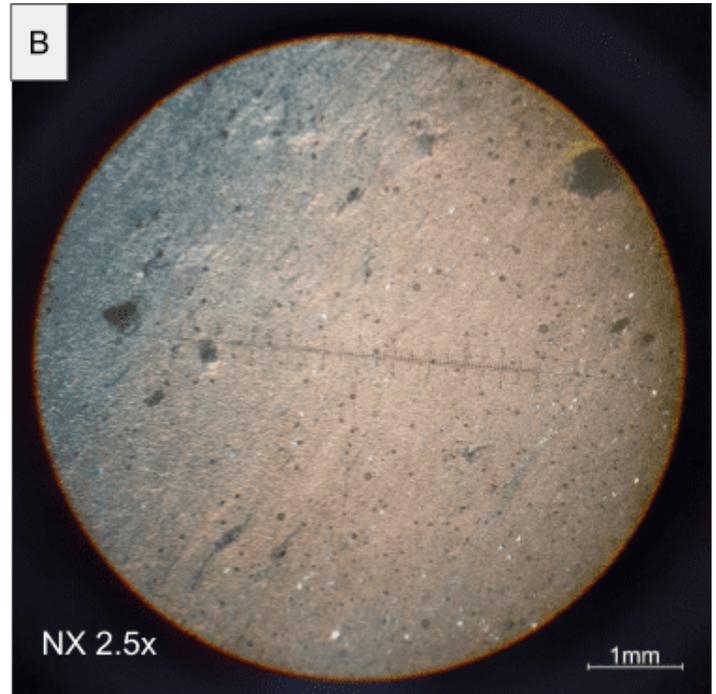
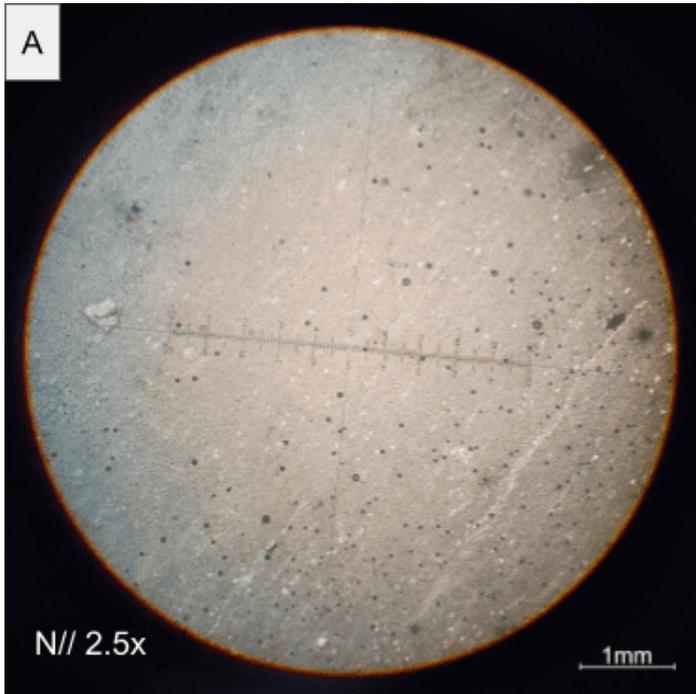
Interpretação e Discussão

Rocha com foliação pervasiva. A presença de clorita indica anquimetamorfismo ao início da fácies xisto verde na zona da clorita. Sua composição sugere protólito pelítico. Em lâmina é possível observar porções da foliação com crenulação.

Diagrama composicional



Fotomicrografia N// e NX



Paragênese

Chl-Fengita-qtz-ab
Zona da clorita (Metamorfismo regional)

Fácies metamórfica

Anquimetamórfico a xisto verde

Protólito

Pelito

Classificação

Clorita-fengita filito

Amostra

TF20-XIV-29

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 293481 N 8134788

Unidade Litológica

Formação Serra do Landim - Grupo Canastra

Descrição Macroscópica

Rocha de coloração amarronzada e esbranquiçada, laminada. Granulometria fina (silte), as laminações alternam ritmicamente entre cor clara e cor marrom. Difícil definir a composição modal apenas com lupa devido ao tamanho muito fino dos grãos.

Descrição Microscópica

Rocha de textura granolepidoblástica, granulometria varia de argila/silte a areia média, predominando areia fina para os cristais de quartzo e silte argila para as micas, é notável uma laminação plano-paralela a suavemente ondulada, onde há uma variação composicional evidenciada pela diferença de cor e granulometria. Composta por grãos de quartzo (tamanho varia de 0,03 a 0,5 mm) de cor mais clara a amarronzada na seção micrográfica dependendo do seu tamanho; e micas formadas por clorita e fengita orientadas de tamanho silte/argila de coloração amarelada a esbranquiçada na seção micrográfica. Os cristais de quartzo estão recristalizados e deformados, alguns grãos estão estirados e seguem a orientação da foliação.

Composição Mineral

Mineral	%
Quartzo	75
Micas	25

Classificação

Quartzito fino micáceo

Protólito

Arenito fino impuro

Fotomacrografia



Seção para micrografia



Interpretação e Discussão

Com sedimentos depositados em uma plataforma externa, esta rocha do Grupo Canastra foi metamorfizada em baixo grau metamórfico, fácies xisto verde baixa, afetada principalmente pelas zonas de empurrão evidenciada pela sua intensa deformação.

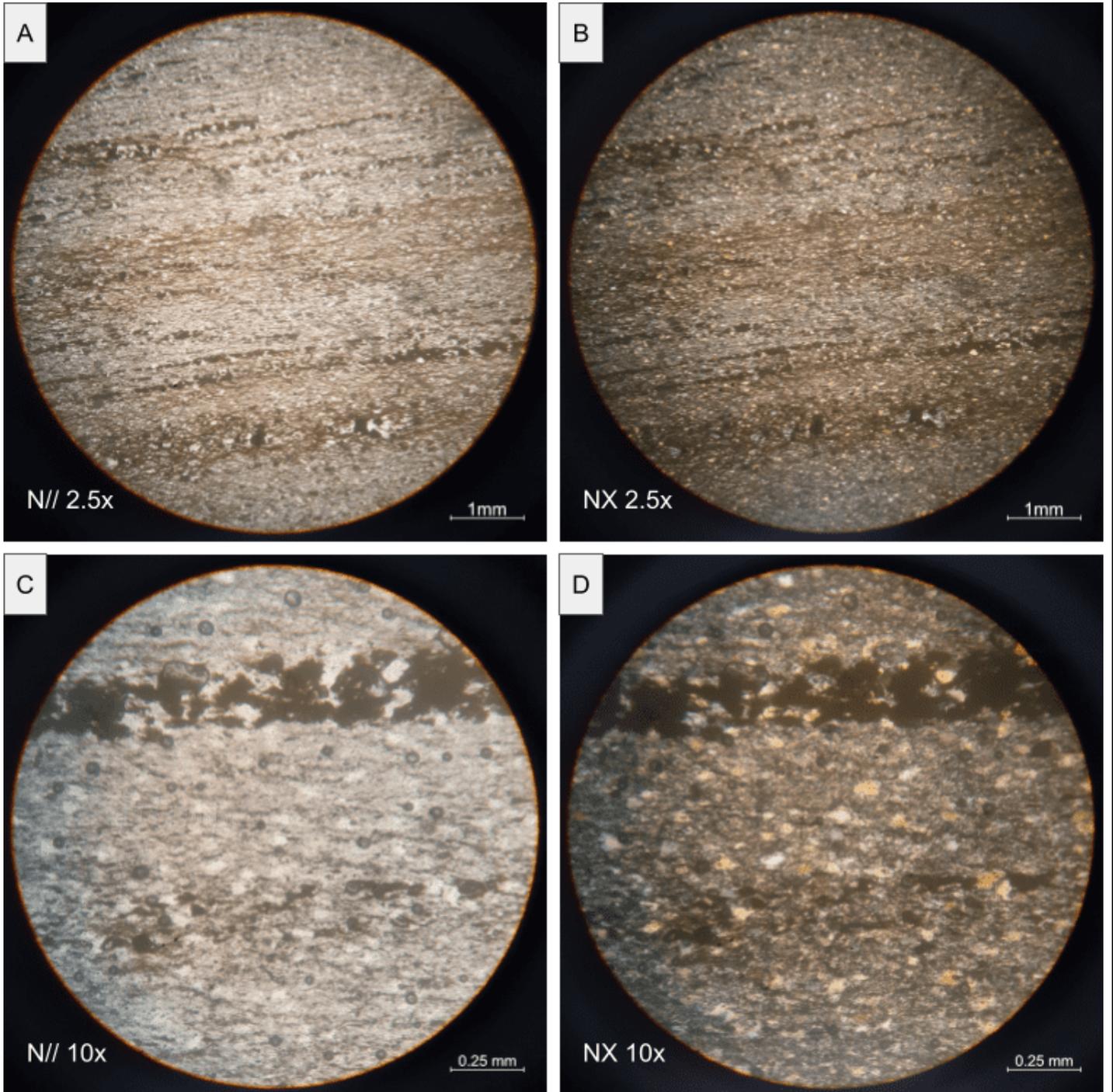
Paragênese

Chl-Fengita-qtz
Zona da clorita (Metamorfismo regional)

Fácies metamórfica

Anquimetamórfico a xisto verde

Fotomicrografia N// e NX



Amostra

TF20-XIV-32B

Localização - coordenadas UTM

Unaí/MG - SIRGAS 2000 23S E 295997 N 8139769

Unidade Litológica

Formação Córrego do Barreiro - Grupo Paranoá

Descrição Macroscópica

Cor cinza quando em rocha fresca e marrom nas porções alteradas. Rocha bioconstruída, formada por esteiras microbianas onduladas e descontínuas. Possível observar cavidades preenchidas por cimento. Reage pouco ao HCL, evidencia de dolomitização.

Classificação: Estromatólito

Descrição Microscópica

Apresenta textura bioconstruída com esteiras microbianas descontínuas com diferentes tonalidades intercaladas, ora mais claras e ora mais escuras, em campo descrita como estromatólito colunar. Possível observar cavidades horizontais planas preenchidas por cimento carbonático a mosaico, com mesma orientação das esteiras. Possível observar localmente porções paralelas as laminais algais com maior contribuição detrítica com extraclastos de quartzo tamanho areia fina a silt e algumas "lamelas" de mica. Há também uma fina lâmina opaca e sinuosa (0,1-0,3mm), provavelmente de pirita.

Composição Mineral

Componentes Ortoquímicos (matriz / cimento)	%
Micrita	89
Esparrita - cimento espático	8
Componentes Aloquímicos (arcabouço)	%
Extraclastos (Quartzo + Mica)	3

Classificação

Boundstone microbial (Dunham)

Biolitito microbial (Folk)

Fotomacrografia



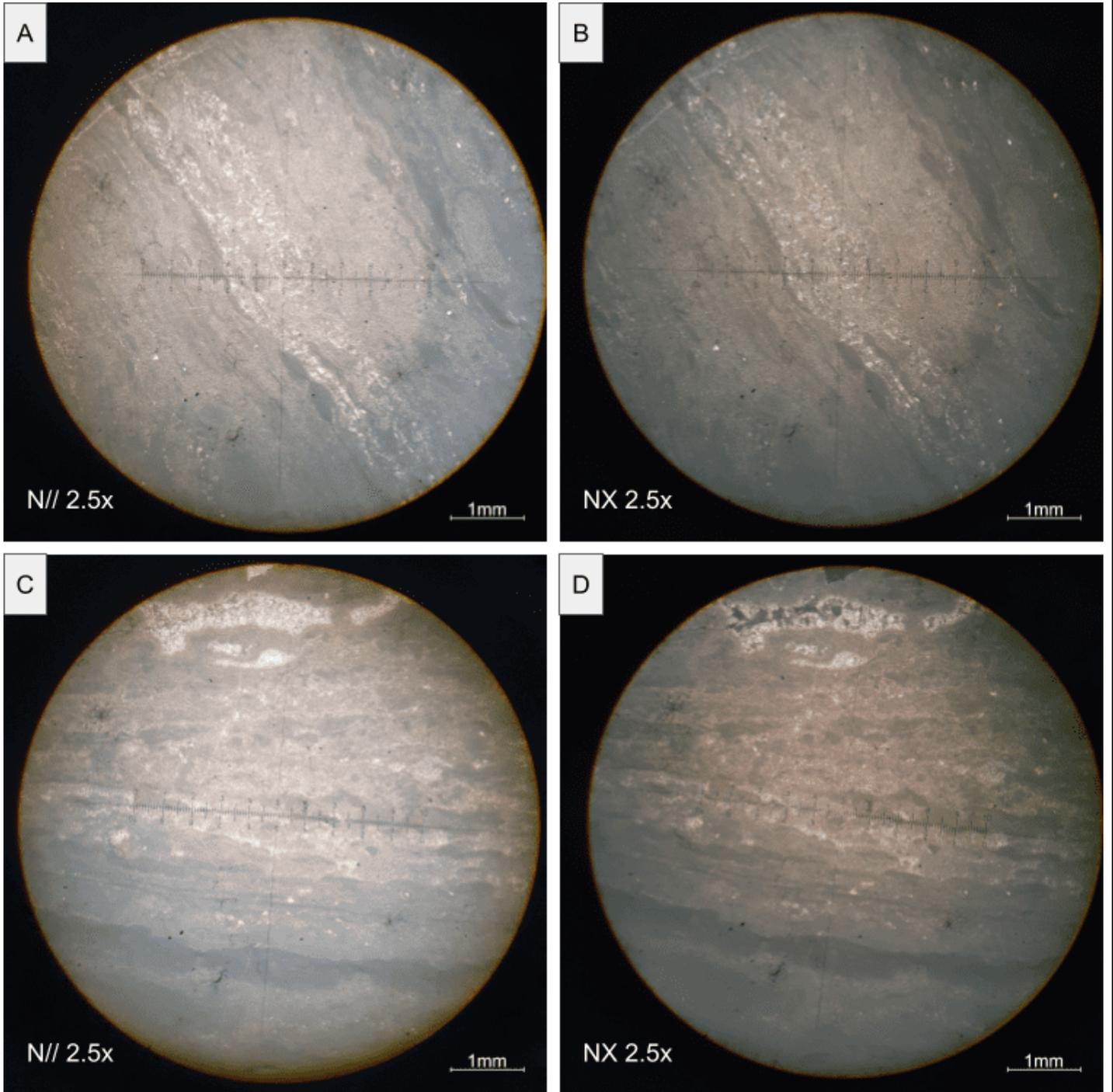
Seção para micrografia



Interpretação e Discussão

A porosidade primária formada pelas cavidades se encontra preenchida por cimento a mosaico. A presença de porções com extraclastos siliciclásticos indica pequena alteração no aporte sedimentar. A respeito da importância econômica, pode ser utilizado para rochagem.

Fotomicrografia N// e NX



2 Análise de Raios X

O resultado das cinco amostras analisadas está disposto na Tabela 2. Além dos minerais presentes no DRX da Figura 2, a amostra 20-XII-33 pode conter clorita, a porção utilizada para análise pode não ser representativa. Na amostra 20-VII-152-B os minerais se encontram alterados, não sendo representativa da mineralogia original.

20-IV-16	quartzo, muscovita (mica branca), clorita, microclínio;	Figura 1
20-XII-33	quartzo, muscovita (mica branca), microclínio;	Figura 2
20-VII-152B	quartzo, clorita (<i>background</i> grande seria por causa do conteúdo de vidro);	Figura 3
20-XIV-28	quartzo, muscovita, caulinita, goethita, hematita;	Figura 4
20-II-108	quartzo, muscovita, clorita, microclínio (<i>background</i> grande seria por causa do conteúdo de vidro);	Figura 5

Tabela 2: Resultados Raios X

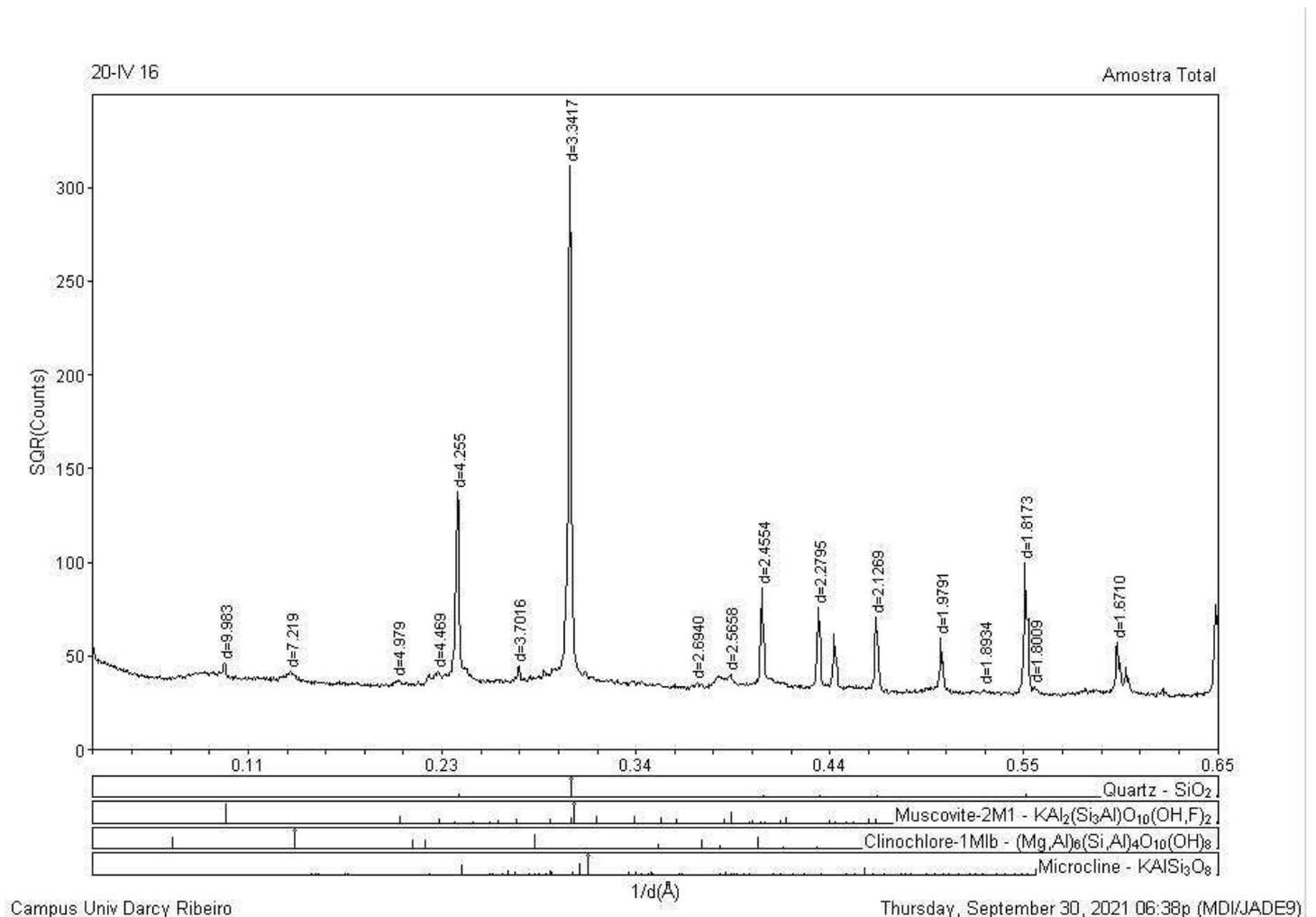


Figura 1: Resultado DRX Amostra TF20-IV-16

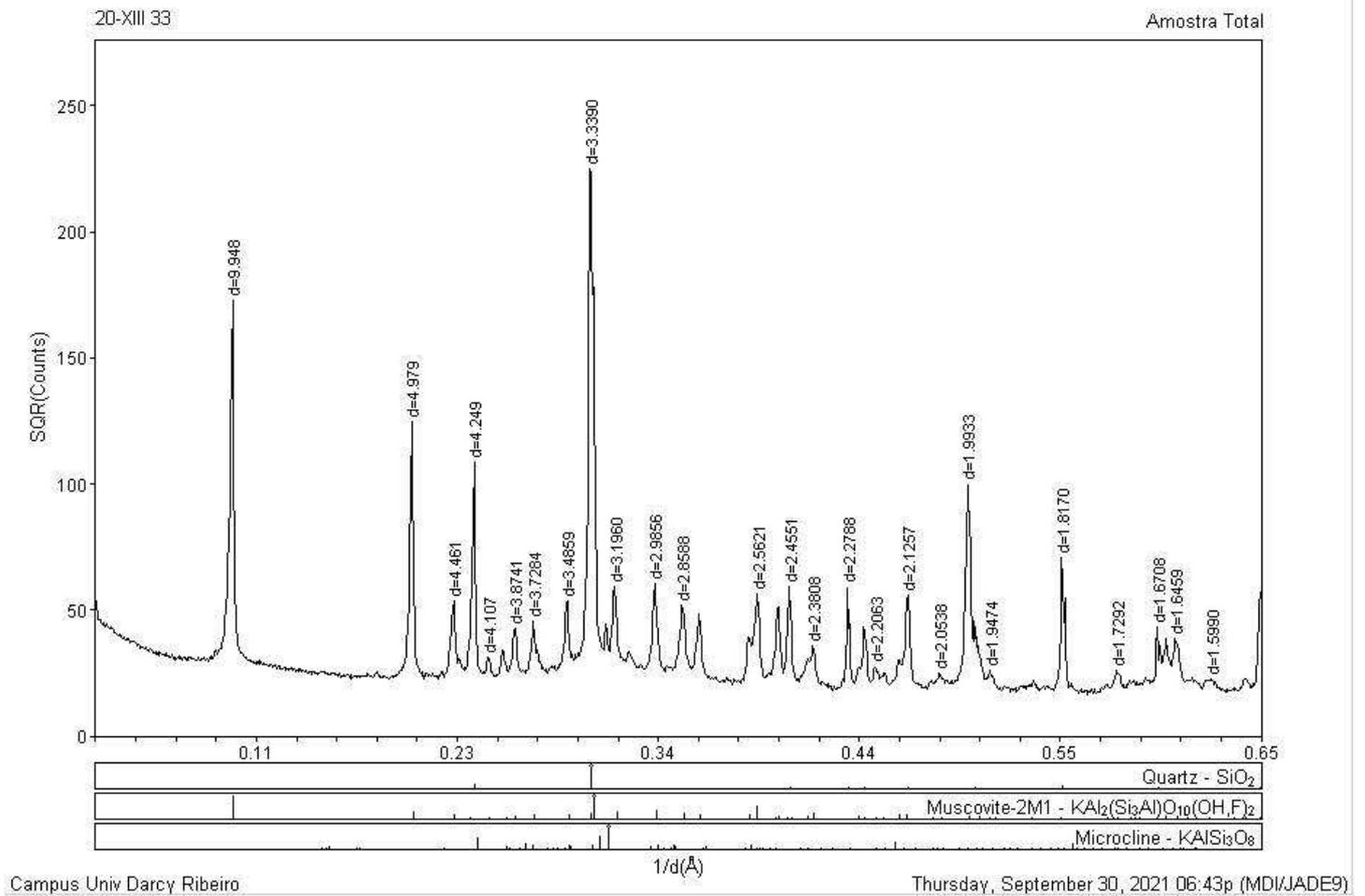


Figura 2: Resultado DRX Amostra TF20-XII-33

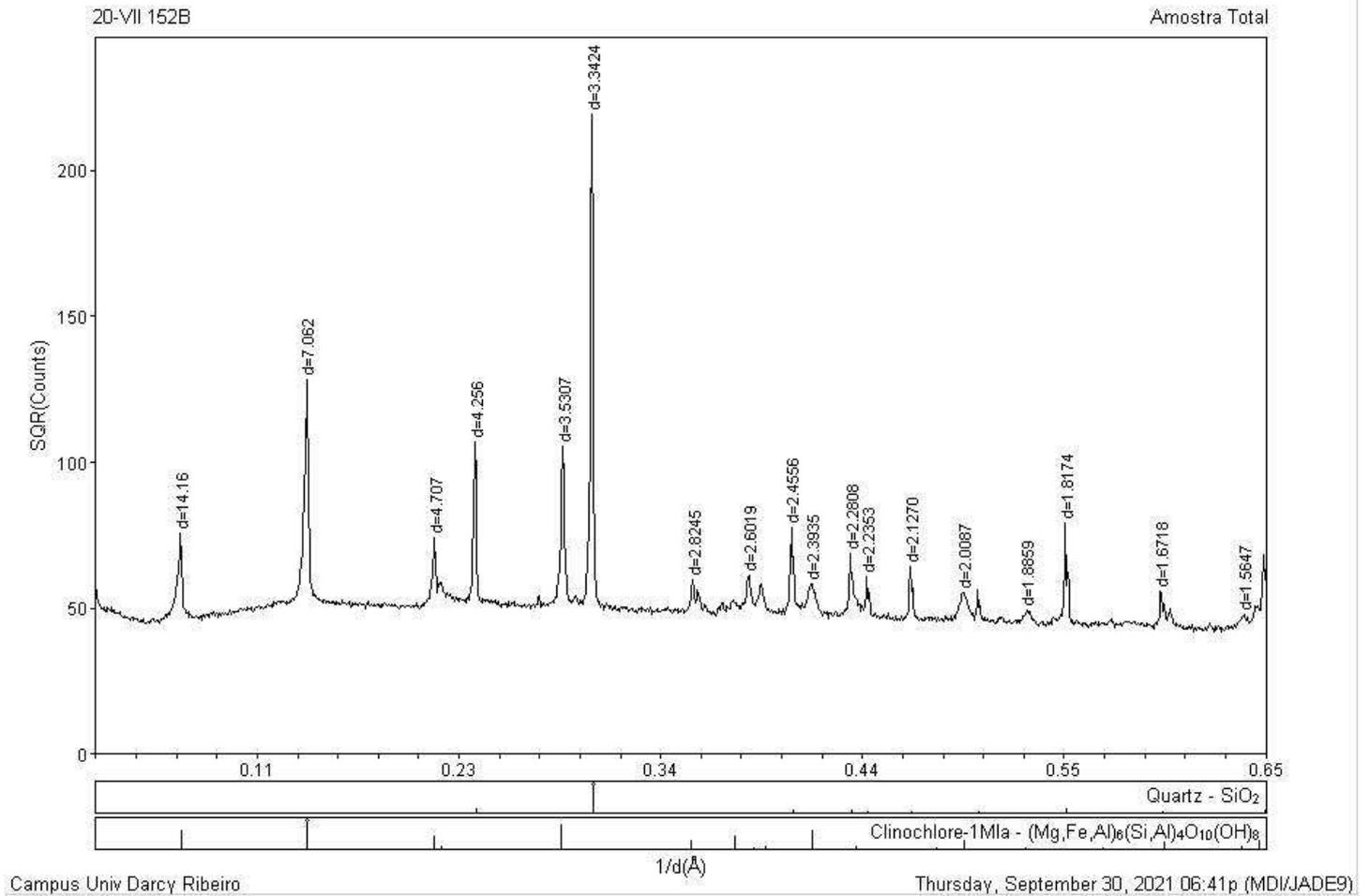


Figura 3: Resultado DRX Amostra TF20-VII-152B

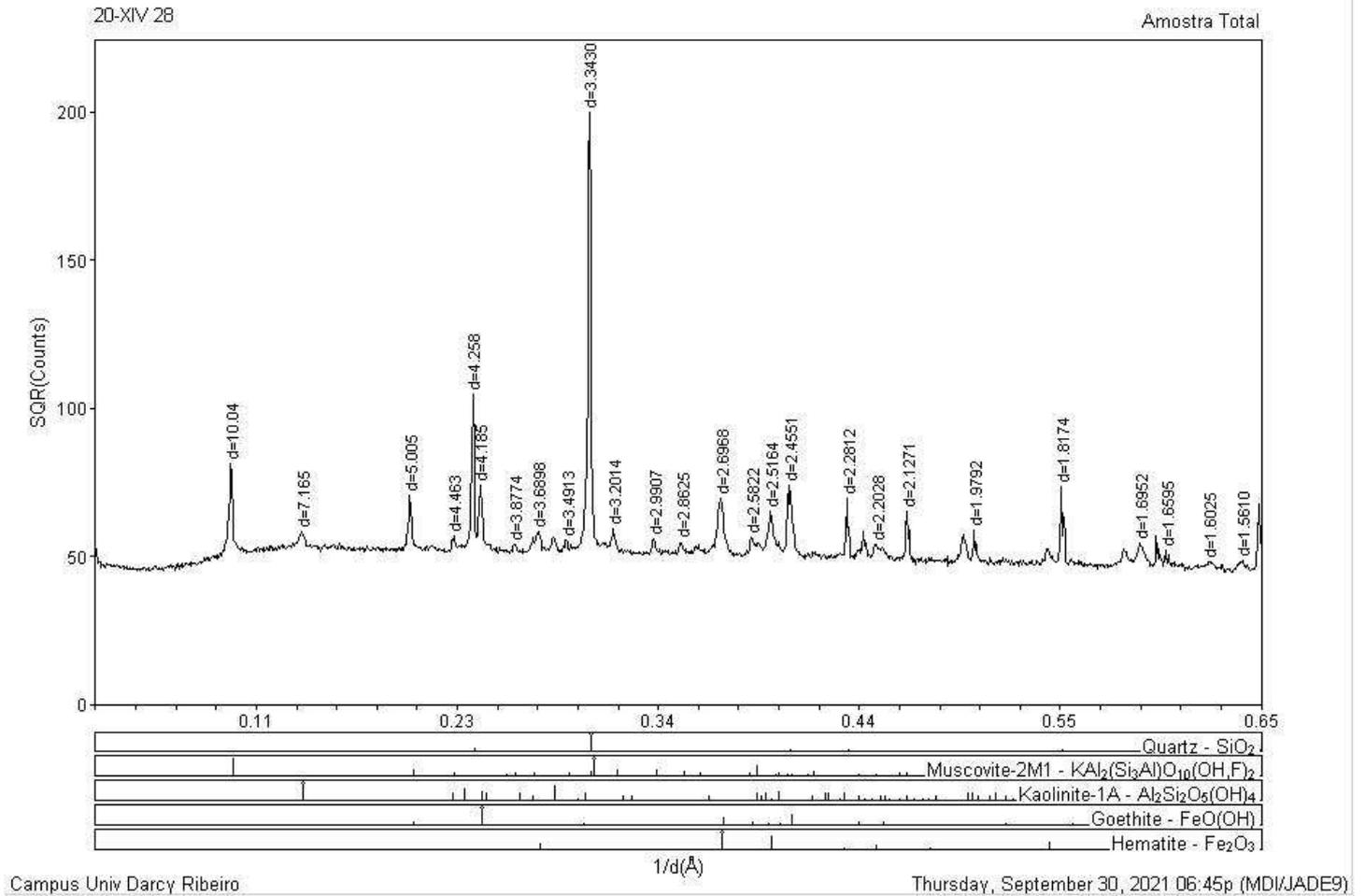


Figura 4: Resultado DRX Amostra TF20-XIV-28

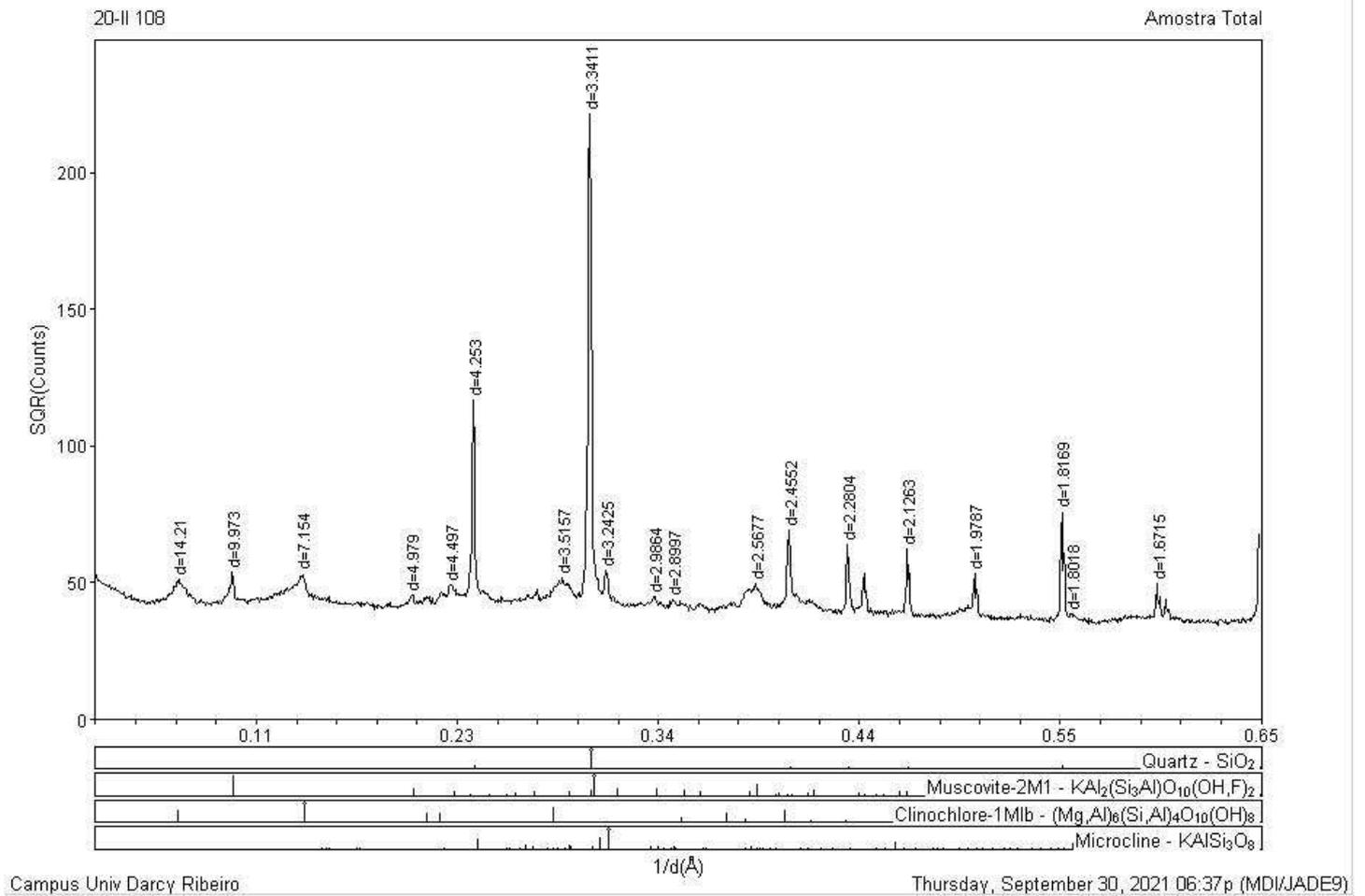


Figura 5: Resultado DRX Amostra 20-II-108



**Universidade de Brasília
Instituto de Geociências**

**Anexo B - Tabelas
Projeto Unaí - Subárea VIII**

Luiza Motta Campello
Mayck Andrew Silva Silvério
Vitor Abreu Chaves

Brasília, novembro de 2021

ANEXO B.2 - Tabela de Poços cadastrados no SIAGAS

Ponto	Localização	UTM E	UTM N	Natureza	Nome	Nível d'água	Vazão	Profundidade inicial	Profundidade final	Tipo de teste de bombeamento	Nível dinâmico	Nível estático
3100001156	SAPEZAL	300220	8140358	Poço escavado(cacimba/cisterna)				0	15,4			11,6
3100001253	FAZENDA SITIO	295480	8167383	Poço tubular				0	95			5,6
3100001261	GRUPO ESCOLAR	302637	8163777	Poço escavado(cacimba/cisterna)				0	25,5			19,8
3100015249	FAZENDA CAPÃO DO ARROZ	294567	8179897	Poço tubular	UNA-070			0	78			
3100015256	FAZENDA INHUMAS	299272	8175438	Poço tubular	UNA-077			0	120		64	11
3100015257	FAZENDA INHUMAS	298619	8176646	Poço tubular	UNA-078			0	120		48	15
3100015258	FAZENDA SAN FRANCISCO	295073	8174056	Poço tubular	UNA-079			0	132		72	21
3100015259	FAZENDA CAPÃO DO ARROZ	294589	8177084	Poço tubular	UNA-080			0	90		48	14
3100015260	FAZENDA CAPÃO RANCHO	294848	8178196	Poço tubular	UNA-081			0	136			
3100015265	FAZENDA CAPÃO DO ARROZ	301264	8179597	Poço tubular	UNA-086			0	144			
3100015266	SÍTIO LINDÓIA	302741	8170681	Poço tubular	UNA-087			0	185			
3100015269	FAZENDA SÍTIO BARREIRA	303789	8163951	Poço tubular	UNA-090	11	20	0	95			
3100015279	ESCOLA AGRÍCOLA	302902	8170755	Poço tubular	UNA-100							
3100015328	ESCOLA AGRÍCOLA	302958	8170433	Poço tubular	UNA-151	14,13		0	127,4			
3100015329	ESCOLA AGRÍCOLA	303497	8169289	Poço tubular	UNA-152							
3100015410	FAZENDA VARGEM GRANDE	302994	8164885	Poço tubular	UNA-234							
3100015411	FAZENDA SÍTIO	301234	8165558	Poço tubular	UNA-235	10,99	8	0	101,5			
3100015412	FAZENDA SÍTIO	299625	8169617	Poço tubular	UNA-236							
3100015413	FAZENDA PARAGUASSU	295245	8165232	Poço tubular	UNA-237			0	64			
3100015414	FAZENDA LAGOA SECA	296833	8166615	Poço tubular	UNA-238			0	92			
3100015415	PENITENCIÁRIA AGOSTINHO DE OLIVEIRA JR, 1	295638	8167616	Poço tubular	UNA-239							
3100015416	PENITENCIÁRIA AGOSTINHO DE OLIVEIRA JR, 2	295607	8167508	Poço tubular	UNA-240							
3100015417	BOQUEIRÃOZINHO	302540	8161140	Poço tubular	UNA-241	24,66		0	107			27
3100015418	FAZENDA PARAÍSO	300156	8158013	Poço tubular	UNA-242			0	112			
3100015419	FAZENDA FORQUILHA - SUCURI	301024	8156186	Poço tubular	UNA-243	18,8	7	0	123			
3100015420	FAZENDA FORQUILHA - SUCURI	301000	8155973	Poço tubular	UNA-244	30,44		0	71,4			
3100015421	FAZENDA FORQUILHA - SUCURI	300652	8154442	Poço tubular	UNA-245			0	68			
3100015422	FAZENDA QUILOMBO	295854	8152350	Poço tubular	UNA-246			0	78			32
3100015423	FAZENDA ALDEIA / VARGEM LINDA	292873	8146600	Poço tubular	UNA-247	33	5	0	66			
3100015424	ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES RURAIS DE ALDEIA	294967	8143069	Poço tubular	UNA-248	14,76	12	0	82			
3100015425	FAZENDA ALDEIA DE CIMA	295624	8141344	Poço tubular	UNA-249	12,69	17,2	0	52			
3100015426	VILA SÃO JOSÉ / LAPA	298165	8141430	Poço tubular	UNA-250			0	103			
3100015427	FAZENDA LAMARÃO	302808	8144780	Poço tubular	UNA-251							
3100015434	FAZENDA FORQUILHA - SUCURI	304554	8157778	Poço tubular	UNA-259							
3100015437	FAZENDA CASCAVEL	296249	8169776	Poço tubular	UNA-262			0	100		50	27
3100015438	ASSENTAMENTO DA IGREJA PRESBITERIANA DE UNAÍ	302177	8173950	Poço tubular	UNA-263	13,26		0	87		57	13
3100019439	PENITENCIÁRIA	295520	8167700	Poço tubular	UNAI-08			0	94	Rebaixamento	28,14	11,54
3100019440	PENITENCIÁRIA	295510	8167400	Poço tubular	UNAI-09			0	84	Rebaixamento	24,95	12,1

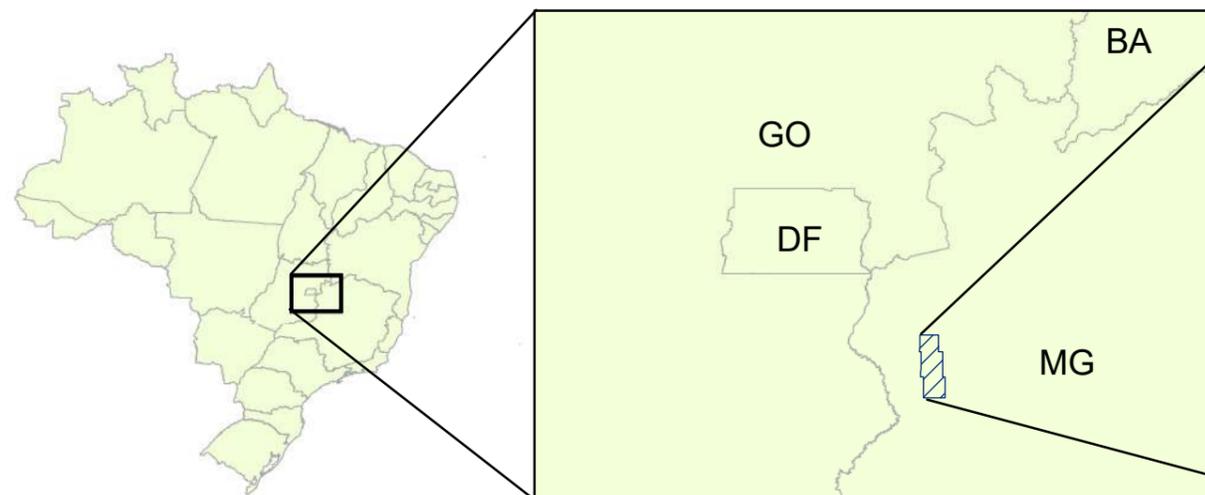
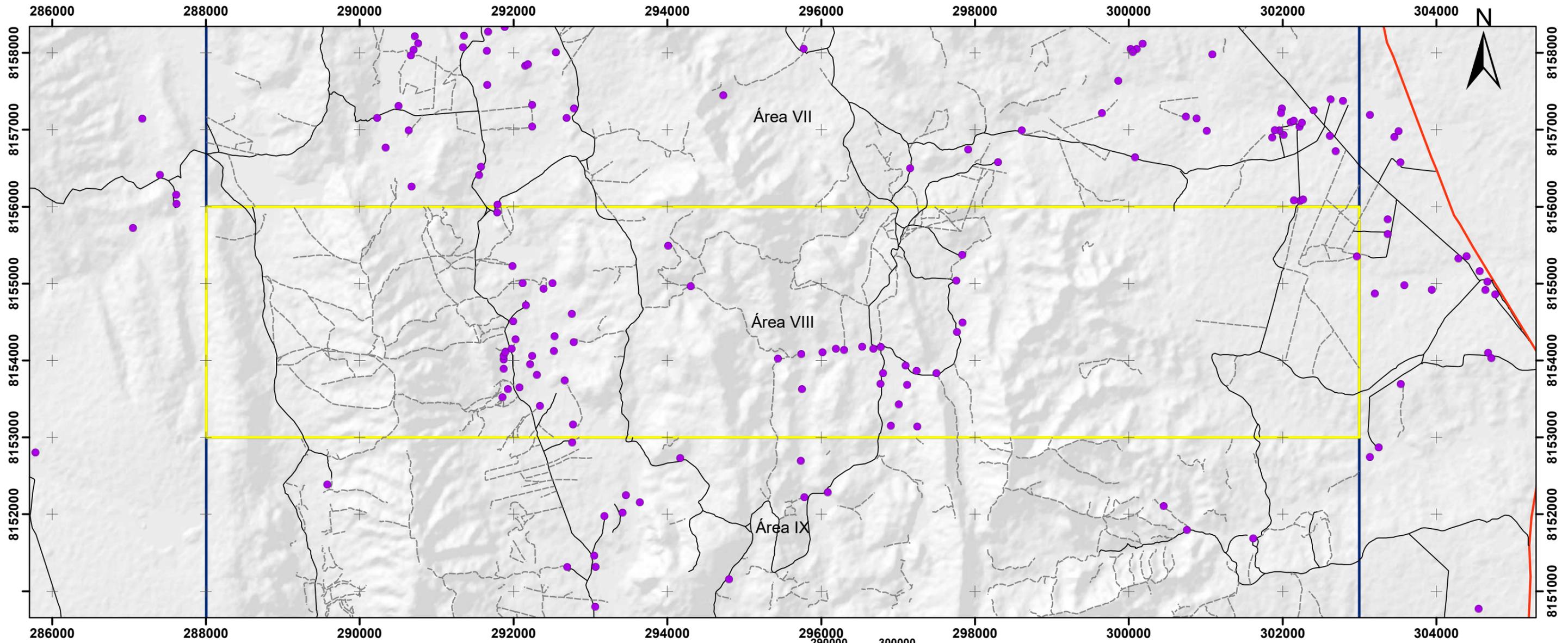


Universidade de Brasília
Instituto de Geociências

Anexo C - Cartografia
Projeto Unai - Subárea VIII

Luiza Motta Campello
Mayck Andrew Silva Silvério
Vitor Abreu Chaves

Brasília, novembro de 2021



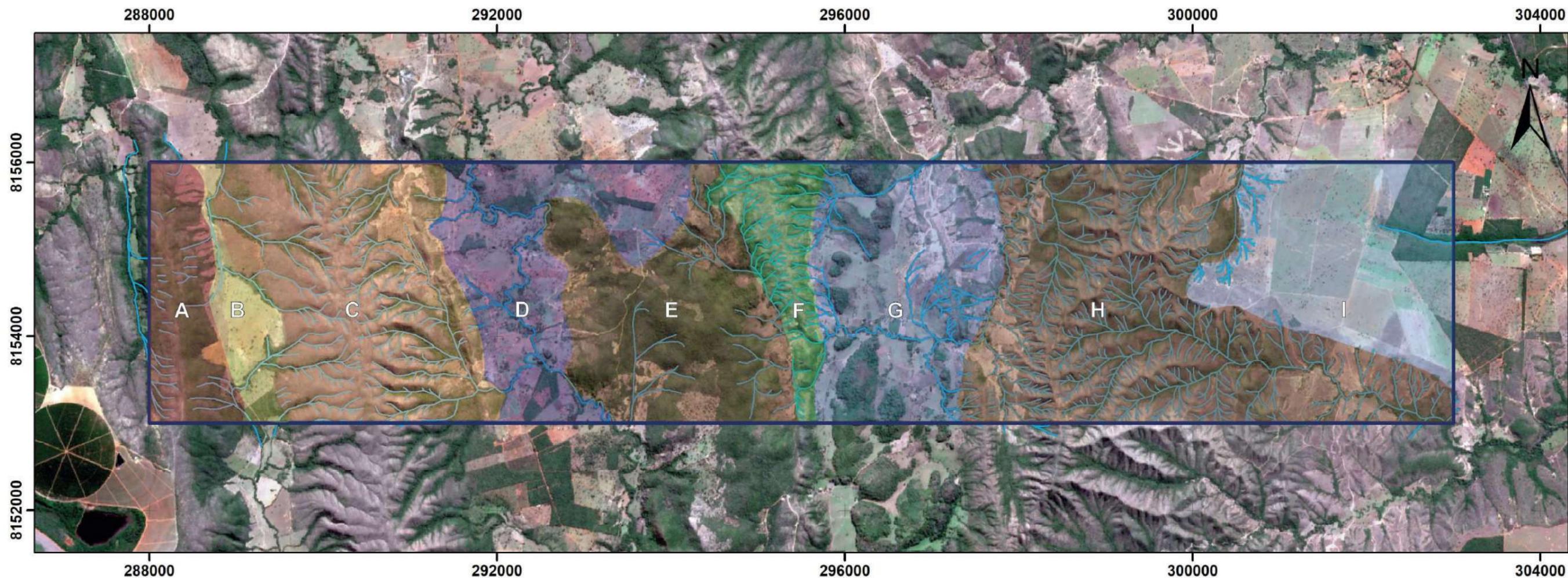
- Área I
- Área II
- Área III
- Área IV
- Área V
- Área VI
- Área VII
- Área VIII**
- Área IX
- Área X
- Área XI
- Área XII
- Área XIII
- Área XIV



1:50.000

Universal Transversa de Mercator Zona 23S
Sirgas 2000
Hillshade ALOS/PALSAR

- | | |
|-----------------|------------------------|
| ● Localidades | □ Limite Subárea VIII |
| Drenagem | Vias de Acesso |
| — Principal | — Asfaltada |
| — Secundária | — Estrada de terra |
| | - - - Trilhas e Cercas |



Legenda

- Drenagem
- Limite subárea VIII

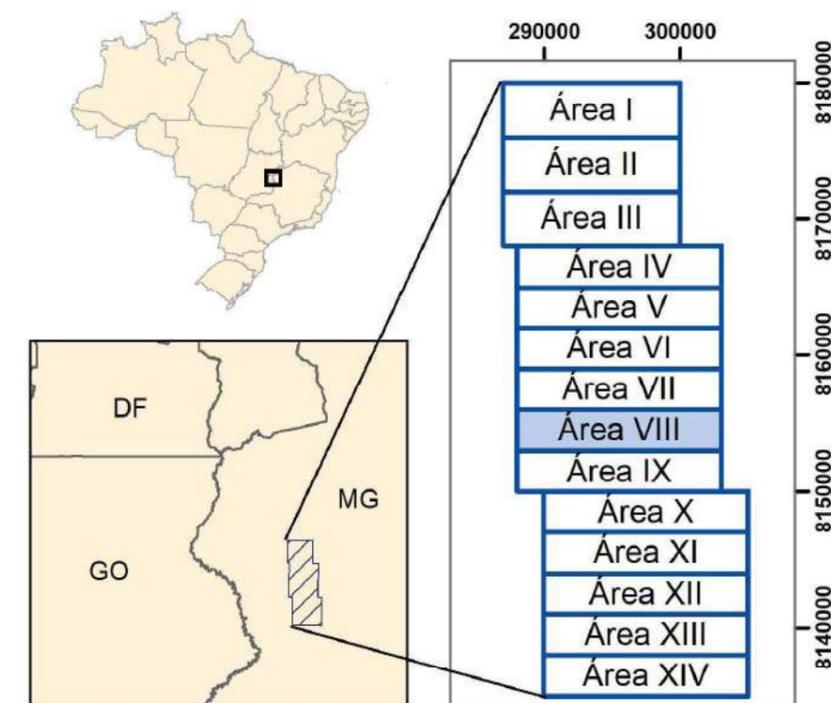
Zonas Homólogas

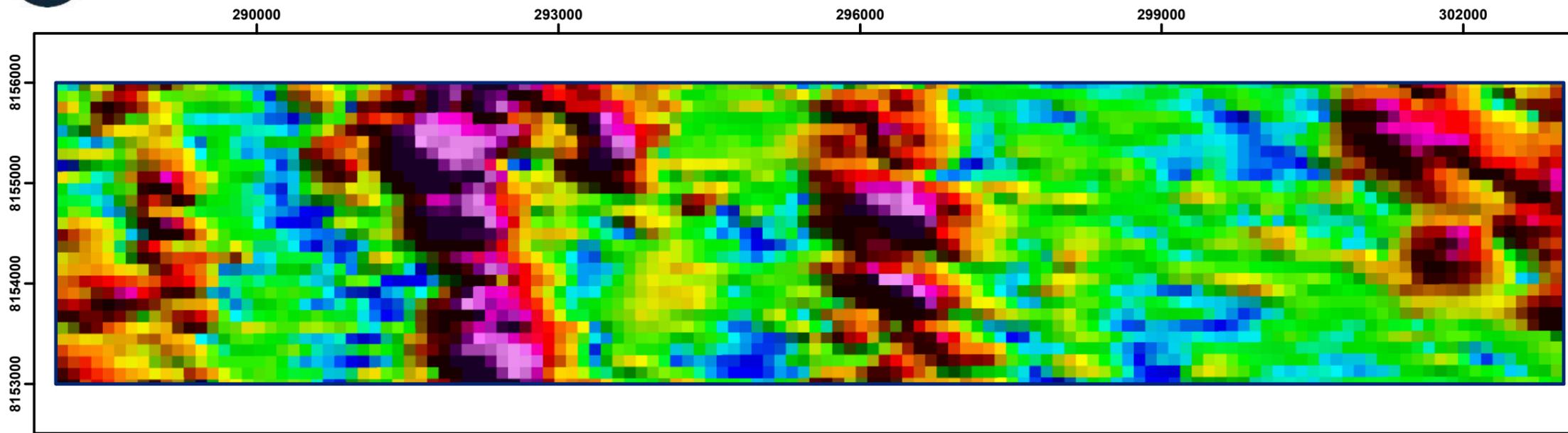
- | | | |
|--------|--------|--------|
| Zona A | Zona D | Zona G |
| Zona B | Zona E | Zona H |
| Zona C | Zona F | Zona I |



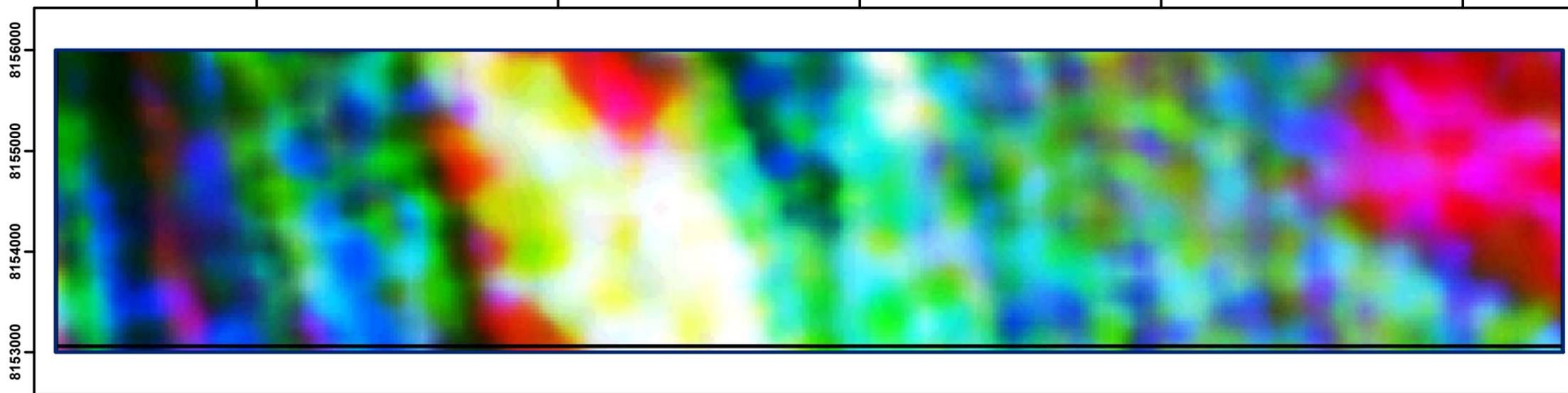
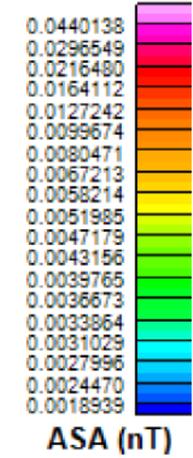
1:50000
UTM Zona 23S
Datum SIRGAS 2000
Imagem Sentinel 2 RGB 432

Zona homóloga	Densidade de elementos texturais	Densidade de elementos estruturais	Grau de tropia	Tipo de encosta	Padrão de relevo	Densidade de lineação em série	Densidade de drenagem	Padrão de drenagem
A	Baixa	Moderada	Baixo	Reta	Forte ondulado	Baixa	Baixa	Sub-paralelo
B	Baixa	Baixa	Baixo	Horizontal	Suave ondulado	-	Baixa	Angular
C	Baixa	Alta	Médio	Convexa	Forte ondulado	Alta	Alta	Dendrítico
D	Baixa	Baixa	Baixo	Horizontal	Suave ondulado	-	Baixa	Drenagem meandrante
E	Média a baixa	Média a baixa	Médio	Convexa	Forte ondulado	Baixa	Baixa	Não há padrão específico
F	Baixa	Alta	Médio	Convexa	Forte ondulado	Alta	Alta	Dendrítico
G	Média	Baixa	Baixo	Horizontal e convexo	Suave ondulado	Baixa	Baixa	Não há um padrão específico
H	Baixa	Alta	Médio	Côncavo	Forte ondulado	Alta	Alta	Dendrítico
I	Baixa	Baixa	Baixo	Horizontal	Suave ondulado	-	Baixa	Não há um padrão específico





Magnetometria
Amplitude do Sinal Analítico - ASA



Gamaespectrometria
Imagem Ternária CMY

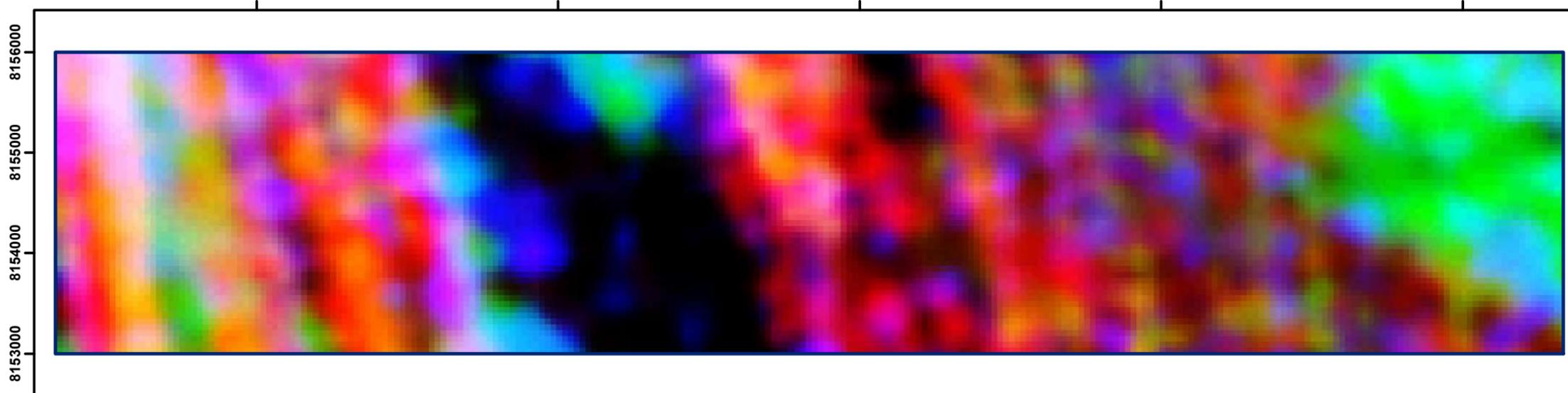
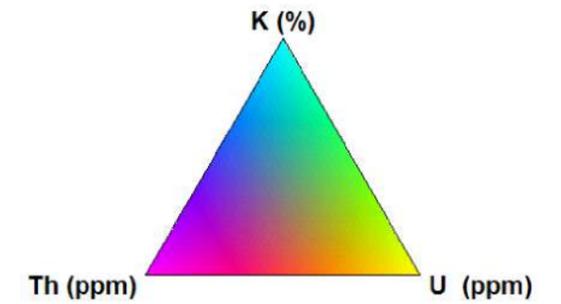
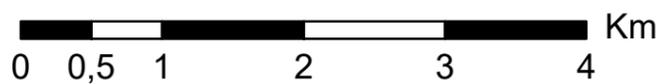
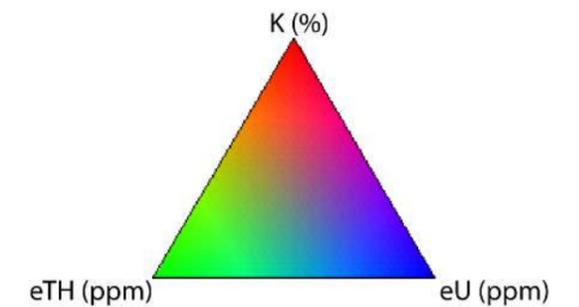
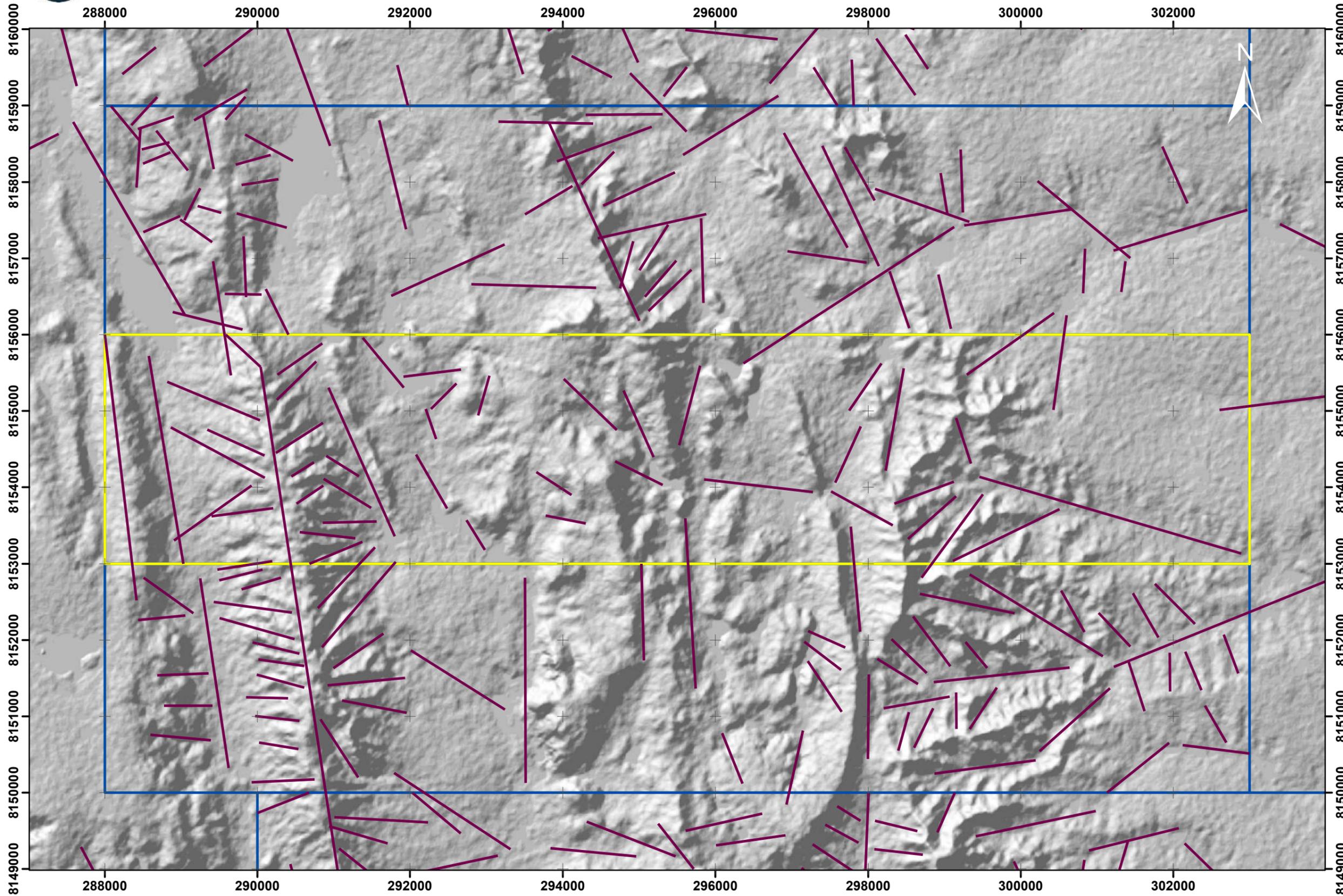


Imagem Ternária RGB





Anexo C.4 - Lineamentos subárea VIII - Projeto Unaí



- | |
|-----------|
| Área I |
| Área II |
| Área III |
| Área IV |
| Área V |
| Área VI |
| Área VII |
| Área VIII |
| Área IX |
| Área X |
| Área XI |
| Área XII |
| Área XIII |
| Área XIV |



1:50.000

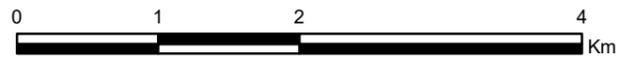
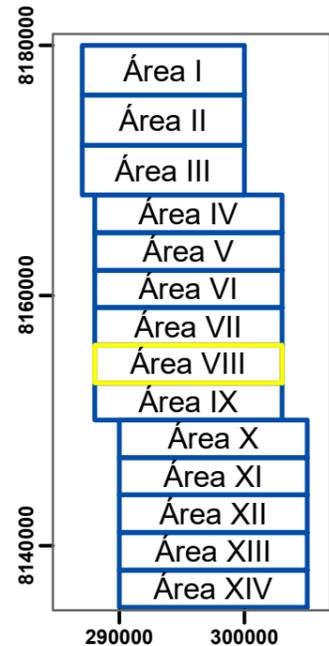
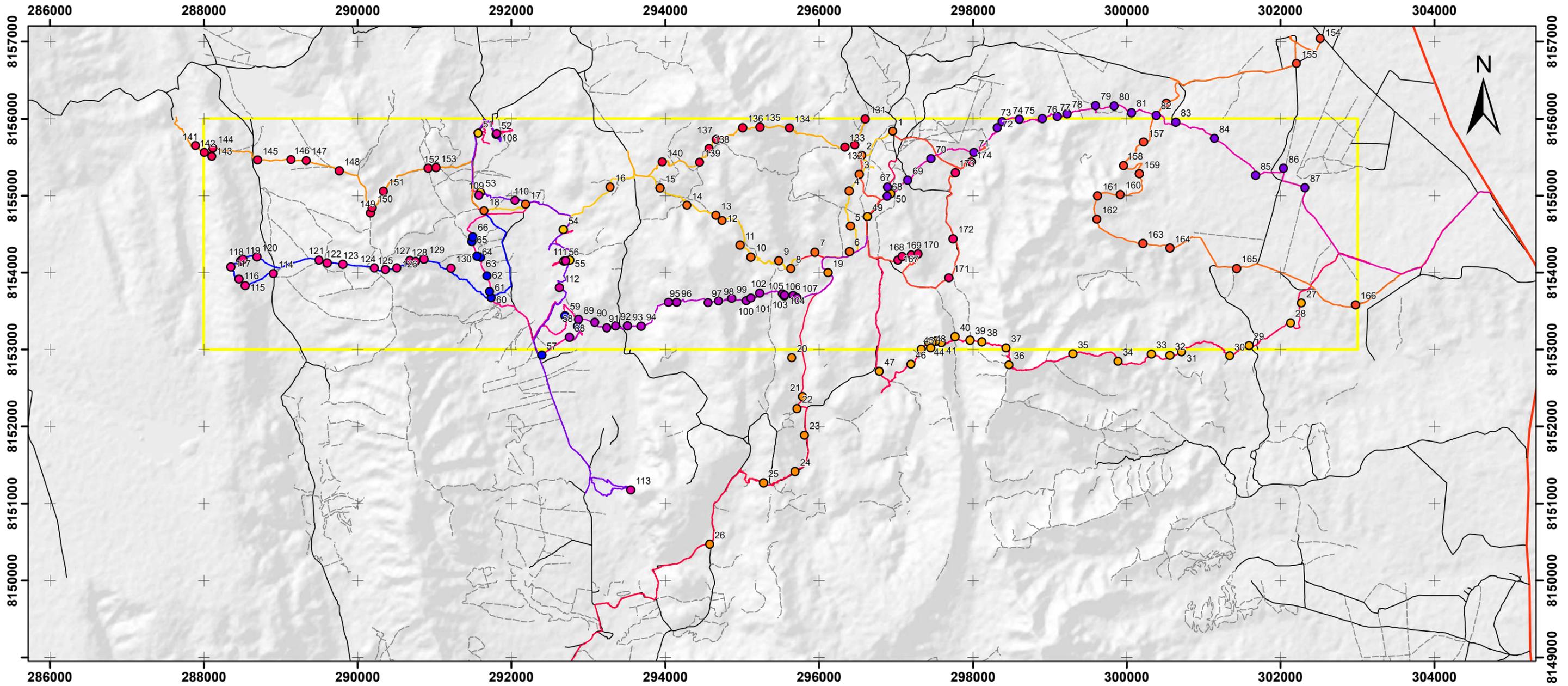
Universal Transversa de Mercator Zona 23S
 Sirgas 2000
 Hillshade ALOS/PALSAR

Limite Subárea VIII

Lineamentos Integrados Sensoriamento Remoto



Anexo C.5 - Pontos e Caminhamentos subárea VIII - Projeto Unai



1:50.000

Universal Transversa de Mercator Zona 23S
Sirgas 2000
Hillshade ALOS/PALSAR

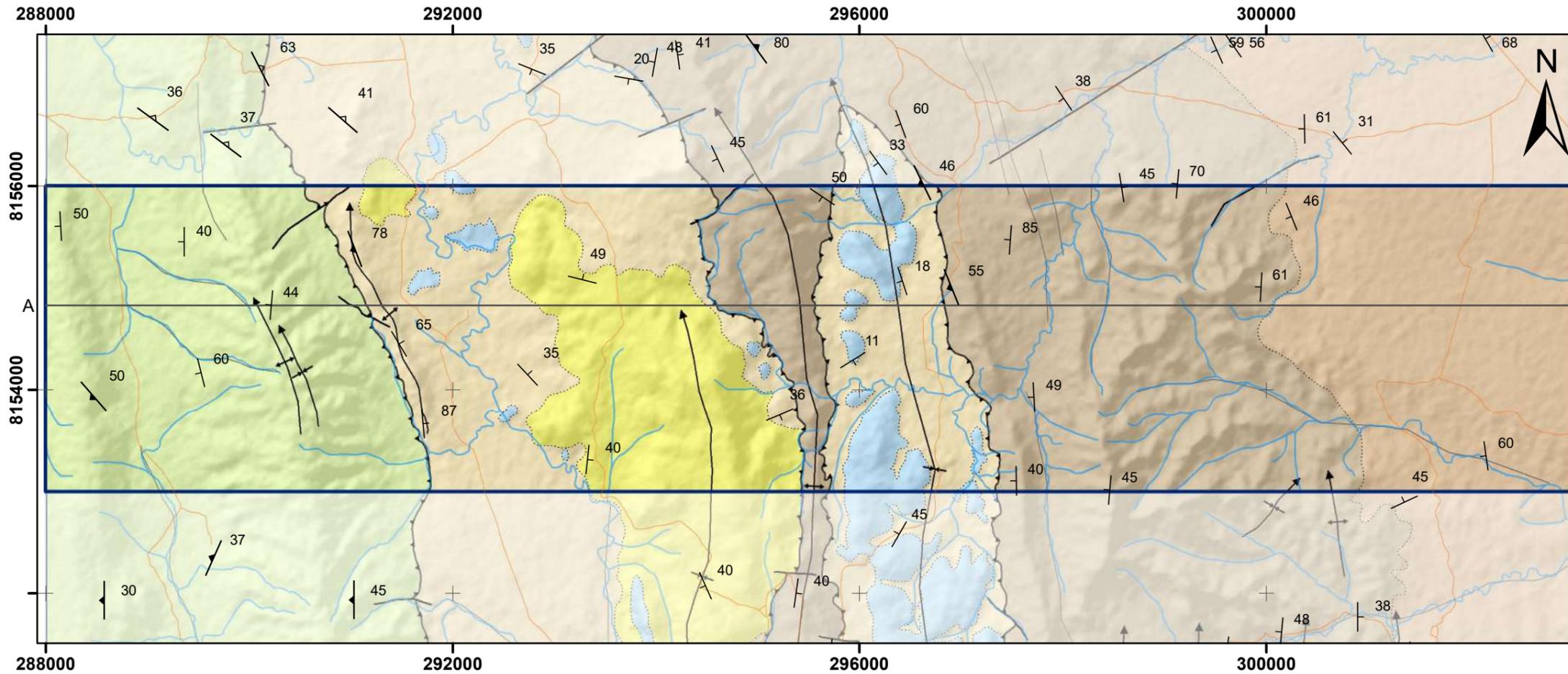
Limite Subárea VIII

Vias de Acesso

- Asfaltada
- Estrada de terra
- Trilhas e Cercas

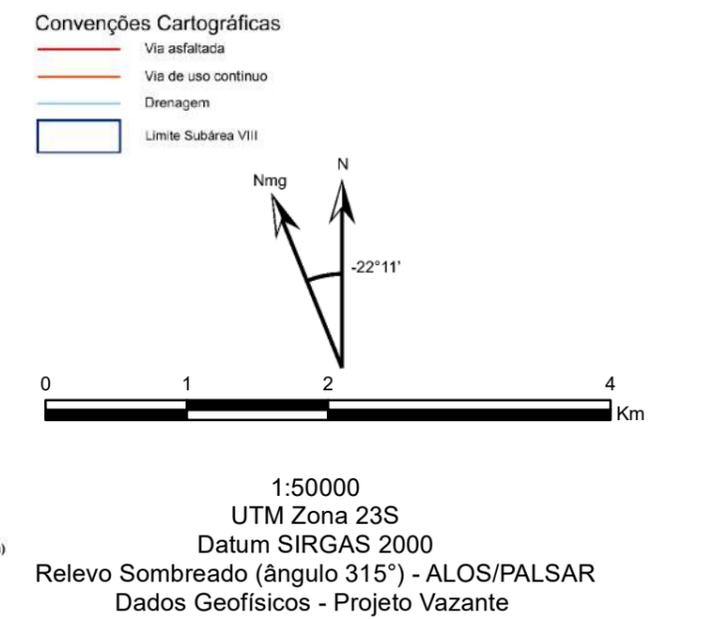
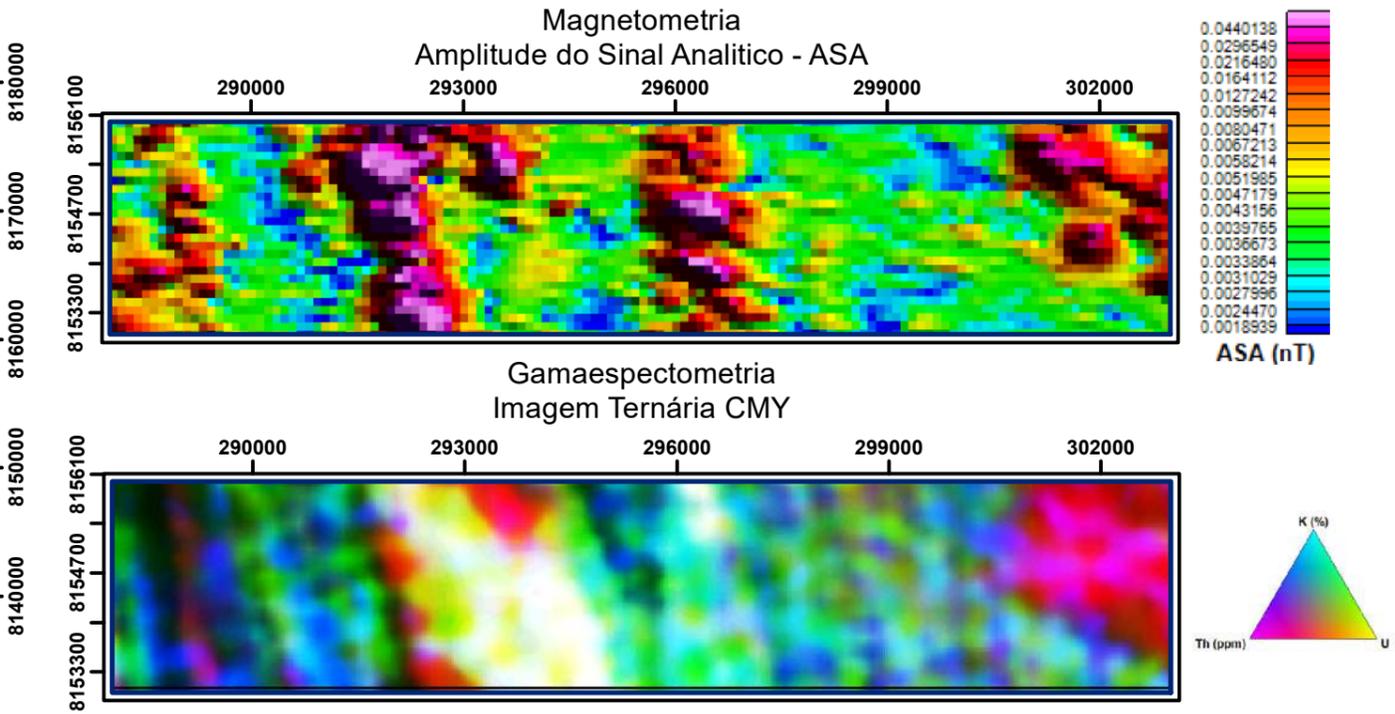
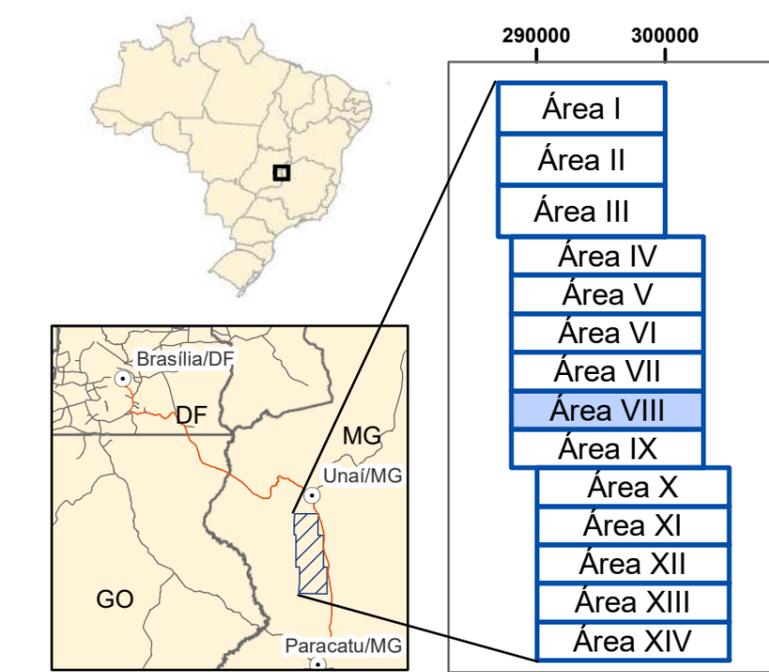
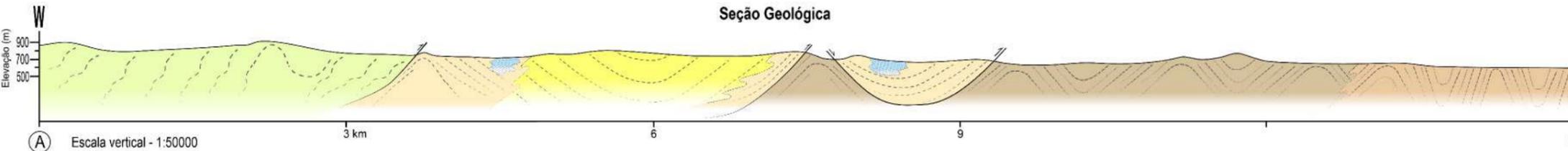
Pontos e Caminhamentos

- | | |
|-------|--------|
| Dia 1 | Dia 8 |
| Dia 2 | Dia 9 |
| Dia 3 | Dia 10 |
| Dia 4 | Dia 11 |
| Dia 5 | Dia 12 |
| Dia 6 | Dia 14 |
| Dia 7 | |



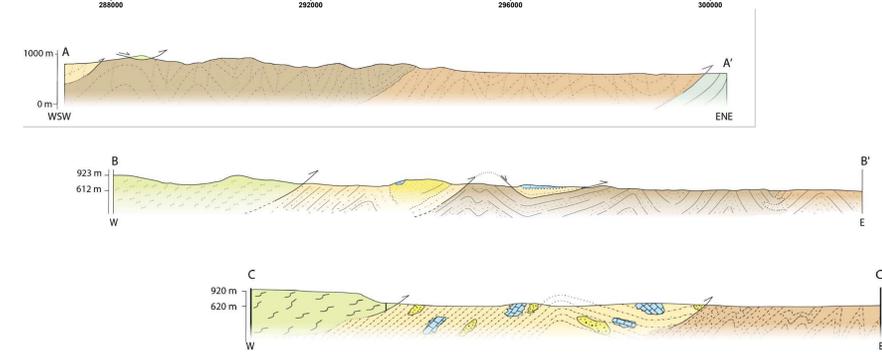
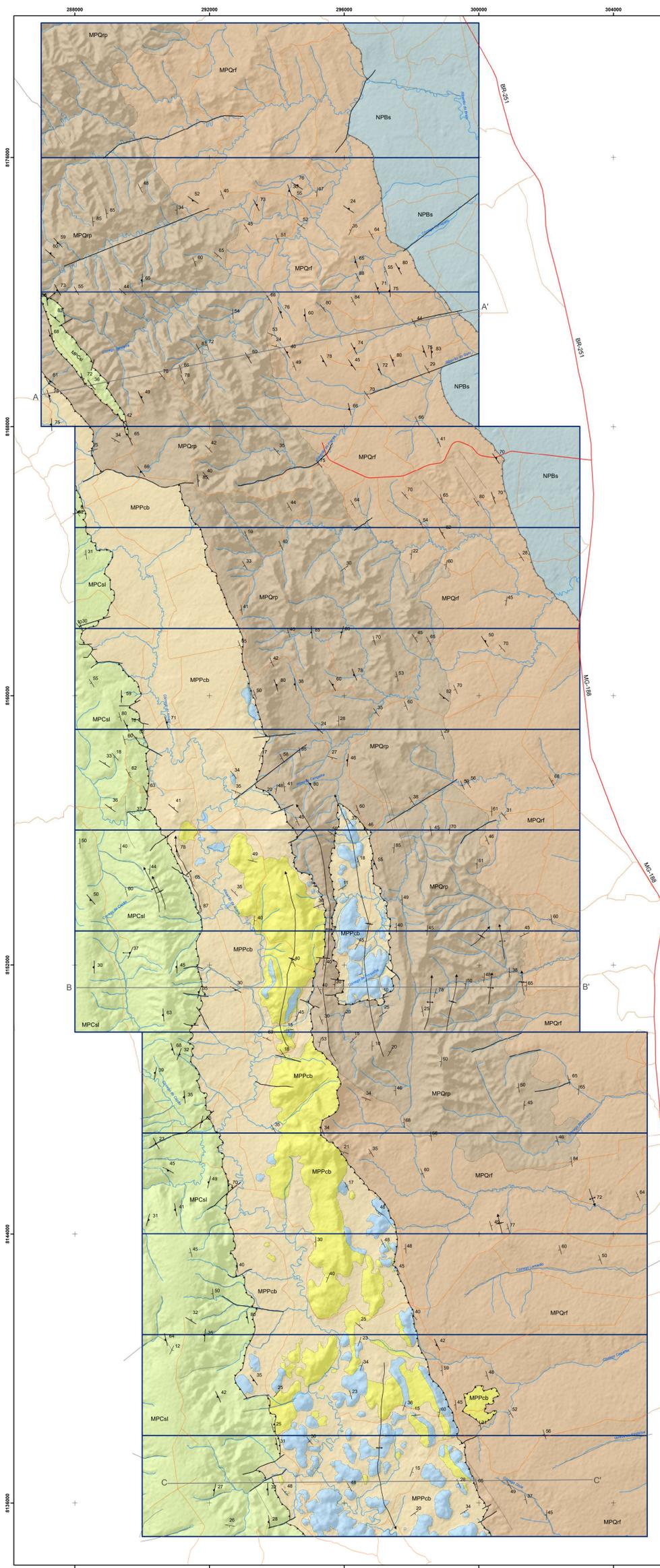
- UNIDADES GEOLÓGICAS**
- MESOPROTEROZOICO**
- Esteniano**
- Grupo Paranoá - idade máxima de deposição de 1100 Ma por zircão detrítico.
- Formação Córrego do Barreiro**
- MPPcb: Arenito fino a grosso, localmente conglomerático ou feldspático, de cor escura quando frescos e cinza claro a esbranquiçado quando alterado.
 - Siltito laminado, siltito argiloso, margas laminadas de cor escura quando não alteradas e amareladas a rosada quando alterada.
 - Dolomito micrítico, dolomito estromatolítico, doleritos intraclásticos e oncolíticos e doleritos intraclásticos e oolíticos, 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, mármores calcíticos de granulação fina, quartzitos finos micáceos.
- Ectasiano**
- 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 lítica fina, siltito maciço, argilito e folhelho. Dacito e riolito subordinados, afaníticos ou com esferulitos.
 - MPQrp: Membro Ribeirão da Porteira: ritmito psamo-pelítico, representados por intercalações de litoarenito fino, litoarenito grosso, grauvaça lítica fina, grauvaça lítica grossa, arenito, sublitoarenito, 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**
- Acumamento - S0
 - Foliação principal - Sp
 - Foliação paralela ao acumamento - Ss
 - Contato interdigerado
 - Contato tectônico reverso
 - Falha transcorrente ou de rasgamento
 - Lineamento estrutural
 - Linha de charneira de dobra anticlinal com caimento
 - Linha de charneira de dobra sinclinal com caimento
- Convenções Cartográficas**
- Via asfaltada
 - Via de uso contínuo
 - Drenagem
 - Limite Subárea VIII



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, margá, 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, margá laminada de cor escura quando não alterada e amarelada a rosada quando alterada.
Doluito micrítico, doluito estromatolítico, dolorudito intracristalino e oncolítico e dolarenito intracristalino e colítico, 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.

Ectasiano

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 lítica fina, siltito laminado, siltito maciço, argilito e folhelho. Dactilo e ritlito subordinados, afaníticos ou com esterulitos.

MPQrp

Membro Ribeirão da Porteira: ritmito psamo-pelítico, representados por intercalações de litoarenito fino, litoarenito grosso, grauvaça lítica fina, grauvaça lítica 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
- Foliação principal - Sp
- Foliação 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 sinclinal com caimento



Convenções Cartográficas

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

0 1 2 4 6 Km

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

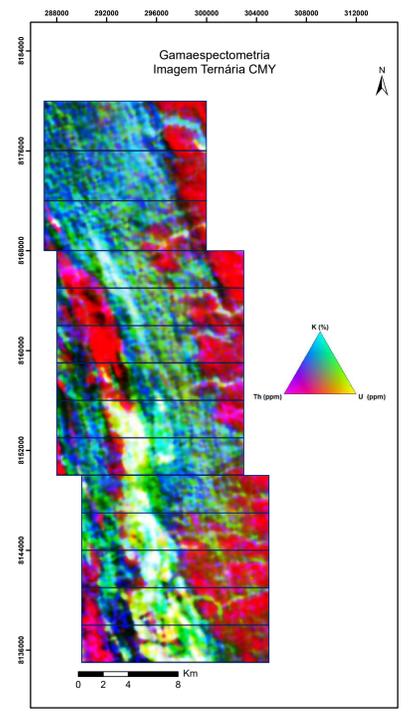
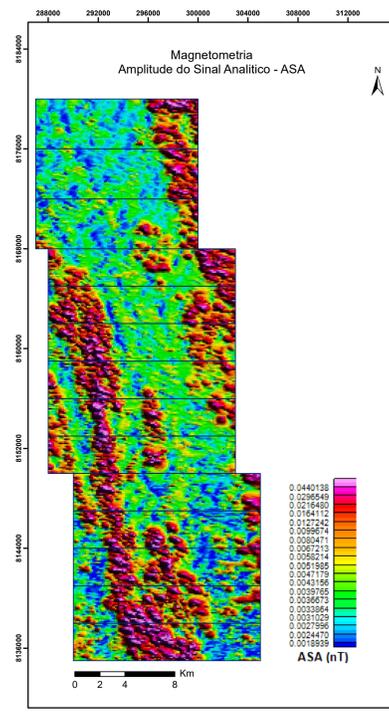
Prof. Dr. Martino Giorgioni
Profa. Dra. Eliza Inez Nunes Peixoto

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:** Fátima 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, Vitor 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



Neoproterozoico

Grupo Bambuí

NPBs Formação Sete Lagoas

Mesoproterozoico

Grupo Paranoá

MPPcb Formação Córrego do Barreiro

Grupo Canastra

MPCsl Formação Serra do Landim

Formação Quilombo

MPQrf Membro Ribeirão do Franco

MPQrp Membro Ribeirão da Porteira

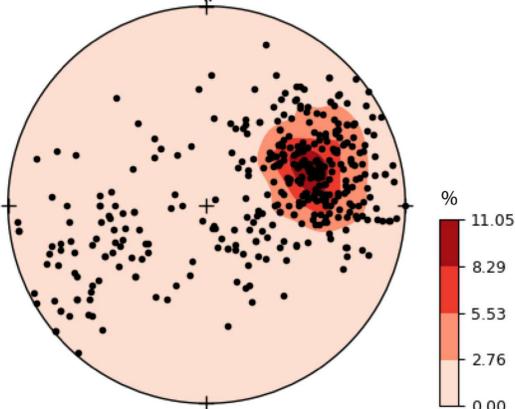
Convenções Geológicas

- Acumamento - S0
- Foliação principal - Sp
- Foliação paralela ao acumamento - 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 sinclinal com caimento

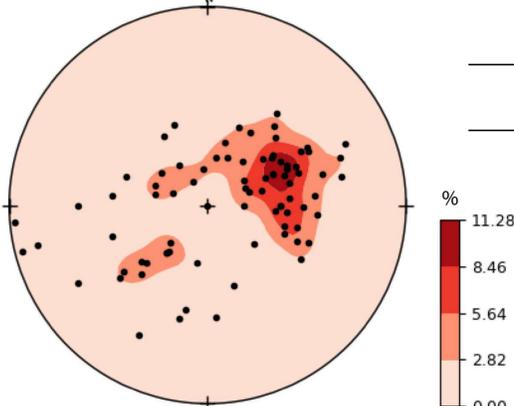
Convenções Cartográficas

- Via asfaltada
- Via de uso contínuo
- Drenagem
- Limite Subárea VIII

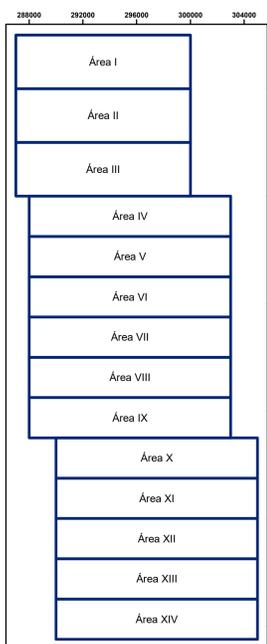
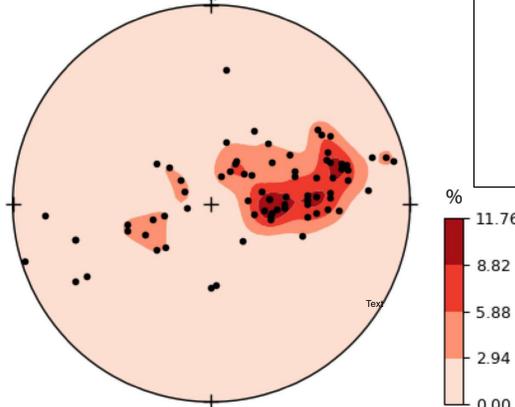
S0 Formação Quilombo (N = 399)



S0 Grupo Paranoá (N = 82)



S0 Grupo Canastra (N = 76)

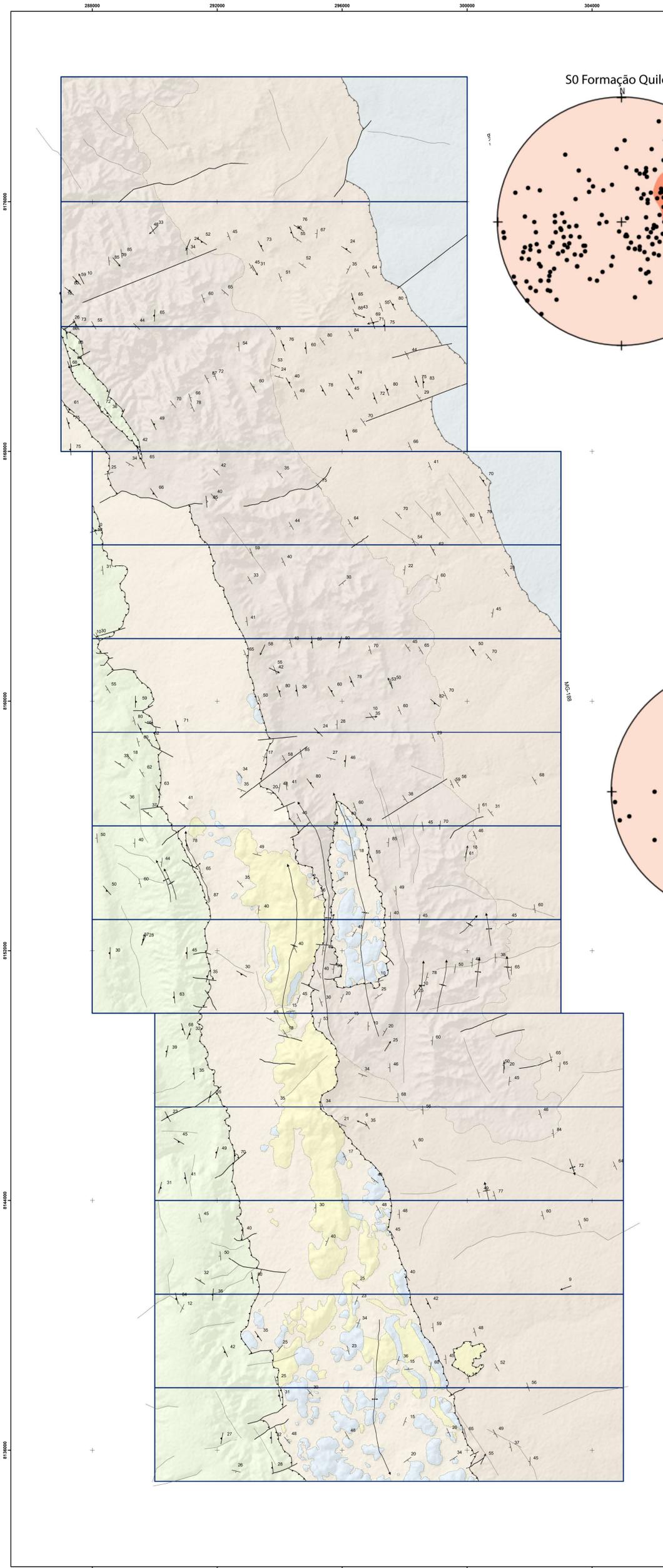


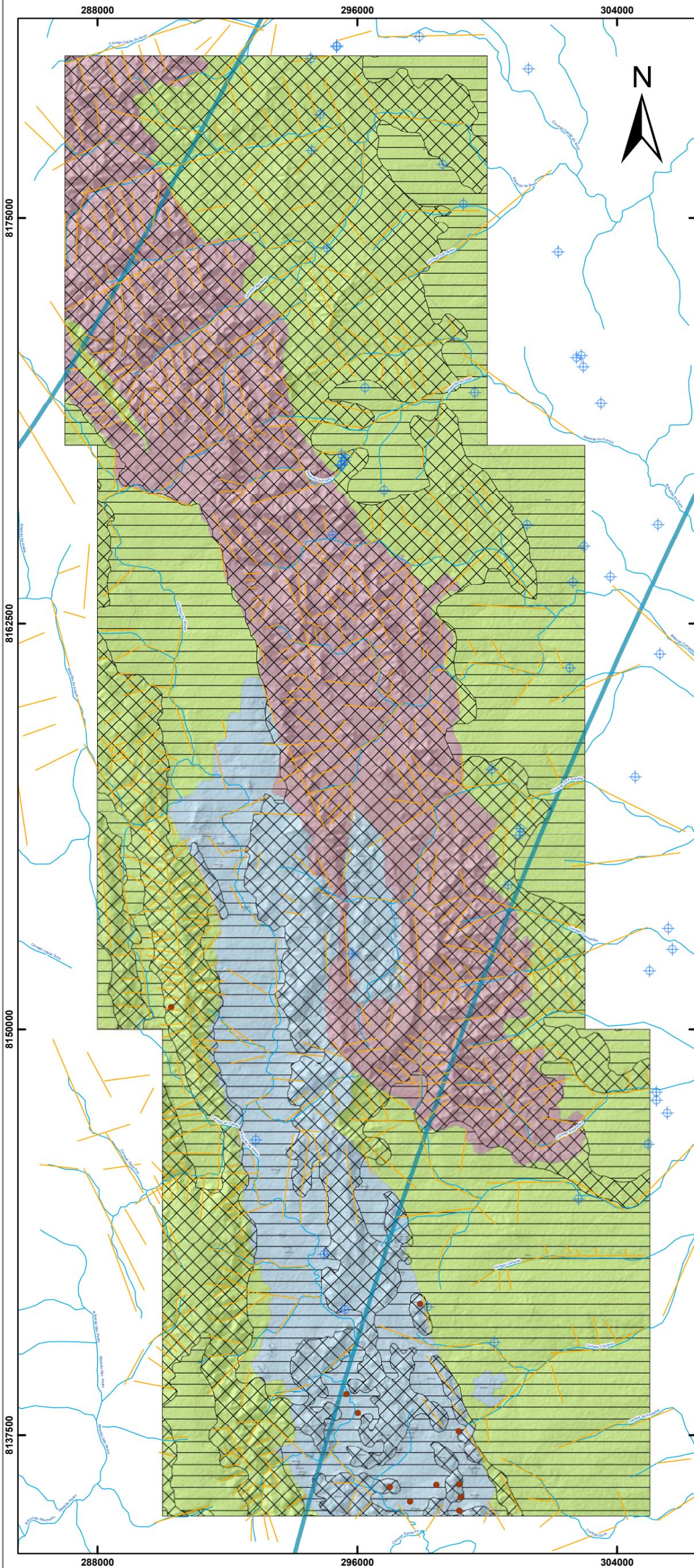
1:50000

UTM Zona 23S

Datum SIRGAS 2000

Relevo Sombreado (ângulo de iluminação 315°) - ALOS/PALSAR





- 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_z . O fluxo é laminar. As principais rochas reservatório são: 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 intracristalinos e oncolíticos e doleritos intracristalinos e oncolíticos.

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 (dacito 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 galeto-suportados subordinados. Rochas com coloração escura quando não alteradas passando a amarelada, ocre e rosada quando alteradas. Contatos bruscos entre as camadas individuais.

Diagrama de Rosetas dos Lineamentos Morfoestruturais Projeto Unai

