



Universidade de Brasília

Instituto de Geociências

Graduação em Geologia

Luís Henrique Prates Lima

Raíssa da Silva Carvalho

Projeto Campos Belos (GO)

SUBÁREA II

Trabalho de Mapeamento Geológico Final

Volume I

Brasília/DF

2022

Luís Henrique Prates Lima

Raíssa da Silva Carvalho

Projeto Campos Belos

SUBÁREA II

Trabalho de mapeamento final do curso de graduação em Geologia apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Geologia.

Coordenador

Prof. Dr. Federico Alberto Cuadros Jiménez

Equipe

Prof. Dr. Elton Dantas

Prof. Dr. Martino Giorgioni

Prof. Dr. Nilson Francisquini Botelho

Prof. Dr. Valmir da Silva Souza

Orientador: Prof. Dr. Federico Alberto Cuadros Jiménez

Brasília/DF

2022

Luís Henrique Prates Lima

Raíssa da Silva Carvalho

Projeto Campos Belos

SUBÁREA II

Trabalho de mapeamento final do curso de graduação em Geologia apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Geologia.

Prof. Dr. Federico Alberto Cuadros Jiménez
(Orientador)

Prof. Dr. Elder Yokoyama
(Convidado 1)

Prof.^a Dr.^a Maria Emília Schutesky
(Convidada 2)

Brasília/DF

2022

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, pelo dom da vida. E ao Universo, pela oportunidade ímpar de ser geóloga.

À minha família, em especial, meus pais: Sandra, que esteve comigo em todos os momentos dessa empreitada, Fernando e Pilar, pelo apoio e torcida, e meu irmão Léo, pelo apoio incondicional.

À minha avó Quitita.

À Universidade de Brasília e servidores: Prof. Dr. José Eloi Guimarães Campos, e Prof. Dr. Federico Alberto Cuadros, pela orientação paciente impecável. Aos servidores: Mendes, Sr. Amadeu e Serjão, pelo cuidado.

Aos meus amigos de jornada: Luís Henrique, Matheus Ferreira (Paracatu), Jess, Chiara, e à toda equipe do TF2020.

Às minhas amigas Laura, Camila, e Giovana, pelo apoio e paciência.

Ao meu companheiro e parceiro dessa jornada geológica e cósmica que é viver, Osvaldo.

Ao grande mestre Walid, pelos ensinamentos e apoio.

A todos vocês, gratidão pela catalisação dos processos no *timing* sempre perfeito do Universo.

Raíssa.

Meus sinceros e profundos agradecimentos a todos que cruzaram caminhos comigo e fizeram parte da minha caminhada ao longo dos anos na Universidade. Agradeço aos meus mestres e mentores espirituais que me mantiveram em um caminho de bem e de amor.

À minha companheira amada, Talita que se manteve sempre ao meu lado, me apoiando em cada decisão, me fortalecendo e sendo meu pilar para continuar buscando esta conquista. À minha filha querida, Cora, que foi o motivo para continuar batalhando e correndo atrás deste sonho.

Aos meus pais, Júnior e Carla pelo dom da vida e irmão Artur por toda a caminhada que ajudou a construir quem sou hoje, pelo apoio e confiança. À Mariana, pela dedicação e todo esforço em passos importantes da minha vida.

Aos grandes amigos que ganhei nesta caminhada universitária. À Raíssa, pelo apoio durante todo este tempo e toda a dedicação no Trabalho Final, Toni e João, por todas as risadas e noites de trabalho e todos os demais membros do TF 2021, que se dedicaram na realização deste trabalho. À toda a comissão de orientadores do TF pela dedicação e compreensão com a situação atípica na qual foi realizado o trabalho.

Um grande agradecimento aos mentores e colegas que confiaram em mim e me apoiaram na missão de me estabelecer como profissional.

Luís Henrique



“Colocarei meus pés em trilhas, pedras, manguezais, fazendo o elo entre os meus filhos e ancestrais. Serei sincero com o meu verdadeiro ser, quero servir, quero ensinar, eu vim para aprender.”

O Viajante, Forfun.

RESUMO

A geologia da área do Projeto Campos Belos, inserida na região nordeste do estado de Goiás e sudeste do estado do Tocantins, entre os municípios de Campos Belos (GO) e Arraias (TO), foi cartografada na escala 1:50.000. O contexto geológico desta região é a exposição do setor setentrional da Faixa Brasília, Domínio Cavalcante-Arraias. Neste contexto, as rochas da Formação Ticunzal, unidade mais antiga e embasamento, e é intrudida pelos granitos peraluminosos da Suíte Aurumina, durante o Paleoproterozoico. Ao final do Paleoproterozoico, o terreno é submetido ao rifteamento Estateriano, que origina as rochas vulcanossedimentares do Grupo Araí, depositadas sobre a sequência anterior. E por fim, de idade Neoproterozoica em um contexto de *foreland basin*, depositam-se os sedimentos que posteriormente deram origem às rochas do Grupo Bambuí. Na subárea II, foram mapeados o membro Au1 da Suíte Aurumina, compostos por Biotita-Muscovita Monzogranitos, e o meta quartzo arenito e meta arenito, associados ao Grupo Araí. A região do projeto é afetada por três eventos tectono-metamórficos, sendo dois deles no Paleoproterozoico, e o mais novo, no Neoproterozoico, são eles, respectivamente: (i) E₁, restrito à Formação Ticunzal e Suíte Aurumina, caracterizado por regime tectônico compressivo e dúctil, foliações de ângulo variável e retrometamorfismo em fácies xisto verde; (ii) E₂, de caráter rúptil, em contexto de tectônica de rifteamento extensional, e foliações de alto ângulo; e (iii) E₃, evento associado à tectônica transpressiva dextral, de caráter dúctil a dúctil-rúptil, que afeta todas as formações rochosas do projeto, sendo o Grupo Bambuí, o menos afetado para o contexto de estudo.

Palavras-chave: Faixa Brasília, Domínio Cavalcante-Arraias, Formação Ticunzal, Suíte Aurumina, Grupo Araí, Grupo Bambuí.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGHT: Amplitude do Gradiente Horizontal Total
ALOS: *Advanced Land Observing Satellite*
ANM: Agência Nacional de Mineração
An: Anortita
Bt: Biotita
Chl: Clorita
CMC: Campo Magnético Crustal
CME: Campo Magnético Externo
CMI: Campo Magnético Interno
CPRM: Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais
DZ: Derivada vertical
1DZ: Primeira Derivada Vertical
Ep: Epidoto
ESRI: *Environmental Systems Research Institute*
FDB: Faixa de Dobramentos Brasília
IG: Instituto de Geociências
K: Potássio
Kf: Feldspato potássico
LABLAM: Laboratório de Laminação
MDE: Modelo de Elevação Digital
MME: Ministério de Minas e Energia
Ms: Muscovita
NASA: *National Aeronautics and Space Administration*
PALSAR: *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*
P//: Nicóis paralelos
PX: Nicóis cruzados
Pl: Plagioclásio
ppm: Partes por milhão
Qtz/Qz: Quartzo
Sct: Sericita
SGB: Serviço Geológico do Brasil
SIGMINE: Sistema de Informações Geográficas da Mineração

SIRGAS: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SRTM: *Shuttle Radar Topography Mission*

Th:Tório

TIF: Tagged Image File

U: Urânio

UnB: Universidade de Brasília

USAF: *United States Air Force*

UTM: *Universal Transversa de Mercator*

ZCA: Zona de Cisalhamento Arraias

SUMÁRIO

1. Introdução.....	14
1.1 Apresentação.....	14
1.1.1 Objetivos	14
1.2 Localização e vias de acesso.....	15
1.3 Aspectos Fisiográficos.....	15
1.3.1 Geomorfologia.....	15
1.3.2 Pedologia.....	16
1.3.3 Clima.....	16
1.3.4 Vegetação.....	17
1.3.5 Hidrografia.....	17
1.4 Aspectos Econômicos, Políticos e Humanos.....	18
1.5 Materiais e Métodos.....	18
1.5.1 Etapa Pré-Campo.....	19
1.5.2 Etapa Campo.....	20
1.5.3 Etapa Pós-Campo.....	20
2. Contexto Geológico Regional.....	21
2.1 Introdução.....	21
2.2 Faixa de Dobramentos Brasília.....	21
2.3 Setor Setentrional da Zona Externa da Faixa Brasília	24
3. Geotecnologias.....	29
3.1 Introdução.....	29
3.2 Sensoriamento Remoto.....	29

3.2.1 Banco de Dados.....	30
3.2.2 Processamento de Imagens.....	30
3.2.3 Interpretação de Dados.....	32
3.3 Geofísica.....	36
3.3.1 Banco de Dados e Processamento.....	36
3.3.2 Interpretação.....	37
3.3.2.1 Magnetometria.....	37
3.3.2.2 Gamaespectrometria.....	40
4. Estratigrafia e Petrografia.....	46
4.1 Unidades Litoestratigráficas do Projeto Campos Belos.....	46
4.1.1 Domínio Cavalcante-Arraias.....	47
4.1.1.1 Suíte Aurumina.....	48
4.1.1.2 PP γ au1.....	49
4.1.1.3 PP γ au1 Domínio Protomilonitizado.....	52
4.1.1.4 PP γ au1 Domínio Ultramilonitizado.....	54
4.1.1.5 PP γ au1 Veios de Quartzo.....	56
4.1.2 Grupo Araí, Formação Arraias.....	57
4.1.2.1 PP4a (indiferenciada) Meta arenito.....	57
4.1.2.2 PP4aqo Meta quartzo Arenito.....	59
5. Geologia Estrutural.....	62
5.1 Introdução.....	62
5.2 Domínios Estruturais do Projeto Campos Belos.....	64
5.3 Domínios Estruturais da Subárea II.....	67
5.4 Análise da Deformação.....	71

5.4.1 Evento E ₁	71
5.4.2 Evento E ₂	72
5.4.3 Evento E ₃	72
6. Potencialidades Econômicas.....	76
6.1 Introdução.....	76
6.2 Substâncias Observadas.....	77
6.2.1 Urânio.....	77
6.2.2 Fosfato.....	78
6.2.3 Areia e Cascalho.....	78
6.3 Substâncias Não Observadas.....	79
6.3.1 Ouro.....	79
6.3.2 Ilmenita.....	81
6.3.3 Cobre.....	81
7. Evolução Geotectônica.....	82
7.1 Introdução.....	82
7.2 Pré Colagem Riacciana.....	83
7.2.1 Deposição da Formação Ticunzal.....	83
7.3 Colagem Riacciana.....	84
7.3.1 Intrusão da Suíte Aurumina.....	84
7.4 Riftingamento Estateriano.....	85
7.4.1 Rife do Araí.....	85
7.5 Eventos Neoproterozoicos.....	87
7.5.1 Deposição do Grupo Bambuí e Formação Jequitáí.....	87
7.5.2 Orogenia Brasileira.....	88

8. Conclusões e Recomendações.....	90
8.1 Conclusões.....	90
8.1.1 Mudanças Cartográficas.....	90
8.2 Recomendações.....	92.
9. Referências Bibliográficas.....	93

1. Introdução

1.1 Apresentação

O curso de Geologia da Universidade de Brasília tem como pré-requisito para a obtenção do título de bacharel em Geologia a disciplina intitulada Trabalho Final de mapeamento, a qual este ano desenvolveu o Projeto Campos Belos - GO, coordenado pelo Professor Dr. Federico Alberto Cuadros Jiménez.

O presente trabalho, realizado por onze alunos, conta com apoio financeiro e logístico fornecido pela Universidade de Brasília, assim como a colaboração e orientação dos professores: Dr. Nilson Francisquini Botelho, Dr. Martino Giorgioni, Dr. Valmir da Silva Souza, e Dr. Elton Luiz Dantas.

O Projeto Campos Belos trata-se de uma proposta de mapeamento geológico de detalhe, na escala de 1:50.000, na região nordeste de Goiás e sudeste de Tocantins, inserida no município de Campos Belos (GO) e Arraias (TO). A área de mapeamento possui 354 km², e foi dividida em cinco subáreas, quatro com dimensões 11x6 km, e uma com 12x7.5 km. Os alunos participantes do projeto foram divididos em quatro duplas e um trio para confeccionarem o mapa proposto para as cinco áreas.

Neste relatório, serão apresentadas as informações de revisão bibliográfica acerca do contexto geológico regional em que se insere a área de estudo, assim como, metodologia das demais etapas de trabalho, os resultados obtidos nas etapas de pré-campo, pós-campo e campo, bem como a discussão dos resultados obtidos e as contribuições para o conhecimento geológico da região. Esse relatório tem como foco, as informações obtidas na subárea II.

1.1.1 Objetivos

O Trabalho de mapeamento geológico final teve como objetivo a confecção de um mapa geológico de detalhe, em escala de 1:50.000, assim como a elaboração de um relatório com as principais características das respectivas subáreas. Os resultados obtidos nas etapas pré-campo, pesquisa de campo e, pós-campo, em que se aplicam os conhecimentos adquiridos durante a graduação, foram desenvolvidos na elaboração do presente relatório.

1.2. Localização e Vias de Acesso

A área do Projeto Campos Belos localiza-se na porção nordeste de Goiás, na cidade de Campos Belos, na divisa com o estado do Tocantins, a 20km da cidade de Arraias (TO) e 404km de Brasília, sendo a sede do projeto durante a etapa do trabalho de campo.

O acesso principal à cidade de Campos Belos (figura 1.1), a partir de Brasília, é através das rodovias BR-010 e GO-118. O acesso é dado pela saída norte do Distrito Federal, rodovia BR-010, passando por Alto Paraíso de Goiás, Teresina de Goiás e, Monte Alegre de Goiás até Campos Belos, seguindo a GO-118.

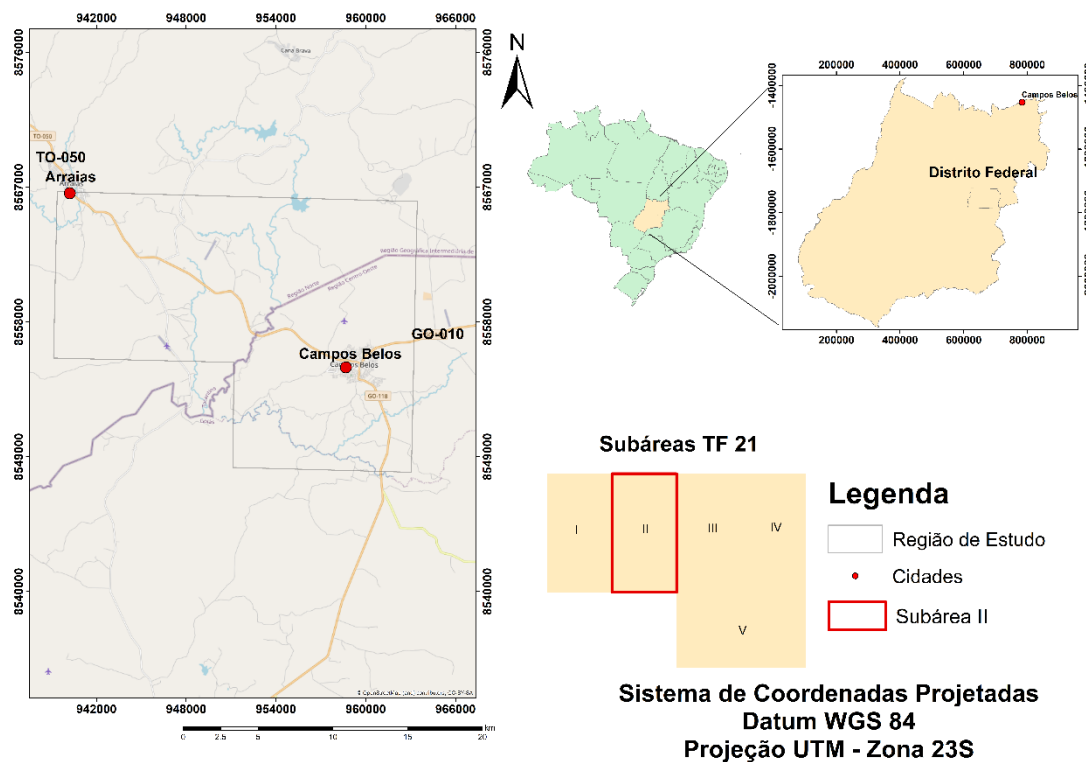


Figura 1.1 – Mapa de localização da região de estudo. Área do presente relatório destacada em vermelho.

1.3 Aspectos Fisiográficos

1.3.1 Geomorfologia

O estado de Goiás, localiza-se no Planalto Central brasileiro, com características de relevo variadas, com feições típicas de planaltos, chapadas, vales e depressões. De acordo com o Serviço Geológico do Brasil, no projeto Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal, foram definidas seis regiões subdivididas em vinte unidades geomorfológicas: Região do Planalto Central Goiano, Região do Divisor São

Francisco-Tocantins, Região dos Planaltos e Chapadas Goiás-Minas, Região dos Planaltos Setentrionais da Bacia Sedimentar do Paraná, Região dos Planaltos Areníticos-Basálticos Interiores, Região das Superfícies Aplanadas, sendo a última, região onde encontra-se localizada a área de estudo, disposta nas unidades Superfície do Tocantins e Vão do Paranã, caracterizadas a seguir.

A região das Superfícies Aplanadas caracteriza-se por ocupar espaços periféricos, ou interplanálticos que constituem o piso regional do relevo. Tratam-se de superfícies planas e baixas, resultantes da atuação de processos erosivos iniciados nas bordas das bacias sedimentares.

1.3.2 Pedologia

A subárea II é composta por plintossolos háplicos distróficos, caracterizados por ocorrerem em áreas de relevo plano ou suave ondulado, em que o escoamento de água ocorre lentamente, com restrição ao enraizamento em profundidade.

1.3.3 Clima

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen e Geiger (1936) é do tipo AW, clima tropical com inverno seco de maio a outubro e verão chuvoso de novembro a abril.

Segundo o website Climate-Data.org, acessado em 14 de fevereiro de 2022, a precipitação média anual apresenta valores em torno de 1236 mm (figura 1.2), concentrando-se principalmente nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março com médias superiores a 210 mm, e raras precipitações nos meses de junho, julho e agosto sendo julho o mês mais seco, com média de 0 mm. A temperatura média anual é de 25,2 °C, sendo setembro o mês mais quente, com média de 27,8 °C, e março com a temperatura média mais baixa do ano, 24,3 °C.

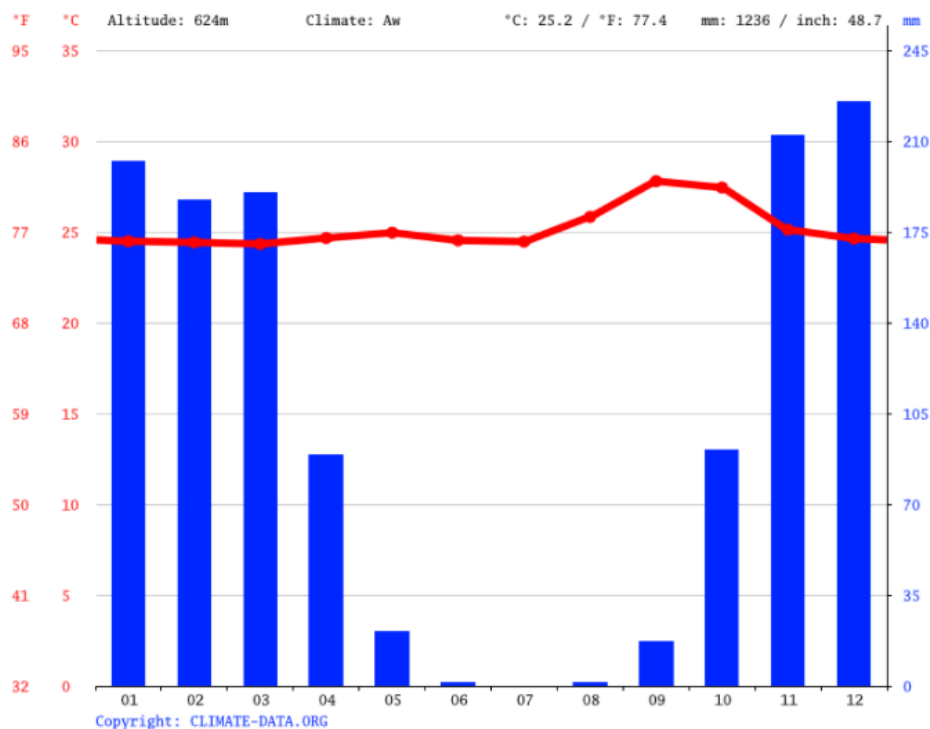


Figura 1.2- Gráfico da precipitação e temperatura média mensal na região de Campos Belos (GO).
 Fonte: Climate-Data.org (2022).

1.3.4 Vegetação

A vegetação da subárea II é composta principalmente pelo bioma Cerrado, caracterizado por grandes arbustos e árvores esparsas, arbustos tortuosos e de cascas grossas, com raízes profundas.

1.3.5 Hidrografia

A subárea II encontra-se no contexto hidrológico da Bacia do Tocantins/Araguaia. Com uma área de 960 mil km² aproximadamente, ela drena cerca de 11% do território nacional sendo a segunda bacia hidrográfica em produção de energia do país, com presença de hidrelétricas. A maioria de seus rios são navegáveis, possuindo grande importância econômica para a região, sobretudo para o transporte de produtos agrícolas. O Rio Bezerra ocorre como maior da região, na divisa entre os estados do Goiás e Tocantins, e atualmente, funciona de forma intermitente em alguns locais pontuais em função da seca no período entre abril e outubro. Na região da subárea II, ocorrem os córregos Jerônimo de Sal e Carvalho.

1.4 Aspectos Econômicos, Políticos e Humanos

A economia da região gira em torno da pecuária de corte e agricultura, sendo a pecuária de corte o principal motor econômico. Além disso existe o incentivo a eventos culturais, que realizados na cidade, atraem turistas que aumentam o volume de vendas no comércio local. O artesanato também desempenha um importante espaço na economia.

Outro fator econômico importante, são as verbas da prefeitura, do governo do estado e do Governo Federal que juntos mantêm a folha de pagamento paga, para que os funcionários mantenham o comércio em movimento.

A cidade de Campos Belos surgiu em função do garimpo de Ouro, na segunda metade do século XIX. Em meados de 1980, o Serviço Geológico Brasileiro também pesquisou a ocorrência de Cassiterita na região. Atualmente, as atividades associadas a mineração são ligadas a empresa canadense Itafós, que atua como mineradora de fosfato granulado na região, além da produção de ácido sulfúrico.

1.5 Materiais e Métodos

A elaboração deste relatório compreendeu diferentes etapas, sendo elas genericamente caracterizadas como: etapa pré-campo, campo e pós-campo, de forma que associados às referidas etapas, tem-se diversos processos e procedimentos inerentes à realização do trabalho, como: revisão bibliográfica da região; avaliação preliminar por meio de estudos aerogeofísicos e sensoriamento remoto; processamento de dados, entre outros processos, que serão posteriormente detalhados. O projeto teve a duração de aproximadamente 9 meses, com início das atividades no meio do mês de agosto de 2021, e fim no início de maio de 2022. Foi estabelecido um cronograma (tabela 1) para a realização das principais atividades e entrega dos capítulos do trabalho. Em função da pandemia do COVID-19, as atividades de campo foram realizadas no mês de novembro de 2021.

Atividades		AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	
Pré-Campo	Revisão Bibliográfica	■	■	■	■							
	Mapa Base		■									
	Mapa Fotointerpretado			■								
	Produtos Aerogeofísicos				■							
	Capítulo 2 - Contexto Geológico Regional											
Trabalho de Campo	15 a 30/11/2021				■							
					■							
					■							
					■							
					■							
Pós-Campo	Capítulo 2 - Contexto Geológico Regional revisado							■				
	Capítulo 1 - Introdução							■				
	Capítulo 3 - Geotecnologias								■			
	Capítulo 4 - Estratigrafia e Petrografia								■			
	Capítulo 5 - Geologia Estrutural									■		
	Capítulo 6 - Potencialidades Econômicas									■		
	Capítulo 7 - Evolução Geológica									■		
	Capítulo 8 - Conclusões e recomendações									■		
	Mapa Geológico Integrado Digital									■		
	Defesas										■	

Tabela 1.1 – Cronograma de atividades propostas para o Trabalho de Mapeamento Geológico Final 2021-2022.

1.5.1 Etapa Pré-Campo

As atividades desenvolvidas da etapa pré-campo tiveram como objetivo o reconhecimento da geologia regional da área a ser mapeada. Assim, foram consultados os principais trabalhos e referências bibliográficas inseridos no contexto da Província Tocantins. Destacam-se os trabalhos de Almeida (1986), Gorayeb (1996) e o relatório da CPRM: Geologia e Recursos Minerais das Folhas Campos Belos SD.23-VC, e Arraias SC.23-VA, e o estudo preliminar da região de interesse com o uso das geotecnologias. Os principais produtos obtidos com o uso do sensoriamento remoto foram: (i) mapa base, a partir da extração de vias, drenagens, corpos d'água, e localidades urbanas e rurais; (ii) mapa de

relevo; e (iii) mapa de zonas homólogas. Os métodos aerogeofísicos utilizados foram a magnetometria e a gamaespectrometria, com destaque para as feições estruturais nos mapas de domínios magnetométricos e lineamentos (TILT e Dz), e delimitação de contatos no mapa de domínios gamaespectrométricos.

Os principais softwares utilizados nessa etapa foram: ArcGIS™ 10.3 e Google Earth™ Pro.

1.5.2 Etapa Campo

A etapa campo ocorreu entre os dias 15 e 30 de novembro de 2021, e consistiu no mapeamento geológico por meio de perfis de caminhamentos pré-definidos em função das principais direções morfoestruturais. O sistema de projeção de coordenadas utilizado é o Universal Transversa de Mercator (UTM), com datum horizontal SIRGAS 2000 (Zona UTM 23S). As atividades de campo consistiram na descrição de litotipos e levantamento de medidas estruturais associadas aos mesmos, além da coleta de amostras representativas. O mapa e seção geológicos preliminares foram o produto final desta etapa. No contexto da subárea II, foram levantados 114 pontos descritivos e coletadas 30 amostras litológicas, das quais, 10 foram selecionadas para a confecção de lâminas polidas no Laboratório de Laminação (LABLAM/IG-UnB). Adicionalmente, utilizou-se o aplicativo Avenza Maps para navegação e planejamento de perfis de caminhamento.

1.5.3 Etapa Pós-Campo

A etapa pós-campo abrangeu os meses de janeiro a maio de 2022. As atividades consistiram em refinamento, integração e interpretação dos dados coletados nas etapas anteriores. Os resultados obtidos são: (i) mapa geológico e descrição das unidades geológicas e potencialidades econômicas; (ii) mapa de domínios estruturais; e (iii) relatório detalhando a descrição da estratigrafia, petrografia, eventos tectônicos e evolução geotectônica

Para a realização das análises petrográficas, utilizou-se um microscópio petrográfico polarizador de luz transmitida e refletida, e câmera acoplada ao microscópio para captura de fotos de detalhe (fotomicrografia). A microscopia de luz transmitida foi utilizada para análise de seções delgadas de minerais translúcidos. Já a microscopia de luz refletida utilizou-se para analisar minerais opacos.

2. Contexto Geológico Regional

2.1 Introdução

Neste capítulo serão descritas as principais características das unidades geológicas que compõem a área do Projeto Campos Belos, de forma a compreender o arcabouço geológico regional. O presente tópico desenvolveu-se a partir de revisões bibliográficas, com o intuito de reunir os principais aspectos geológicos, estratigráficos, estruturais, geofísicos, geocronológicos, sedimentológicos, ígneos e metamórficos das unidades que afloram na região.

As informações acerca da área de estudo compreendem diversos trabalhos já publicados, e para a confecção desse capítulo, foram consultados os trabalhos de Alvarenga et. al. (2007), Bogossian et. al. (2012), Cuadros et. al. (2017a; 2017b), Fuck et. al. (2014), Monteiro et. al. (2009), e Sousa et. al. (2015). Algumas sínteses geológicas e hipóteses recentes do entendimento da Província Tocantins foram publicadas por Costa (1982), Costa et. al. (1984), e Gorayeb (1996), com metodologia focada no uso de fotografias aéreas e reconhecimento de campo. Acerca da região de interesse, localizada na região SE do Tocantins e NE de Goiás, os primeiros trabalhos de cunho geológico são resultado de informações coletadas por Almeida (1977), que agrupou várias unidades dentro do Complexo Basal, atribuindo-lhes idades pré-Cambrianas.

2.2. Faixa de Dobramentos Brasília

A área de estudo insere-se no contexto geológico que compreende a Província Tocantins, localizada na parte central do território brasileiro. Almeida et. al. (1977) e Hasui et. al., (1984) definiram a Província Tocantins como uma compartimentação geotectônica decorrente da amalgamação dos Crátons Amazônico, São Francisco e do bloco Paranapanema, na porção oeste do supercontinente Gondwana, durante a Orogênese Brasileira. Essa colisão resultou na formação de três faixas dobradas principais, sendo essas, a Faixa Paraguai, a Faixa Araguaia e a Faixa Brasília (figura 2.1).

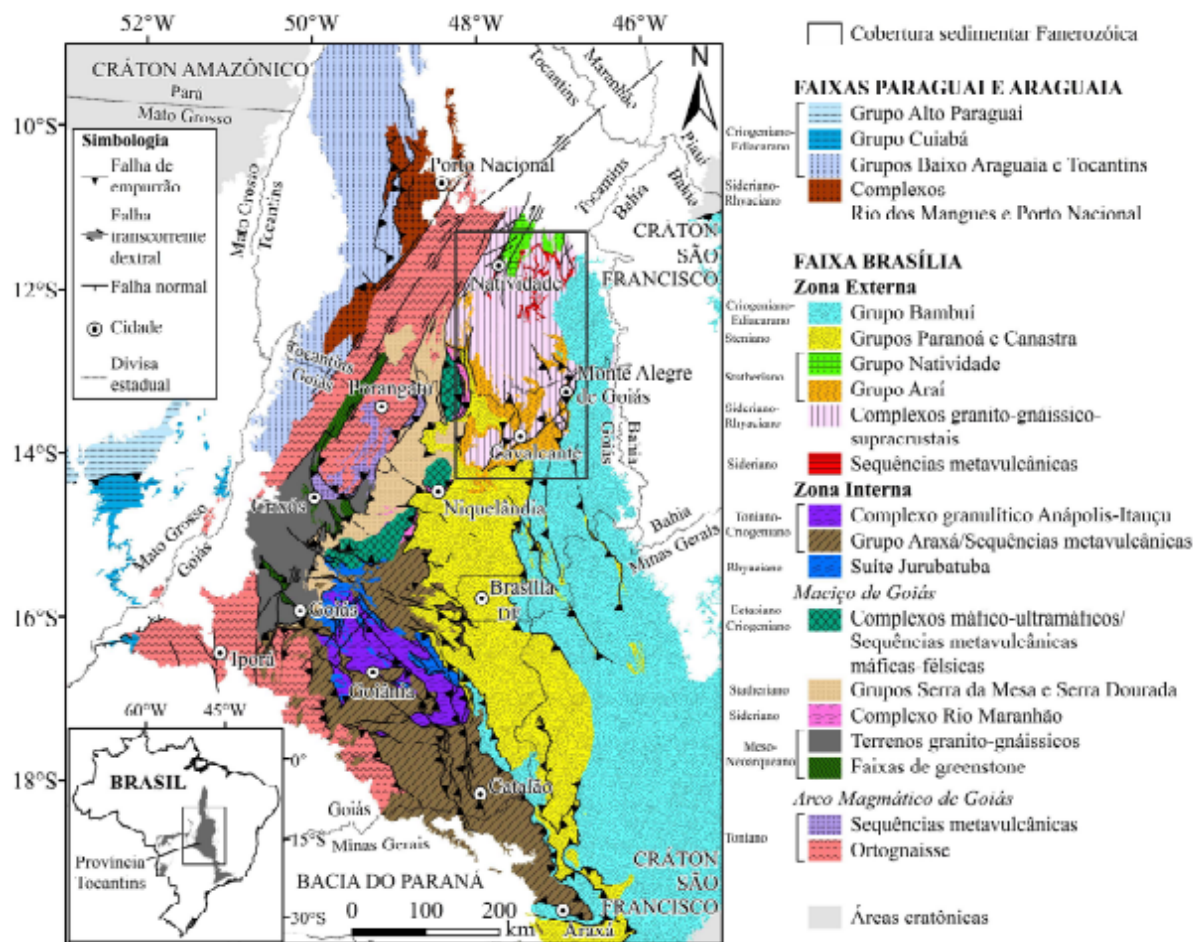


Figura 2.1 - Mapa geológico simplificado da Faixa Brasília. Modificado de Pimentel et. al. (2004) com ajuda das cartas geológicas ao milionésimo do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM: <https://geobank.cprm.gov.br>).

A Faixa de Dobramentos Brasília (FDB), possui extensão superior a 1.100km, desenvolvida na borda ocidental e meridional do Cráton São Francisco durante o Brasiliano (Almeida et. al. 1977). Representa o complexo de dobras e falhas de empurrão com vergências tectônica e metamórfica em direção ao Cráton São Francisco (Fuck et. al. 1994).

Dados geocronológicos de U-Pb e Rb-Sr distinguem dois eventos metamórficos na Faixa de Dobramentos Brasília, o primeiro em $\sim 750\text{Ma}$ e o último em $\sim 630\text{Ma}$, que representa o ápice do metamorfismo na faixa, associado à Orogênese Brasileira (Pimentel et. al. 1991, 1992).

A estruturação da Faixa de Dobramentos Brasília é caracterizada por um ramo de posição setentrional, orientado a NE, e outro meridional, de orientação NW, que apesar de apresentarem evolução geotectônica única, apresentam características distintas entre si. Fuck et. al. (2005) propôs a divisão da Faixa de Dobramentos Brasília, em Faixa Brasília

Setentrional e Faixa Brasília Meridional.

A Faixa Brasília Setentrional é estruturada em três compartimentos distintos, sendo eles: i) Embasamento Ortognaissico Paleoproterozoico, representado pelo Bloco Almas-Dianópolis; ii) Maciço de Goiás, Grupo Serra da Mesa e porções do Grupo Araxá. O Maciço de Goiás compreende o Bloco Arqueano Crixás-Goiás, constituído por ortognaisses e em menor proporção, sequências greenstone belts, além dos complexos máficas-ultramáficas de Barro Alto, Niquelândia e Cana-Brava, e as sequências Vulcano-sedimentares associadas a Juscelândia, Idianópolis e Palmeirópolis; iii) Arco Magmático de Goiás, constituído por ortognaisses e sequências vulcanossedimentares neoproterozoicas, dividido em Arco Magmático de Mara Rosa na porção norte, e Arco Magmático de Arenópolis na porção Sul (Fuck et. al., 2005).

A Faixa Brasília Meridional também é compartimentada em três segmentos, são eles: i) Depósitos Sedimentares de Margem Passiva, representados pelo cinturão de dobras e empurrões, sobrepostos por rochas do Grupo Araxá, e que consiste essencialmente em rochas metassedimentares; ii) Núcleo Metamórfico, representado por rochas de alto grau do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, e iii) Prolongamento do Arco Magmático de Goiás, encoberto parcialmente por sedimentos da bacia do Paraná (Fuck et.al., 2005).

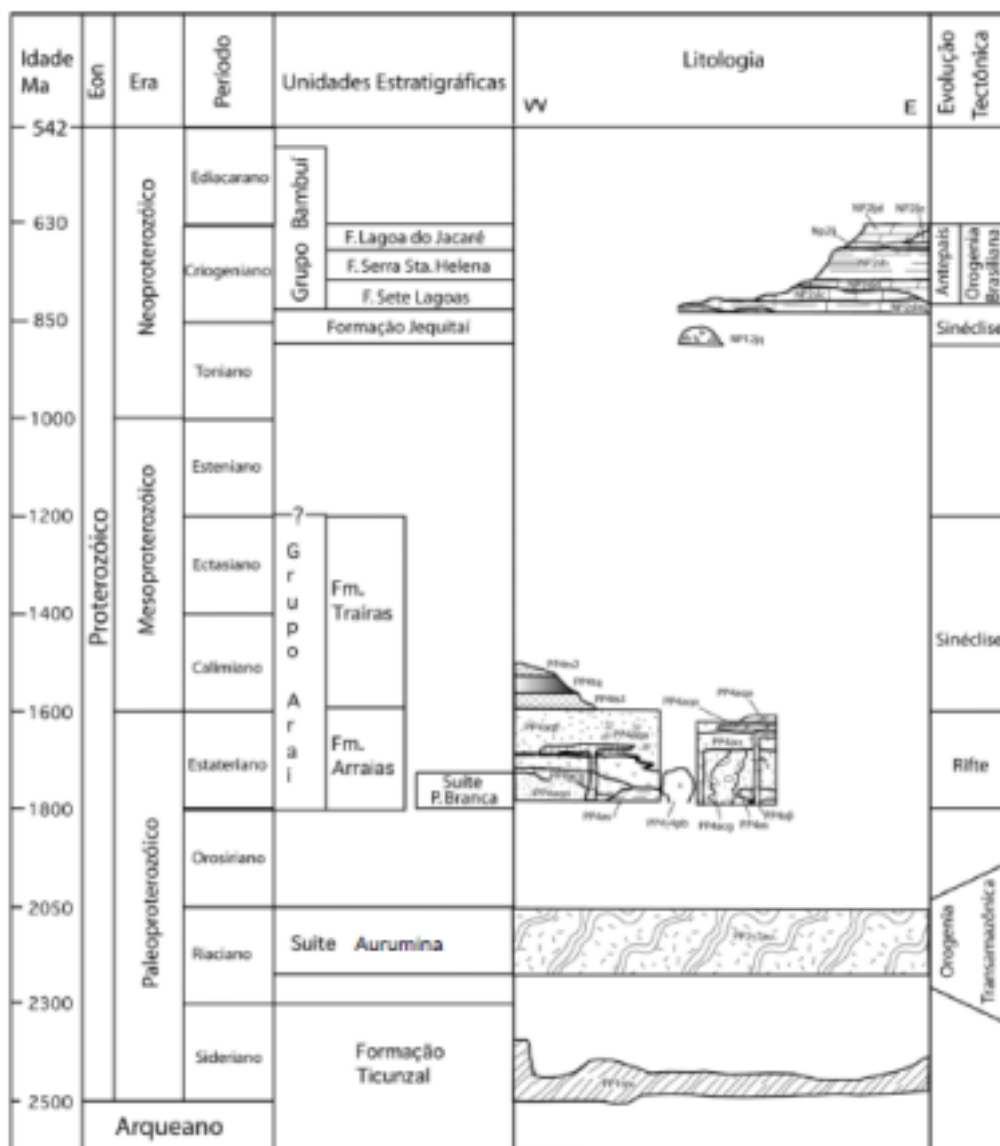


Figura 2.12 - Carta estratigráfica das unidades geológicas definidas e encontradas no trabalho de mapeamento das folhas Monte Alegre de Goiás, Nova Roma e Cavalcante (Alvarenga et. al. 2006).

2.3. Setor Setentrional da Zona Externa da Faixa Brasília

A porção Setentrional da Zona Externa da Faixa Brasília, foi subdividida em domínios crustais separados por grandes zonas de cisalhamento, com assinaturas isotópicas distintas (Fuck et. al. 2014). Foram definidos os seguintes domínios: Cavalcante-Arraias, Almas-Conceição do Tocantins, Arco Magmático de Goiás, e Porto Nacional-Ipueiras.

A região abordada no presente trabalho abrange os domínios Cavalcante-Arraias e Almas-Conceição do Tocantins, a serem detalhadas a seguir.

O domínio Almas-Conceição do Tocantins localiza-se entre Almas, Dianópolis e Conceição do Tocantins, e é composto por tonalitos, granodioritos e granitos intrusivos no Grupo Riachão do Ouro, compartimentado em Formação Córrego do Paiol, na base, e Formação Morro do Carneiro, no topo (Sousa, 2015).

O domínio Cavalcante Arraias estende-se a sul desde Arraias e Paranã até Cavalcante e Teresina de Goiás, e é em grande parte composto pelo Grupo Araí, que é recoberto pelo Grupo Bambuí a Leste. Essas sequências recobrem, por sua vez, granitóides peraluminosos pertencentes à suíte Aurumina (Botelho et. al. 2006), intrusivos na Formação Ticunzal.

As unidades descritas a seguir, estão inseridas no domínio Cavalcante-Arraias. A região de estudo faz parte de um contexto no qual se inserem, da base para o topo as unidades litoestratigráficas: Formação Ticunzal, Suíte Aurumina, Grupo Araí, e Grupo Bambuí

2.3.1 Formação Ticunzal

Teve sua seção-tipo definida na região da Serra do Ticunzal e Tombador, município de Cavalcante (GO) por Marini et. al. (1978). Cuadros et. al. (2017b) dataram com U-Pb em zircão detrítico 2.16 e 2.19 Ga para a Formação. Dados de Sm-Nd sugerem idades mais antigas do que 2,15 Ga. A Formação Ticunzal estabelece contatos com a Suíte Aurumina, Suíte Pedra Branca, Grupos Araí e Bambuí.

A Formação Ticunzal constitui-se essencialmente por rochas metassedimentares, que podem ser agrupadas em três litofácies: Litofácies PP1t zp: paragnaisses que contém restos de granada e cristais de grafita; Litofácies PP1t zx: quartzo muscovita xistos, associados a muscovita granada xistos e clorita muscovita quartzo xistos, com pequenas concentrações de óxidos de manganês; Litofácies de metaconglomerados e quartzitos: níveis de metaconglomerados e microconglomerados, com matriz arenosa, associados a quartzitos e quartzo xistos mal selecionados (Botelho et. al. 2002).

Idades modelo Sm-Nd para a Formação Ticunzal apontam para fontes de 2.5 a 2.8 Ga, sugerindo que os sedimentos precursores da formação sejam derivados de rochas arqueanas (Sousa et. al. 2015).

2.3.2 Suíte Aurumina

Composta por granitos aflorantes entre Teresina de Goiás e o povoado de Aurumina (Botelho et. al. 1999). A área-tipo em Aurumina, é representada por um restrito corpo de biotita muscovita granito, milonitizado e alongado segundo N30W, que intrude granitos milonitizados considerados como parte da própria Suíte Aurumina, que se estende para as regiões de Cavalcante, Nova Roma, Monte Alegre de Goiás, e Campos Belos, em Goiás, e Arraias, no Tocantins (Alvarenga et. al. 2006). Além de estabelecer relações de intrusão com a Formação Ticunzal, apresenta contatos com o Grupo Bambuí, Suíte Pedra Branca e o Grupo Araí.

A Suíte Aurumina está subdividida em cinco membros: Au1, Au2, Au3, Au4 e Au6 com assembleias magmáticas constituídas por muscovita, biotita, granada e lamelas discretas de grafita (Cuadros, 2017a).

Membro Au1: definido essencialmente por um litotipo de muscovita monzogranito, em que a muscovita ocorre em grandes lamelas, com caráter pré a sin-tectônico. Esse membro ocorre com intensa deformação e foliação milonítica.

Membro Au2: caracterizado por biotita muscovita monzogranito, que se distribui espacialmente entre o nordeste do Goiás e o sudeste do Tocantins, com mineralizações de ouro ocorrendo nas zonas de contato entre esse membro e a Formação Ticunzal.

Membro Au3: composto essencialmente por biotita tonalito-granodiorito, em geral, menos deformado do que os membros anteriores, e com foliação milonítica em domínios restritos.

Membro Au4: composto por biotita sieno-granito, com ocorrências restritas próximas à cidade de Teresina de Goiás, e apresentando deformação incipiente, que sugere uma natureza pós-tectônica.

Membro Au6: definido por albita turmalina granito e pegmatitos.

Datações U-Pb em zircão indicam idades entre 2.12 e 2.17 Ga para a Suíte Aurumina, e dados Sm-Nd mostram valores $\epsilon_{Nd}(t)$ entre -1 e -3, e idades TDM entre 2.4 e 2.6 (Sousa et. al. 2015). Segundo Pimentel & Botelho (2001), a fonte dos magmas peraluminosos da suíte Aurumina é predominantemente arqueana, com pequeno

retrabalhamento crustal.

2.3.3 Grupo Araí

O Grupo Araí é composto por espessos pacotes de rochas metassedimentares, por vezes intercalados com rochas vulcânicas, e é subdividido, da base para o topo, nas formações Água Morna, Arraias, Caldas e Traíras (Silva et. al. 2020). As rochas são caracterizadas por anquimetamorfismo, e que afloram desde a região de Alto Paraíso até o sudeste do Tocantins.

A Formação Arraias é representada por quartzitos e metaconglomerados intraformacionais, intercalados com metassiltitos sedimentados em ambientes de pré-rifte e sin-rifte, representando antigos depósitos fluviais, eólicos e transicionais, também encontram-se intercalados com basaltos, dacitos, andesito, riolitos e aglomerados vulcânicos (Dardenne, 2000). A estrutura extensional dos depósitos da fase rifte foi desenvolvida entre 1.77 e 1.6 Ga, no centro-oeste do Brasil (Alvarenga et. al. 2006), com a ocorrência de um vulcanismo bimodal de mesma idade. Através de datações com o método U-Pb em zircões, Silva et. al. (2020) sugere uma idade de 1.783Ma para as rochas vulcânicas.

A Formação Traíras é composta por rochas pelíticas com carbonato e espessas camadas de quartzito, associadas a fase pós-rifte, com deposição em ambiente marinho (Alvarenga et. al., 2006).

As rochas pertencentes ao Grupo Araí estão, por vezes, assentadas diretamente sobre o embasamento, que é representado, na região, pelos granitos peraluminosos da Suíte Aurumina (Cuadros et. al., 2017b) intrusivos nos xistos grafitosos e paragnaisses da Formação Ticunzal (Cuadros et. al., 2017a), ora em contato tectônico com os granitos anorogênicos da Suíte Pedra Branca.

2.3.4 Grupo Bambuí

Esse grupo é representado por uma associação de litofácies siliciclásticas, químicas e bioquímicas, formadas pelo acúmulo de sedimentos depositados sobre uma extensa plataforma epicontinental, onde o mar cobriu grande parte do paleocontinente São

Francisco, ao final do Neoproterozoico (Alvarenga et. al. 2006). São registradas as ocorrências nos estados de Goiás, Minas Gerais, Bahia e Tocantins.

Segundo Dardenne (1978b), o Grupo Bambuí é composto por seis formações: Formação Jequitaiá, representada por diamictitos, e pelitos maciços; Formação Sete Lagoas, com pelitos e margas na base e calcários e dolomitos no topo, onde ocorrem os fosforitos; Formação Serra de Santa Helena, com argilitos e siltitos; Formação Lagoa do Jacaré, com siltitos argilosos intercalados com bancos e lentes de calcário preto oolítico; Formação Serra da Saudade, com siltitos argilosos esverdeados e margosos, com calcário cinza na base e arcóseos esverdeados no topo; e Formação Três Marias, com arcóseos esverdeados em bancos maciços, intercalados com siltitos arcoseanos também esverdeados.

A idade do grupo Bambuí ainda é discutida, visto que ocorrem rochas em um amplo intervalo entre 950 Ma, que corresponde a abertura do Rifte Macaúbas, e 600 Ma, que marca o final do evento Brasileiro.

3. Geotecnologias

3.1 Introdução

As geotecnologias compreendem as tecnologias disponíveis relacionadas a aquisição, armazenamento, processamento e desenvolvimento de aplicações na utilização para mapeamento geológico em superfície e subsuperfície para a compreensão dos diversos parâmetros geológicos (Souza Filho & Penteado, 2003). Para o mapeamento do Projeto Campos Belos foram utilizados métodos de sensoriamento remoto e métodos aerogeofísicos de magnetometria e gamaespectrometria, aplicados ao planejamento do trabalho de campo, compreensão e discussão do contexto já cartografado em trabalhos prévios executados na região.

3.2 Sensoriamento Remoto

As análises feitas por sensoriamento remoto e seus produtos, consistem na geração de imagens a partir de um ponto aéreo, orbital ou em sobrevôo com vista para a superfície da Terra, com o objetivo principal de remover as barreiras do volume de informações e distorções associados ao sistema visual humano (Crosta, 1992). Para o Projeto Campos Belos foram utilizadas fotos aéreas e imagens multiespectrais, e a partir destes, foram gerados os produtos para análise.

3.2.1 Banco de dados

As fotos aéreas em escala 1:25.000, disponibilizadas pela CPRM, foram obtidas pela Força Aérea dos Estados Unidos (USAF) em parceria com o Exército Brasileiro durante projeto executado na década de 1960. Os arquivos fornecidos em formato TIF (fotos com metadados) foram utilizados na etapa do processamento de imagens, discutidas a seguir.

Os dados dos modelos digitais de elevação (MDE) foram obtidos na plataforma ASF Data Search em que o conjunto de fotos utilizadas foram obtidas a partir do satélite ALOS, utilizando o radar de abertura sintética PALSAR, com imagens obtidas na Banda “L”. O MDE utilizado no projeto pode ser encontrado no endereço <https://search.asf.alaska.edu/> sob o código ALPSRP156226920.

Imagens de MDE do satélite SRTM multiespectrais foram utilizadas no Projeto Campos Belos, as quais consistem na missão de cobertura total da superfície terrestre realizada em 2000 pela NASA. Foram utilizadas ainda as imagens do Google Earth com a ferramenta de análise temporal.

3.2.2 Processamento de imagens

O MDE do radar ALOS PALSAR foi inserido na plataforma ArcGIS da ESRI, onde pode-se identificar as diferentes camadas contidas no arquivo. Neste, as fotos de satélite são sobrepostas e geram um modelo digital em formato Raster em que cada pixel da imagem contém um valor de profundidade dado pelo sensor, ou seja, a cota daquele ponto em solo, o que permite a extração de curvas de nível do terreno. Para o projeto Campos Belos foram utilizadas as curvas de 50 metros e 30 metros de espaçamento, obtidas a partir do processamento com a ferramenta ‘contour’ do ArcGIS.

A análise de fotos aéreas permite a visualização com precisão das feições do terreno, como lineamentos e texturas. O processamento destas imagens deu-se de duas formas diferentes: a primeira, gerou anaglífos semi-automáticos separando em pares as fotos que apresentam sobreposição vertical e/ou horizontal, processo em que foi necessária a utilização do programa Stereophotomaker plus, que permite através da ferramenta ‘Auto Alinhamento’ a seleção das áreas com recobrimento das imagens selecionadas. Posteriormente, é selecionada a opção ‘Color Anaglyph’ para a geração da sobreposição das imagens nas cores vermelho e ciano, para serem posteriormente analisadas com o auxílio de óculos 3D. Na segunda etapa, as fotos aéreas foram então processadas utilizando o método de fotogrametria do Agisoft Metashape, para fins de análise do produto tridimensional e melhor compreensão e comparação com o MDE, curvas de nível e feições texturais de terreno (Nunes *et. al.*, 2021).



Figura 3.1: Ortofoto gerada no Agisoft.

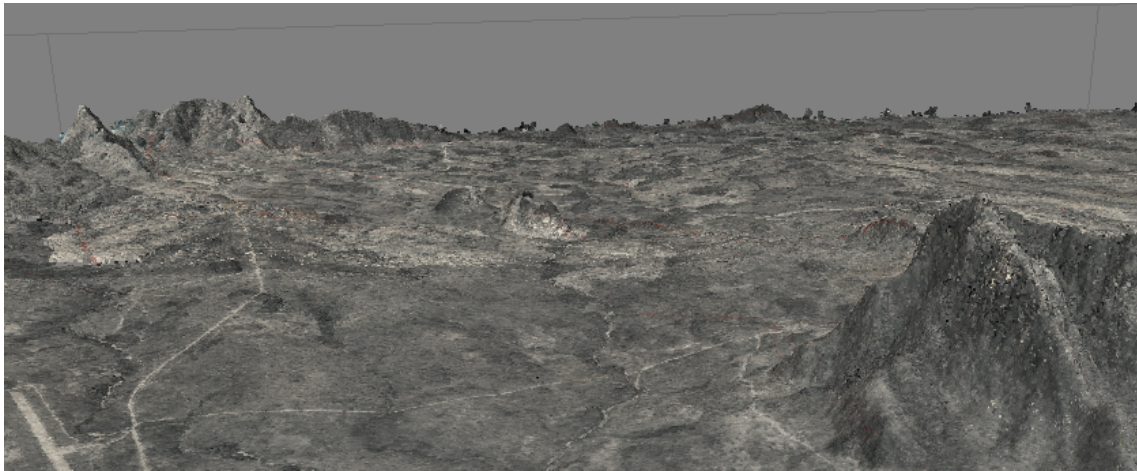


Figura 3.2: visada norte do modelo 3D do Agisoft.

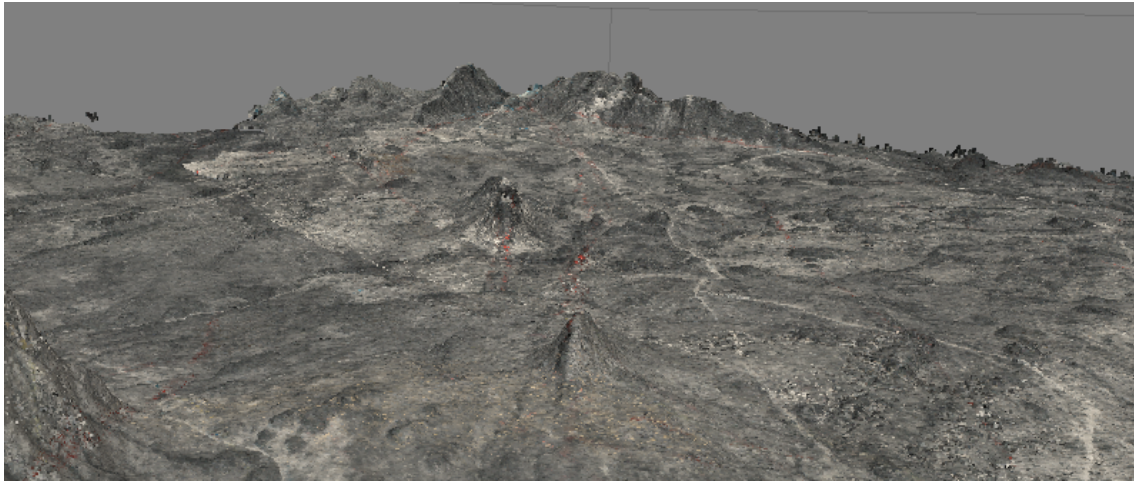


Figura 3.3: visada dos alinhamentos NW-SE da área II pelo modelo 3D do Agisoft.

3.2.3 Interpretação dos dados

A partir da delimitação de lineamentos morfoestruturais, padrões de drenagem, e definição de zonas homólogas, foi gerado o Mapa Fotointerpretado da subárea II do TF 2021, Projeto Campos Belos. Este mapa é resultado da interpretação dos produtos de sensoriamento remoto através do reconhecimento dos padrões texturais expressos principalmente pela repetição lateral de feições com forma e dimensões definidas (Riverau, 1972), que auxilia diretamente no trabalho de campo através do delineamento de domínios.

Para o contexto da subárea II, os domínios definidos no mapa fotointerpretado representaram apenas feições texturais e estruturais distintas em um mesmo litotipo, que resultou em um mapa geológico distinto do mapa fotointerpretado previamente.

Para o mapa fotointerpretado, (Figura 3.4) as legendas justificam as divisões dos domínios a partir de princípios de padrões que seguem os seguintes critérios: lineações, declividade, textura, vegetação e drenagem.

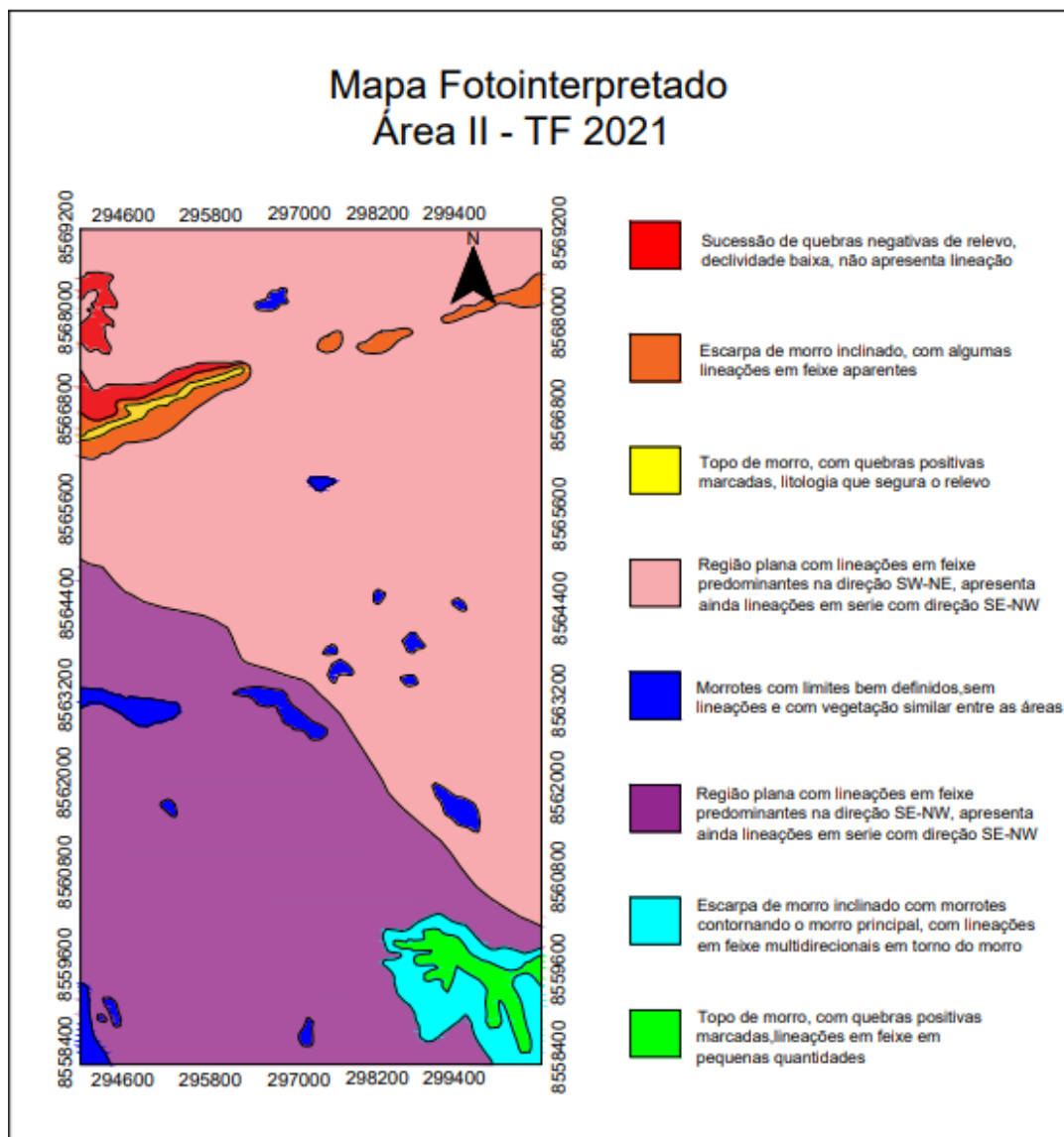


Figura 3.4: Mapa fotointerpretado gerado para a subárea II do Trabalho de Mapeamento Final de 2021, Projeto Campos Belos.

3.2.3.1 Zonas Homólogas Fotolitológicas

Na demarcação manual das drenagens, foram incluídos os canais principais dos rios e trechos secundários, além de feições acusadas pelo relevo e vegetação por onde passam os cursos d'água, ainda que em canais intermitentes.

Em seguida, foram definidas as zonas homólogas (figura 3.6) com princípio nos padrões de drenagem definidos por Soares & Fiori (1976) (figura 3.5), que visam definir a quantidade e volume de drenagens (figura 3.7) na área, o padrão de drenagem com respeito ao paralelismo dos canais, ângulo entre os mesmos, e a comparação do sentido e direção para entender a posição de montantes e jusantes.

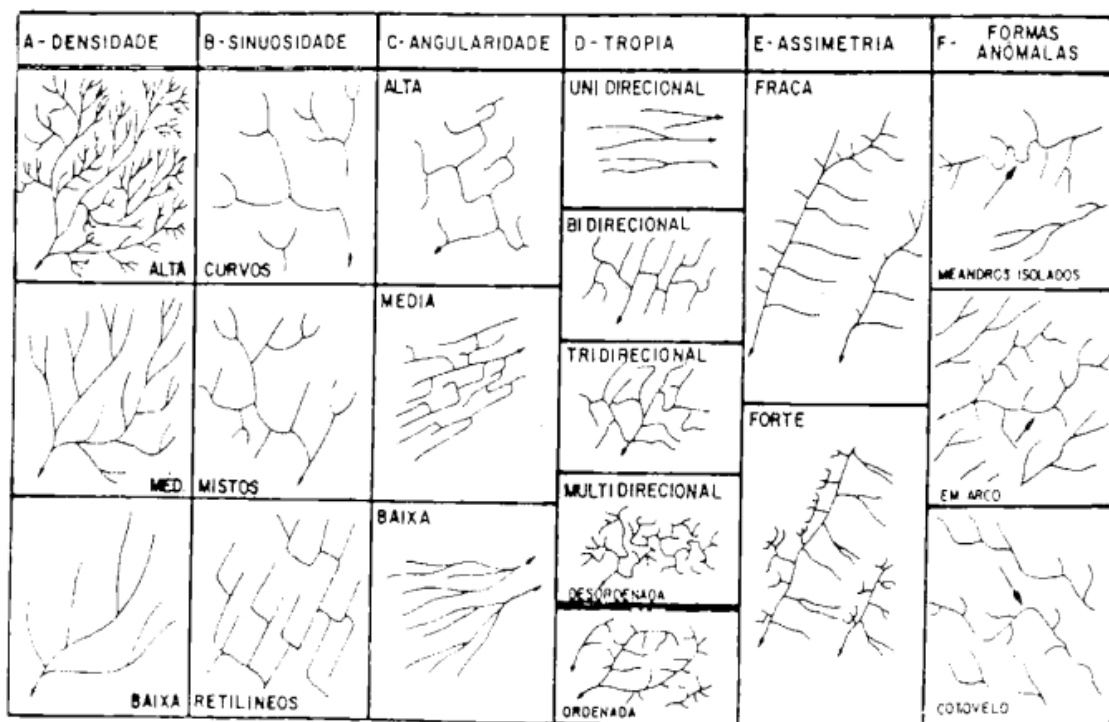


Figura 3.5: Propriedades da rede de drenagem. Critérios para classificação da rede drenagem (Soares & Fiori, 1976)

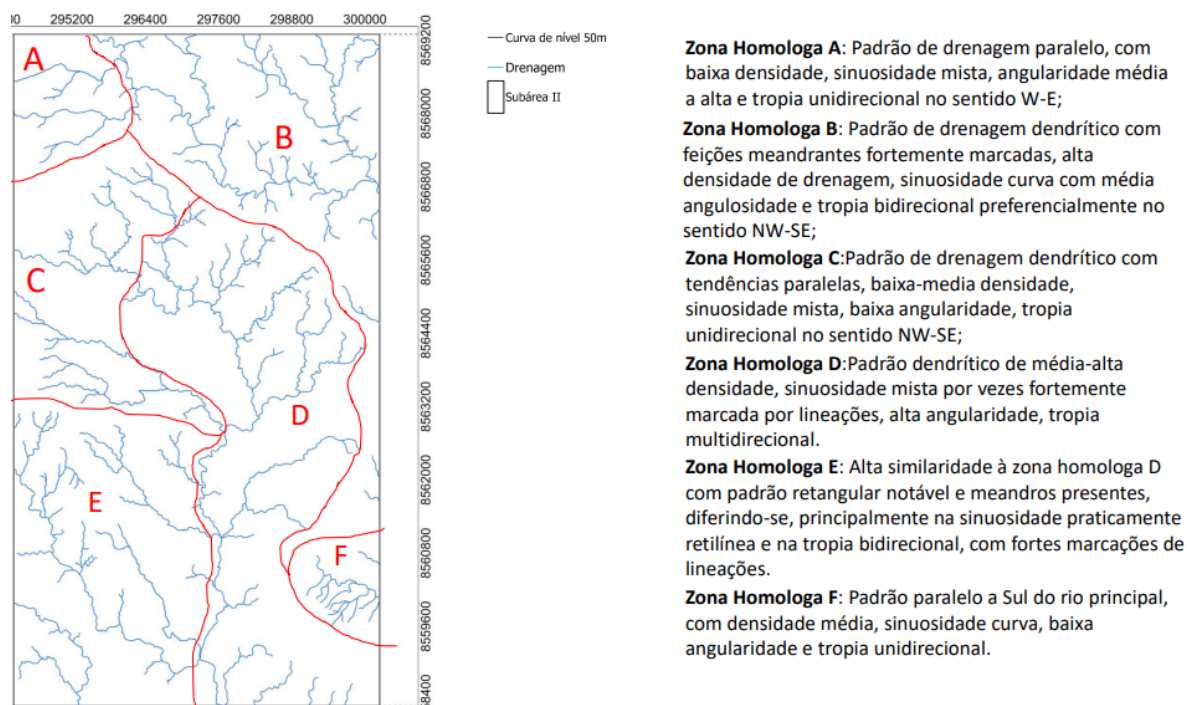


Figura 3.6: Zonas homólogas extraídas para a subárea II e seus respectivos parâmetros.

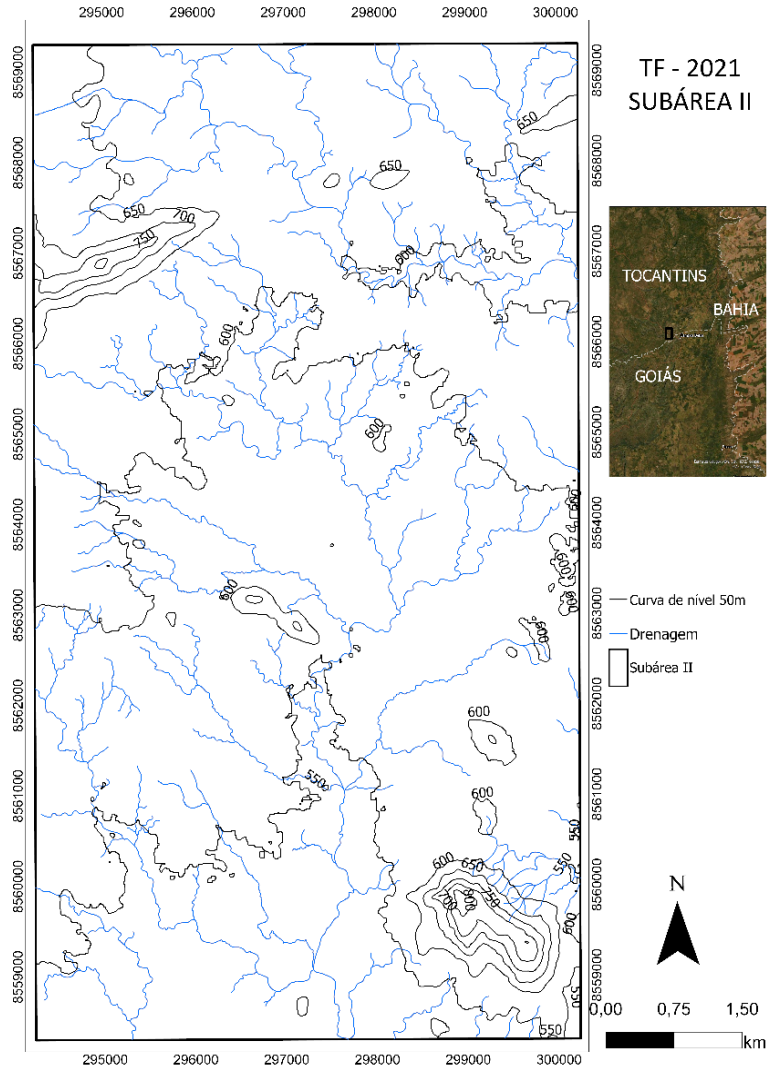


Figura 3.7: Mapa de drenagem e curvas de nível com espaçamento de 50 metros.

3.2.3.2 Lineamentos Morfoestruturais

Estruturas geológicas como acamamento, falhas e dobras acusam a disposição das rochas na superfície, e permitem a visualização através de sensores remotos e a sua caracterização por meio da observação e análise de imagens que mantêm um padrão para cada litotipo. Para o Projeto Campos Belos foram analisados os alinhamentos estruturais, de grande importância para o contexto na qual insere-se a subárea II (figura 3.8), em função da frequente presença de feições alinhadas correspondentes a veios quartzíticos. Foram também demarcadas as quebras de relevo, que sugerem a localização de possíveis contatos litológicos entre diferentes unidades geológicas, os lineamentos em série, marcadores da textura característica da rocha e em feixe, marcadores de zonas, famílias ou pares de fraturas e falhas, onde encaixam em alguns locais, os cursos d'água.

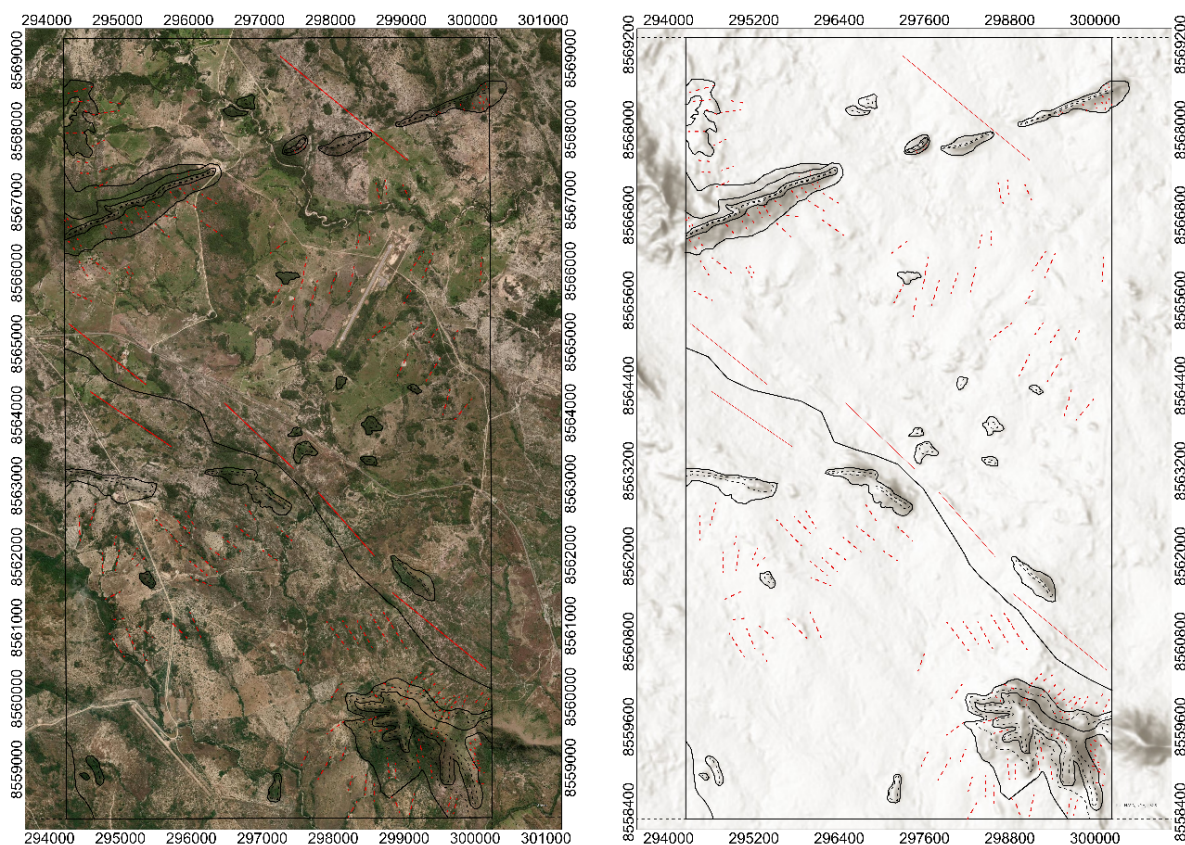


Figura 3.8: mapa de lineações e contornos das zonas fotointerpretadas em imagem de satélite à esquerda, e MDE à direita.

3.3 Geofísica

3.3.1 Banco de Dados e Processamento

A área do Projeto Campos Belos está localizada na divisa entre os estados de Goiás e Tocantins. Os dados geofísicos utilizados no projeto foram obtidos pela CPRM nos projetos “Levantamento Aerogeofísico do Estado de Goiás – 3ª etapa” com relatório final entregue em 2006 e “Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins” executado entre 2006 e 2007 com o objetivo de complementar a cobertura e aumentar a resolução dos dados geofísicos para a região do sul do Tocantins.

A aeronave Cessna C208B Caravan esteve com gamaespectômetro e magnetômetro acoplados para a aquisição dos dados com espaçamento de 500 metros entre linhas de voo, e 100 metros de altura média na realização do Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins. O aeromagnetômetro utilizado na aquisição foi o Scintrex CS-2 de resolução 0,001

nT em montagem Stinger (na cauda da aeronave). Já a gamaespectrometria foi lida pelo sensor EXPLORANIUM de 256 canais espectrais em que ocorre a análise separadamente de Tório, Urânio e Potássio.

No Projeto Levantamento Aerogeofísico do Estado do Goiás foram utilizadas as aeronaves Piper Navajo-PA31 e Cessna Titan 404, com espaçamento de 500 metros entre as linhas de voo e 100 metros de altura média em que estiveram acoplados os sensores aeromagnetométrico Scintrex CS-2 de resolução 0,001 nT em montagem Stinger (na cauda da aeronave), e gamaespectrométrico EXPLORANIUM modelo GR-820 de 256 canais espectrais com a análise separada de Tório, Urânio e Potássio.

Os relatórios geofísicos utilizados no Projeto Campos Belos são baseados nos dados do Projeto Aerogeofísico Complemento do Tocantins e no Projeto Aerogeofísico do Estado de Goiás - 3ª etapa. Os relatórios com dados e mapas foram disponibilizados pela CPRM através do link <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/10227?show=full>, e em solicitação junto a MME/SGMT/SGB. Os arquivos vetoriais e raster são disponibilizados pelo portal GeoSBG do Serviço Geológico do Brasil.

3.3.2 Interpretação

Interpretar os dados geofísicos é parte fundamental do mapeamento geológico de uma região e deve, sempre que possível, ser realizado para a melhor compreensão e complementação do conhecimento geológico (CPRM, 1999).

Os dados aerogeofísicos fornecidos pela CPRM foram utilizados para discussões iniciais de planejamento para a etapa de campo, e para refinar os modelos geológicos baseados nas constatações de campo, em comparação com as interpretações dos mapas geofísicos.

3.3.2.1 Magnetometria

Os produtos gerados a partir da integração dos dados aeromagnetométricos, buscam formas de visualização das anomalias magnéticas geradas por diferentes litotipos, corpos minerais ou alinhamentos em contraste com o meio em que se encontram. O resultado vetorial do Campo Magnético Interno (CMI), Campo Magnético Crustal (CMC) e do Campo Magnético Externo (CME) compõem o campo magnético medido pelos levantamentos

aeromagnéticos, onde o CMC é o principal campo analisado, pois este reflete a susceptibilidade magnética das rochas, e posteriormente, realizou-se a correção dos demais campos (CME e CMI).

A figura 3.9 apresenta o mapa da primeira derivada vertical (1DZ) para a região do Projeto Campos Belos. Esta derivada permite a delimitação estrutural de litotipos e suas respectivas geometrias. Na região do projeto, observam-se alinhamentos NW-SE marcantes na porção central. Estes alinhamentos marcam fortemente a aparição de veios de quartzo, em macroescala, que definem uma zona de cisalhamento orientada a NW (detalhados no capítulo 05). A 1DZ é obtida através da redução do pólo do dado, que ressalta os limites dos corpos litológicos e realçam seus gradientes em fontes mais rasas da superfície.

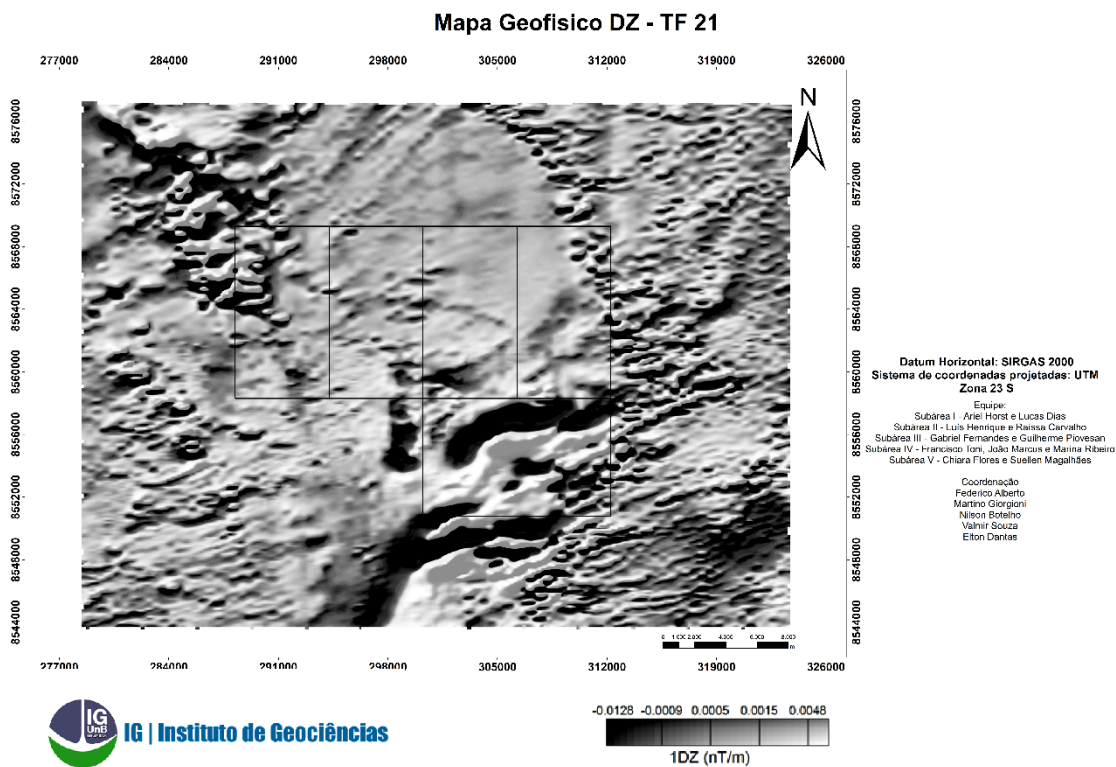


Figura 3.9: Mapa da primeira derivada vertical (1DZ) da região do Projeto Campos Belos.

A figura 3.10 apresenta o mapa de Gradiente Horizontal Total (GHT) para a região do Projeto Campos Belos, utilizado para a compreensão do contexto geológico regional e delimitação das unidades geológicas e seus respectivos litotipos, concordantes com os alinhamentos orientados a NE, como elementos marcantes da Faixa de Dobramentos Brasília. O GHT foi também utilizado para a identificação e constatação do contraste no contato entre

o granito da Suíte Aurumina e solos associados, e as rochas sedimentares dos Grupos Araí e Bambuí.

A obtenção do GHT dá-se pela fórmula:

$$GHT = \left[\left(\frac{\partial M}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial M}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Em que, a inclinação do sinal analítico produz a visualização do dado, e ressalta as bordas dos corpos anômalos de um campo potencial (Cooper and Cowan, 2008), além de destacar as mudanças abruptas de material geológico e de variação da densidade.

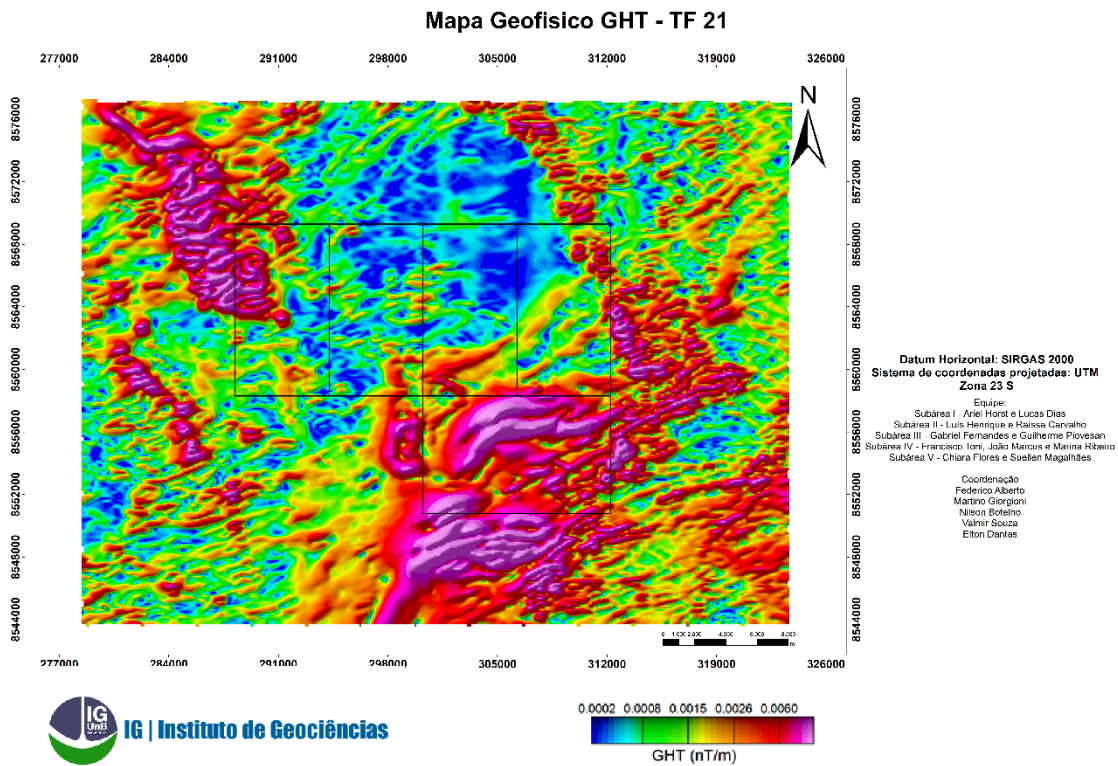


Figura 3.10: Mapa GHT da região do Projeto Campos Belos.

A anomalia magnética mensurada em nanotesla (nT) evidencia os baixos valores das rochas sedimentares do Grupo Bambuí, que comparado com a intrusão da Suíte Aurumina (Figura 3.11), pode observar-se um aumento progressivo da anomalia magnética dentro deste corpo em direção ao sudoeste, enquanto que, a região centro-sul da área exibe os maiores contrastes magnéticos.

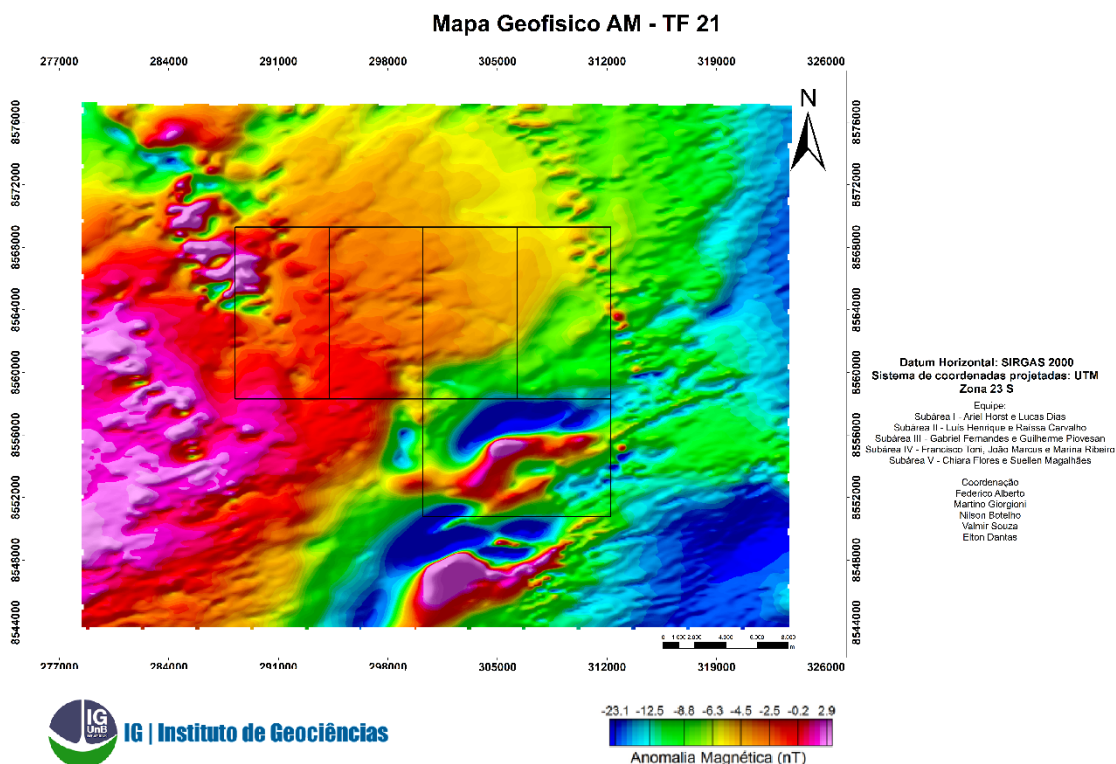


Figura 3.11: mapa de anomalia magnética da área do TF Campos Belos

3.3.2.2 Gamaespectrometria

A interpretação dos dados aerogamaespectrométricos, cujo método consiste na medição da radiação emitida pelos isótopos de (K) Potássio em percentual, (Th) Tório e (U) Urânio em ppm, contidos em diferentes minerais, para localizar os alvos do mapeamento de detalhe do Projeto Campos Belos, com o objetivo principal de delimitar as diferentes litofácies da Suíte Aurumina evidenciadas através do contraste entre as contagens totais e de elementos individuais de radiação Gama. Além disso, diversas anomalias de emissão de radiação Gama são localizadas na divisa do Norte do Goiás e Sul de Tocantins (Alvarenga *et al.* 2007), na qual vinculam-se depósitos minerais auríferos.



Figura 3.12: Aparelho Gamaespectométrico portátil.

Como ferramenta de campo utilizou-se o gamaespectômetro portátil (figura 3.12) RS-230 BGO de extrema sensibilidade e auto regulação natural (figura 12) para contagens totais e de K, eTh e eU das anomalias no mapeamento das diferentes unidades. Para o contexto da subárea II, foram encontrados pontos com anomalias de Tório e contagens totais próximas de 400, características de um domínio enriquecido em biotita, associadas ao membro Au2 da Suíte Aurumina, primeiramente caracterizado por Bentes e Mermelo (1974), a ser posteriormente detalhado no capítulo 04 (petrografia e estratigrafia).

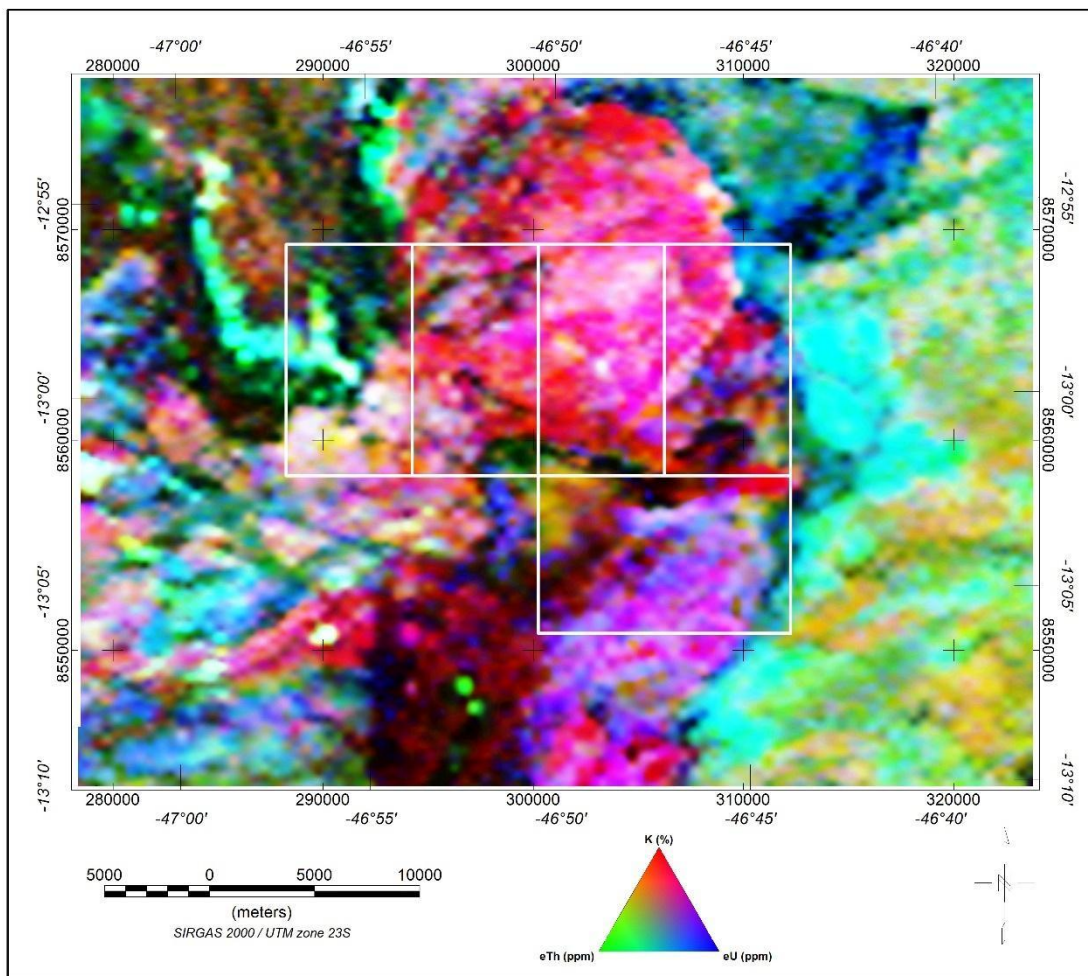


Figura 3.13: Mapa de contagem total ternária RGB de gamaespectrometria para o Projeto Campos Belos.

Algumas tonalidades destacadas na figura 3.13 são marcadores de domínios litológicos na região, de forma análoga ao observado por Ford e Santaguida (1997) para regiões com mineralização de tipo VHMS, em que observa-se a predominância do ciano nas rochas sedimentares dos grupos Araí e Bambuí, que exibem as maiores concentrações de eTh e eU nestes locais. Algumas porções do Grupo Araí são marcadas, ainda, pela ausência de anomalias ou altos valores de eTh e K. A grande área vermelha rosada no centro da figura 12, compreende a porção equivalente à Suíte Aurumina e representa majoritariamente, a cobertura de solos brancos gerados a partir do intemperismo dos granitos. A análise do mapa de gamaespectrométrico permitiu a definição de alvos para o mapeamento, uma vez que, espera-se que os principais afloramentos de granitos associados à Suíte Aurumina, encontrem-se nas porções delimitadas pela coloração branca no mapa ternário RGB. Importantes anomalias de Urânio (em azul) foram alvos do mapeamento na região e

marcaram domínios estruturais e metamórficos, a serem discutidos no capítulo 4 (petrografia e estratigrafia).

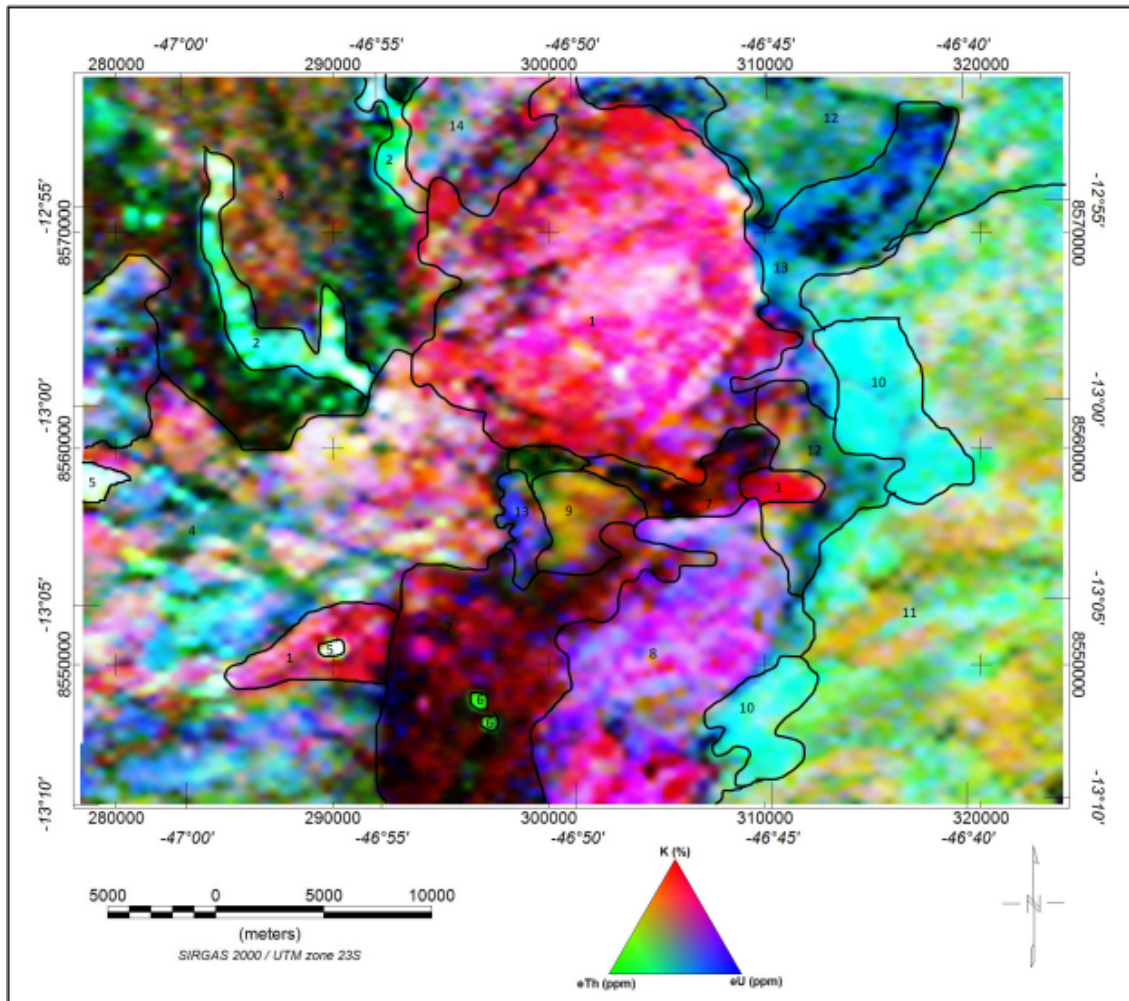


Figura 3.14: mapa de domínios de contagem total ternária RGB de gamaespectrometria do Projeto Campos Belos.

A partir da análise do mapa de Contagem Total ternária RGB de gamaespectrometria, estabeleceu-se a divisão de domínios litológicos (figura 3.14). Essa divisão compreende a área do Projeto Campos Belos e adjacências. Para o entendimento do comportamento geológico da região, elaborou-se um Mapa Geológico Preliminar com base nos domínios aerogamaespectrométricos individualizados. Os domínios individualizados estão detalhados a seguir:

Domínio 1: K alto, Th baixo, U baixo. Possui alta resposta no canal do K e baixos valores nos canais de Th e U com pontos isolados ricos em U. Pode corresponder aos granitos da Suíte Aurumina.

Domínio 2: K baixo, Th moderado, U moderado. Domínio alongado que apresenta uma orientação na direção NW-SE. A cor ciano dá-se pela sobreposição dos canais de Tório e Urânio, que sugerem valores moderados para esses canais.

Domínio 3: K baixo, Th moderado e U baixo. Domínio com coloração escura/preta indicando baixa resposta nos três canais, porém possui uma porção mais esverdeada com uma maior resposta no canal do Tório. Pode estar associado a rochas metassedimentares.

Domínio 4: K alto, Th moderado, U alto. Caracterizado por possuir altos valores de Potássio e Urânio, e valores moderados de Tório, porém são encontradas porções esbranquiçadas indicando um alto valor nos três canais. Também vale ressaltar uma pequena porção escura no noroeste do domínio que indica baixo valor nos três canais.

Domínio 5: K alto, Th alto, U alto. Caracterizado por possuir uma alta resposta nos três canais. Pode corresponder aos granitos da Suíte Aurumina, de acordo com a literatura.

Domínio 6: K baixo, Th alto, U baixo. Domínio com uma alta resposta no canal do Tório, que pode indicar rochas compostas por minerais ricos em tório como os minerais zircão e monazita.

Domínio 7: K moderado, Th baixo, U baixo. Domínio apresenta de forma geral uma cor escura indicando baixo valor nos três canais. Porém, com porções avermelhadas, que sugerem maiores valores de Potássio.

Domínio 8: K alto, Th baixo, U alto. Caracterizado por altos valores nos canais do Potássio e do Urânio e com porções amareladas, indicando sobreposição nos canais do Potássio e Tório.

Domínio 9: K moderado, Th moderado, U baixo. Caracterizado por moderados valores de Potássio e Tório e baixos valores de Urânio. Alguns pontos isolados na parte sul desse domínio são enriquecidos em Urânio. A cor amarelada dá-se pela sobreposição dos canais de Tório e Potássio, e sugere valores moderados nesses canais.

Domínio 10: K baixo, Th moderado, U moderado. Caracterizado pela cor azul turquesa que se dá pela sobreposição dos canais de Tório e Urânio, e sugere valores moderados nesses canais. Possui uma baixa resposta no canal do Potássio.

Domínio 11: K moderado, Th alto, U moderado. Domínio na parte leste da região. A porção de cor amarelada se dá pela sobreposição dos canais Potássio e Tório, e indica valores moderados nesses canais. Já a porção de cor azul turquesa se dá pela sobreposição dos canais

do Tório e Urânio, e indica valores moderados nesses canais. Também existem porções esverdeadas que sugerem valores altos no canal do Tório.

Domínio 12: K moderado, Th moderado, U alto. Domínio heterogêneo em que apresenta porção avermelhada, que sugerem alto valor no canal do Potássio que pode corresponder aos granitos da Suíte Aurumina, de acordo com a literatura. Também são encontradas porções amareladas que dão pela sobreposição dos canais de Potássio e Tório, que indicam valores moderados nesses canais, além das porções azuis, que sugerem alto valor no canal do Urânio.

Domínio 13: K baixo, Th moderado, U alto. Domínio com uma alta resposta no canal do urânio mas, que apresenta porções esbranquiçadas, esverdeadas e escuras/pretas. As porções esbranquiçadas apresentam alta resposta nos três canais e podem corresponder a corpos ígneos félsicos. Já as porções esverdeadas indicam valores altos de Tório e as porções escuras indicam baixo valor nos três canais. A intensa resposta no canal do Urânio pode corresponder a rochas que possuem minerais ricos em Urânio, como o mineral Uraninita.

Domínio 14: K alto, Th moderado, U alto. Caracterizado por intensa resposta nos canais de Potássio e Urânio, representados pelas porções de cor avermelhada e azulada, respectivamente, e valor moderado de Tório.

4. Estratigrafia e Petrografia

4.1 Unidades Litoestratigráficas do Projeto Campos Belos

As unidades geológicas que compõem a região do Projeto Campos Belos foram mapeadas em escala 1:50.000 e definidas com base em critérios petrográficos, estruturais, deformacionais e metamórficos. A partir da identificação e descrição dessas unidades, associados aos mapas aerogeofísicos de gamaespectrometria (mapa ternário e mapa eTh), e sensoriamento remoto, elaborou-se o mapa geológico para a subárea II (figura 4) e a coluna litoestratigráfica (figura 4.1)

A região do projeto Campos Belos é geologicamente composta por quatro unidades geológicas distintas. Próximo às cidades de Arraias e Campos Belos, afloram os xistos grafitosos da Formação Ticunzal, de idade Paleoproterozoica. Em contato com os xistos, ocorrem granitos peraluminosos intrusivos, relacionados à Suíte Aurumina, de idade contemporânea, sin a pós-tectônicos. O evento estateriano que originou o Rife do Araí, permitiu a deposição de rochas sedimentares pertencentes ao Grupo Araí, posteriormente afetadas por anquimetamorfismo. Por último, de idade Neoproterozoica, ocorrem rochas siltosas, margas e carbonáticas do Grupo Bambuí, em um contexto de bacia de foreland, que exhibe ainda, contato discordante com a unidade basal, caracterizada pela Formação Jequitai onde são encontrados diamictitos glaciogênicos

As unidades litoestratigráficas cartografadas na subárea II, correspondem aos granitos peraluminosos da Suíte Aurumina, e às rochas metassedimentares do Grupo Araí, detalhadas a seguir.

MAPA GEOLÓGICO PROJETO CAMPOS BELOS-TF 2021 SUBÁREA II

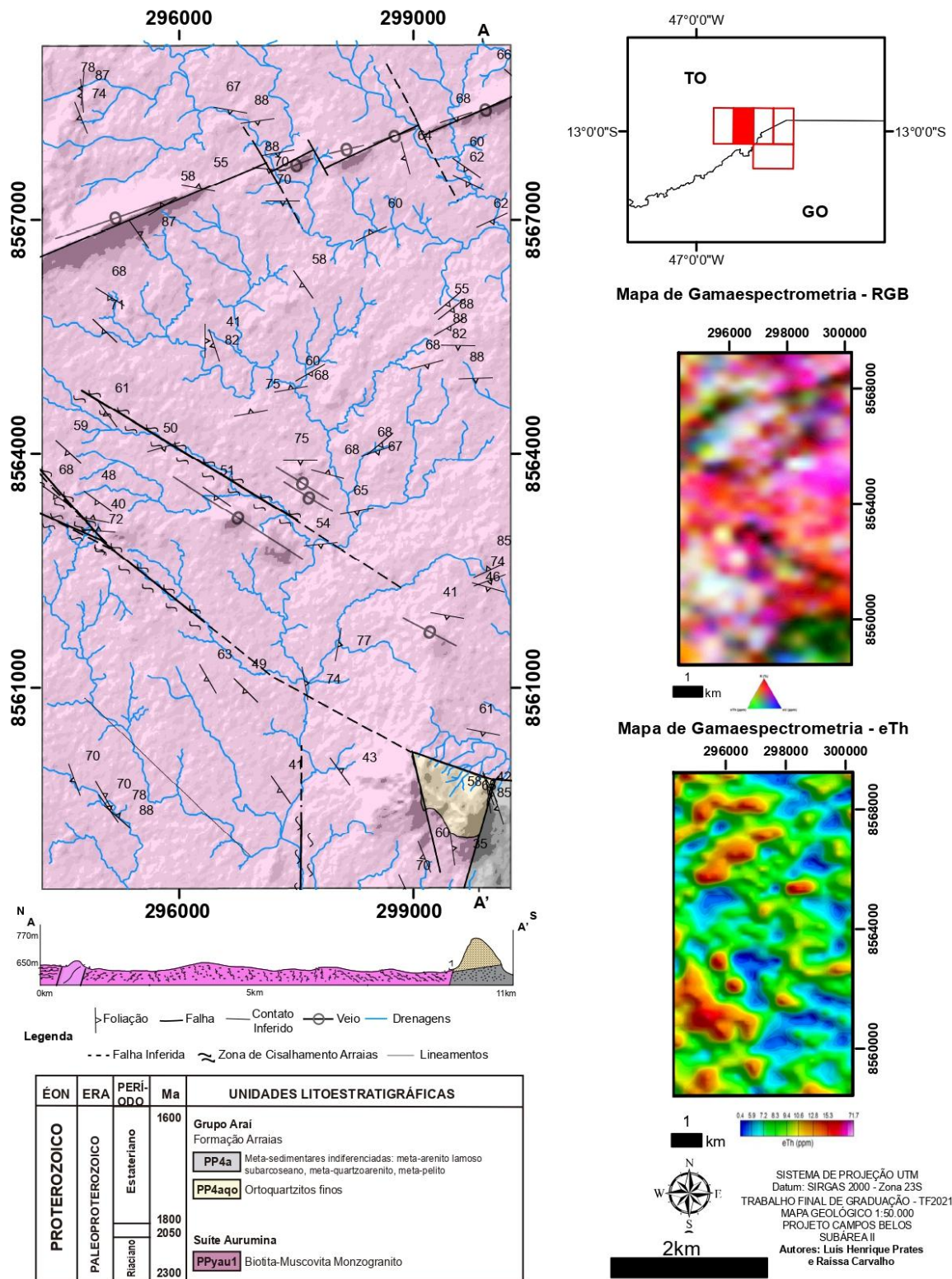


Figura 4 - Mapa Geológico da Subárea II do projeto Campos Belos - TF 2021.

ÉON	ERA	PERÍ-ODO	Ma	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
PROTEROZOICO	NEOPROTEROZOICO	Criogeniano	630	Grupo Bambuí Formação Sete Lagoas NP2sld Rochas carbonáticas NP2sld Siltitos Formação Jequitai NP12jt Diamictitos
			850	
			1600	Grupo Araí Formação Arraias PP4a Rochas meta-sedimentares indiferenciadas: meta-arenito lamoso subarcoseano, meta-quartzoarenito, meta-pelito PP4aqa Quartzitos PP4aqa Meta-quartzo arenito PP4acg Meta-conglomerados polimíticos e oligomíticos PP4aβ Meta-basalto PP4aα Meta-vulcanoclásticas ácidas PP4aqi Meta-quartzo arenito com intraclastos PP4amas Meta-arenito subarcoseano PP4al Meta-lamito Arenoso
			1800	
			2050	Suíte Aurumina PPyau2 Muscovita-Biotita Monzogranito PPyau1 Biotita-Muscovita Monzogranito Formação Ticunzal PP1tz Grafita xistos e Mica-xistos
	PALEOPROTEROZOICO	Estateriano		
	Riaciano			
2300				

Figura 4.1 - Coluna litoestratigráfica do Projeto Campos Belos.

4.1.1 Domínio Cavalcante-Arraias

4.1.1.1 Suíte Aurumina

Os granitos peraluminosos que compõem a Suíte Aurumina, contemplam cobertura de 90% da subárea II, além de aflorar em toda a região do projeto Campos Belos. Essas rochas apresentam granulação média a grossa, e mineralogia constituída por Quartzo + Microclínio + Plagioclásio + Biotita + Muscovita; e como minerais acessórios, ocorrem Zircão, Apatita, Monazita, e em menores proporções, Ilmenita, Granada e Fluorita. Ocorrem ainda, por vezes, enclaves de material grafitoso ou cristais euedrais de grafita, interpretados como restitos da fonte dos magmas (Botelho et. al., 1999).

Para o contexto da subárea II, foi cartografado apenas a ocorrência do membro mais antigo pertencente à Suíte, fácies Au1, composto majoritariamente por Muscovita-Biotita Monzogranitos (PP γ au1) com intercalações que formam feições estruturais do tipo “Schlieren”, onde concentram-se lentes de biotita, orientadas de acordo com o fluxo magmático geral.

A delimitação desta unidade litoestratigráfica deu-se a partir do mapeamento de campo, identificação das feições de quebra de relevo, e baixos topográficos, e por fim, das interpretações das imagens de aerogamaespectrometria. As assinaturas gamaespectrométricas consistem em: (i) alto de Th na porção SW da subárea, em função de áreas com maior lateritização e saprolitização; (ii) altos de Th associados as porções onde concentram-se minerais como Zircão, Monazita e Torianita, associados às ocorrências de biotita nas intercalações do tipo “schlieren”; (iii) altos U, Th e K, associados a um domínio mais granítico protomilonitizado; (iv) alto U, associados a um domínio granítico ultramilonitizado.

Apresenta-se com estruturas de direção fortemente controlada pela sua proximidade com as zonas de cisalhamento regionais associadas (a serem detalhadas no capítulo 5).

A região da Subárea II do presente projeto, apresenta relevo plano a levemente ondulado e, conforme citado anteriormente, uma variação textural nos granitos que subdivide as porções norte e sul da subárea, porém, que mantém o mesmo litotipo (PP γ au1). Além destas feições, a área é fortemente marcada por pares conjugados de veios, que dão origem aos morros, que podem chegar até 150 metros de desnível, como no caso do morro à norte da área. São observados três conjuntos principais de veios quartzíticos formadores de morros, onde dois ocorrem orientados segundo um trend NW-SE, enquanto que o último, é interpretado como par conjugado, orientado segundo o trend NE-SW ao norte da área. Estes veios são indicadores estruturais das zonas de cisalhamento presentes em toda a área do Projeto Campos Belos, e estão associados às rochas da Suíte Aurumina (PP γ au1), e por isso, são representados como mesmos litotipos em mapa.

4.1.1.2 PPγau1

O domínio dos monzogranitos (figura 4.2) ocorre na porção central da subárea II. Os afloramentos são, no geral, em lajedos, boa parte, intemperizados, e na maior parte, aflorantes em estradas e drenagens, onde concentram-se a maior quantidade de pontos levantados. Derivam dessas mesmas rochas, latossolos. As rochas têm concentração de minerais máficos que ocorrem como bandamentos centimétricos (figura 4.3), alternados com os domínios quartzo-feldspáticos equigranulares. A granulação varia de fina a média. A mineralogia é formada por Qtz + Pl + Kf + Bt + Ms. A foliação é penetrativa e bem pronunciada na rocha.

Ao microscópio (figura 4.3), este litotipo é formado por 45%-48% de quartzo, 15% de plagioclásio (Albita), 12% de k-feldspato (Ortoclásio), 13% de epidoto, que ocorre como mineral secundário, 12% de muscovita, 1% de biotita, e 1% de minerais opacos, que ocorrem como minerais acessórios. O quartzo e os feldspatos variam de finos a médios, exibem extinção ondulante, e contatos lobados entre si. As muscovitas formam lamelas, e a ocorrência de epidoto deve-se ao processo de saussuritização do plagioclásio.

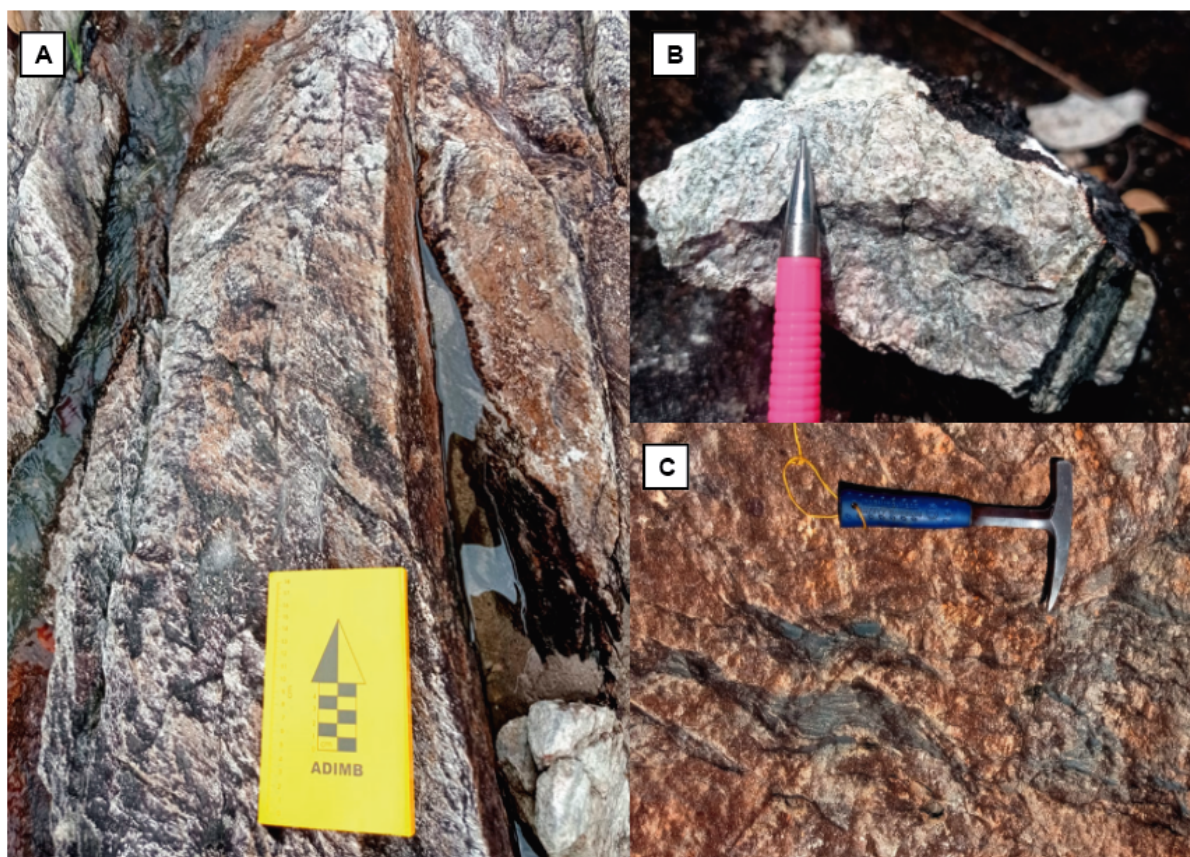


Figura 4.2 - (A) Afloramento *in situ* de Monzogranito (A.01: 294477 E/ 8564078 N). (B) Rocha formada por quartzo, plagioclásio, k-feldspato e muscovita essencialmente (A.40: 300053 E/ 8562581 N). (C) Feições de Schlieren, com concentração de minerais máficos (biotita) ao longo de planos de foliação (A.68: 298548 E/ 8566902 N).

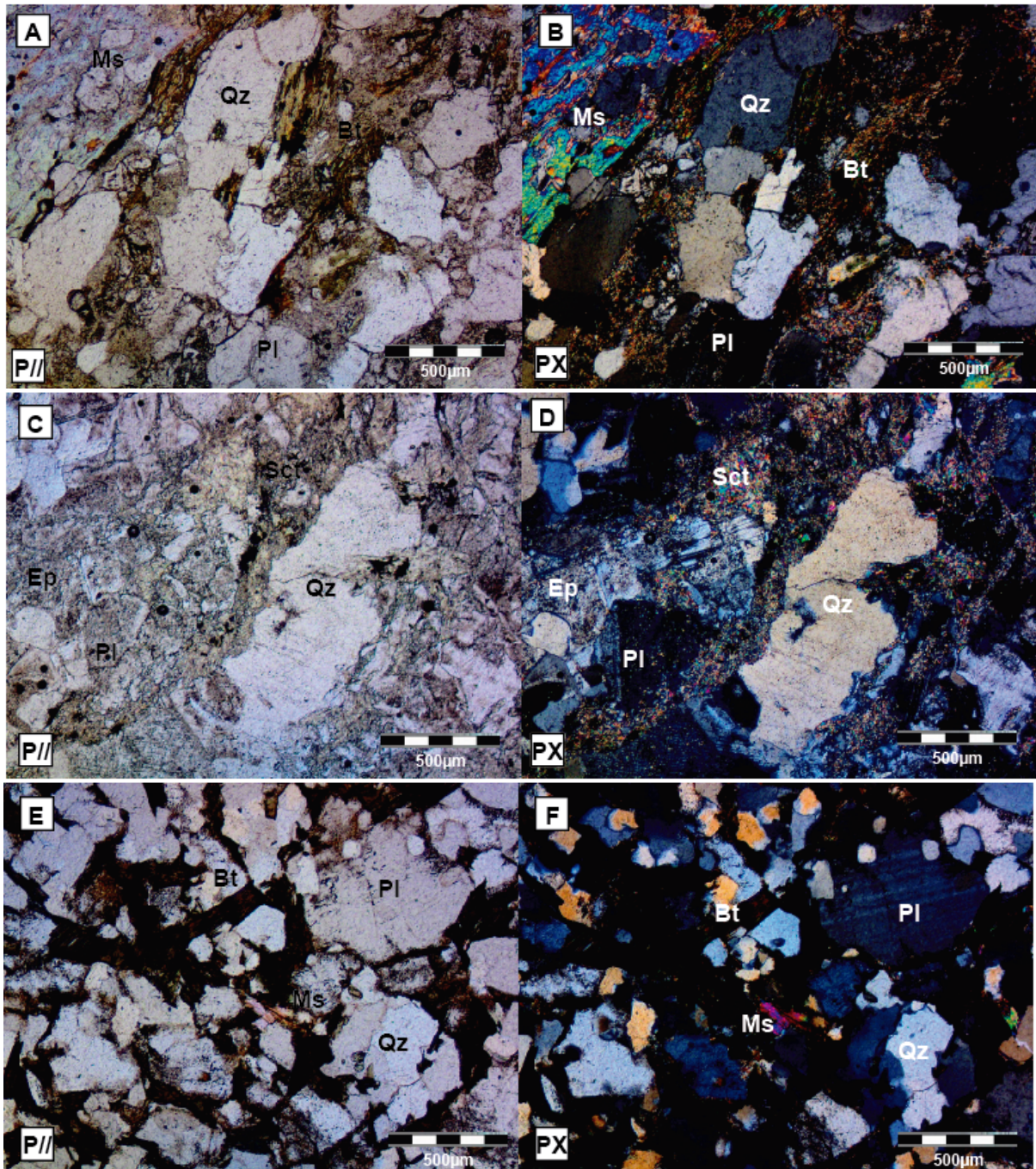


Figura 4.3 - (A) e (B) Recristalização do Quartzo (Qz) marcada pela extinção ondulante e contatos lobados, muscovita (Ms) é a mica dominante e preenche os planos de foliação (A51: 295321 E/ 8566042 N). (C) e (D) Alteração do plagioclásio para Epidoto (Ep) através da saussuritização do Plagioclásio (Pl) (A40: 300053 E/ 8562581 N). (E) e (F) Concentrações de biotita na rocha nas porções caracterizadas como “schlieren” (A83: 297504 E/ 8564859 N).

4.1.1.3 PPyau1 - Domínio Protomilonitizado

O domínio de granitos protomilonitizados (figura 4.4) está disposto localmente na porção SW da subárea II. Os afloramentos são, comumente em forma de lajedos e blocos, pouco a fortemente intemperizados.

Tratam-se de leucogranitos, anisotrópicos, com foliação de alto ângulo, penetrativa e marcada pela orientação da muscovita. Predominam os domínios granoblásticos compostos majoritariamente de quartzo e feldspatos, porém, também ocorrem domínios lepidoblásticos com orientação preferencial das muscovitas. O quartzo e os feldspatos são recristalizados, com granulação média a grossa, formando porfiroclastos de até 4cm. Os granitos protomilonitizados apresentam variação textural de inequigranulares a equigranulares, e composicionalmente, caracterizam-se como Monzogranitos.

Em escala microscópica, o monzogranito protomilonitizado é constituído por 45% de quartzo, 22% de plagioclásio (Albita), 15% de k-feldspato (Ortoclásio e Microclínio), e 18% de muscovita (sericita). A trama da rocha divide-se em três domínios principais: (i) matriz fina, composta por quartzo cominuído e recristalizado, ortoclásio e muscovita (figura 4.5); (ii) quartzo, ortoclásio microclinizado, e albita como fenoclastos, com as muscovitas apresentando feição do tipo “mica-fish” (figura 4.5); (iii) domínio com vênulas preenchidas por mistura de minerais opacos, com halos de alteração, compostos por muscovita fina (figura 4.5).

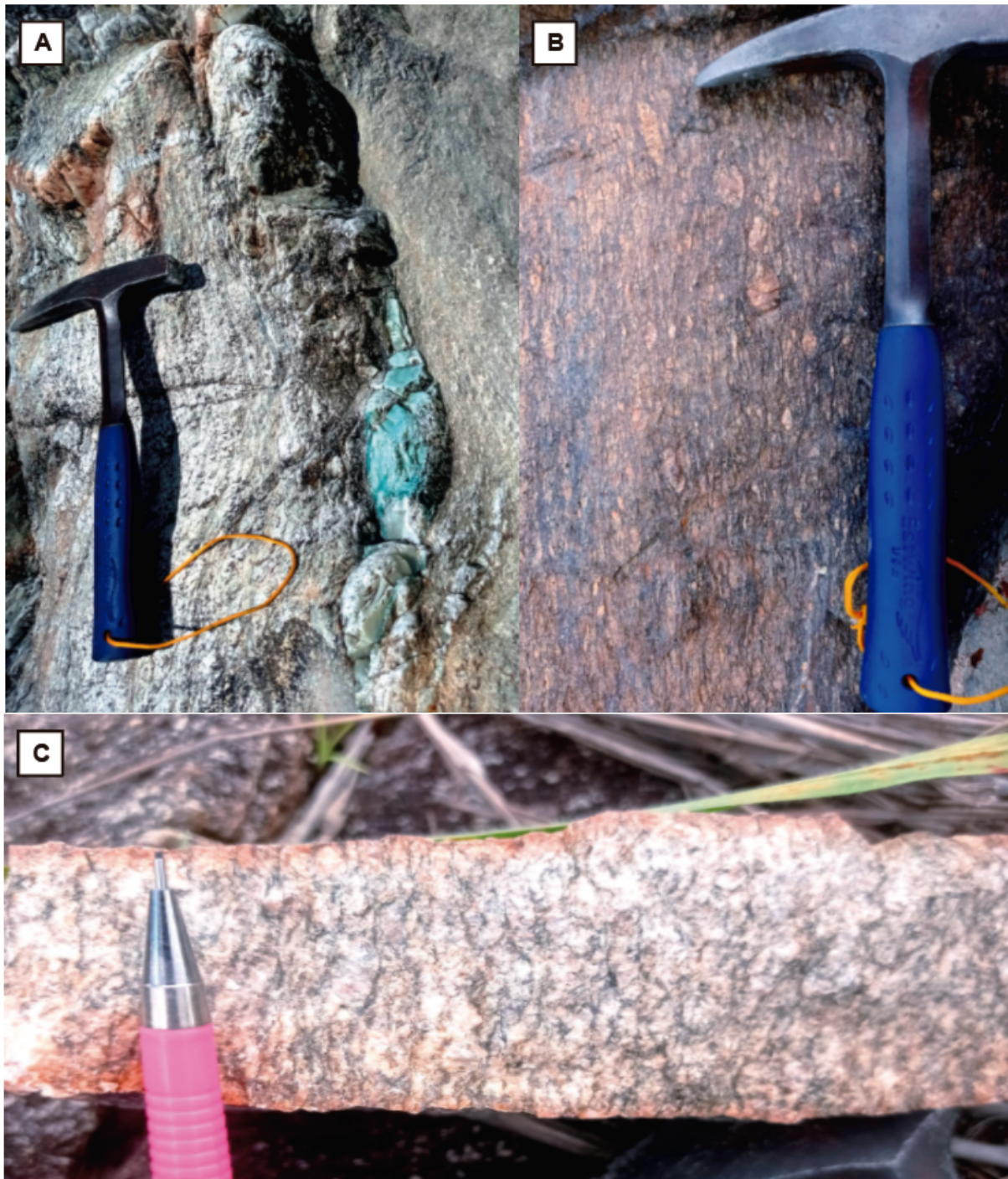


Figura 4.4 - (A) e (B) Cristais grossos rotacionados de K-feldspato (A10: 301353 E/ 8559408 N) e (A14: 296706 E/ 8559782 N). (C) Lamelas de biotita e muscovita em planos de foliação orientados subverticalmente na foto, junto com cristais grossos de quartzo e feldspatos.

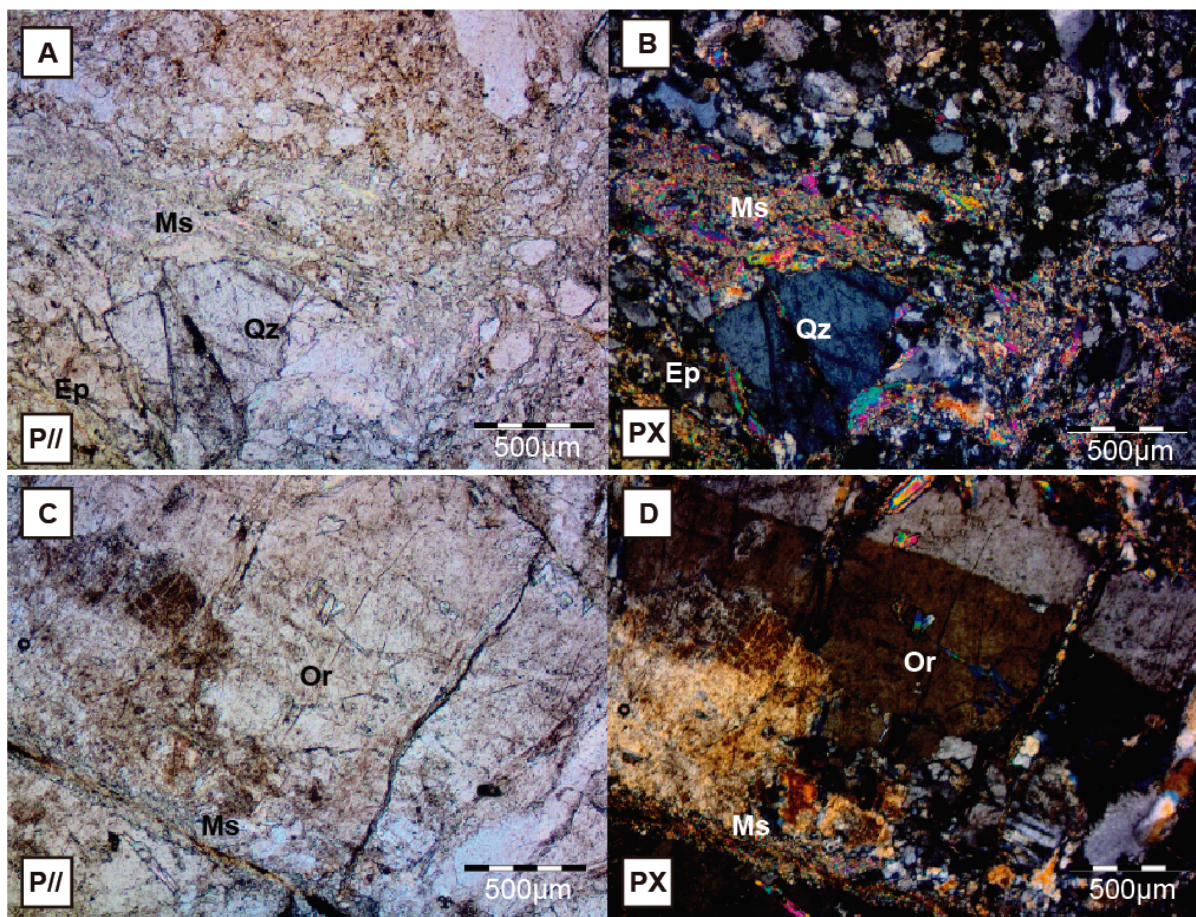


Figura 4.5 - (A) e (B) Domínios (i) e (ii) da trama estrutural (vide texto), com quartzo e muscovita em granulação fina, e quartzo em granulação grossa, recristalizado. (C) e (D) Domínio (i), (ii), e (iii) da trama estrutural (vide texto), com porfiroclasto de ortoclásio e muscovita preenchendo as vênulas, com halos de alteração. Ocorrência de “mica-fish” (A11: 297664 E/ 8557430N).

4.1.1.4 PP γ au1 - Domínio Ultramilonitizado

O domínio de granitos ultramilonitizados está disposto em pequenas porções distribuídas aleatoriamente na subárea II. Os afloramentos são caracterizados por pequenos blocos, parcialmente intemperizados.

O granito ultramilonitizado é leucocrático (figura 4.6) e anisotrópico, com foliação de alto ângulo penetrativa, marcada pela orientação da muscovita e também dos cristais de quartzo recristalizados. O domínio textural predominante é lepidoblástico, porém, em menor proporção, o quartzo forma domínios granoblásticos. A granulação varia de fina a média. A mineralogia é composta por Quartzo e Muscovita verde. Litologicamente, caracteriza-se como um Muscovita-Quartzo ultramilonito, em que o protólito trata-se do monzogranito da Suíte Aurumina.

Em escala microscópica (figura 4.7), o ultramilonito é constituído por 75% de quartzo e 25% de muscovita. Caracteriza-se por conter dois domínios principais na trama: (i) domínio de redução de grãos de quartzo e muscovita, onde a muscovita se dispõe ao longo dos planos de foliação; e (ii) domínio com granulação média de quartzo, que ocorre com feições de recristalização e extinção ondulante.



Figura 4.6 - Muscovita-quartzo ultramilonito em afloramento (A13: 297378 E/ 8557784 N).

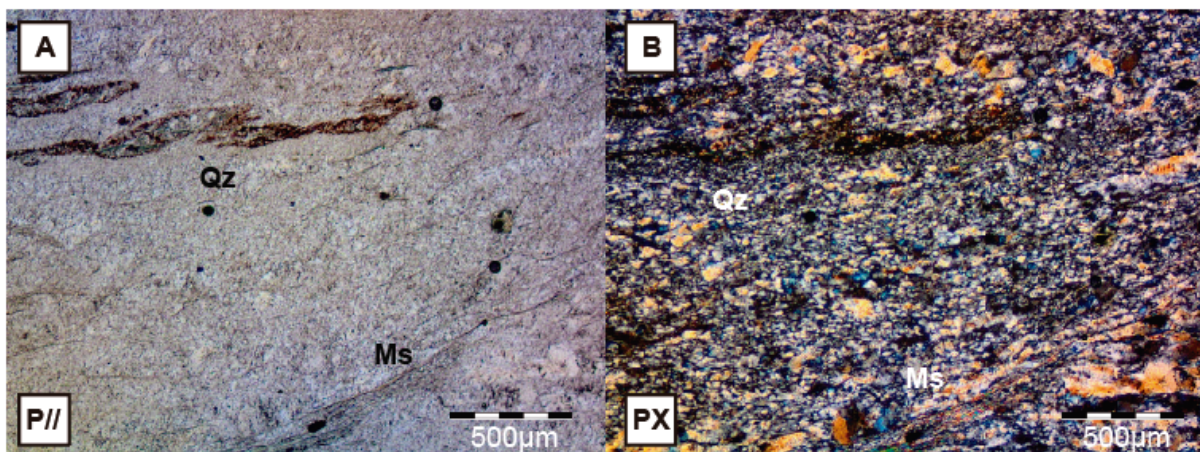


Figura 4.7 - Muscovita-quartzo ultramilonito em fotomicrografia (A13: 297378 E/ 8557784 N), com grãos de quartzo inequigranulares, ora em domínios médios, ora em domínios finos juntamente com as lamelas de muscovita.

4.1.1.5 PP γ au1 - Veios de Quartzo

Os domínios compostos por veios de quartzo estão dispostos em sua maior parte, na porção norte da subárea II. Afloram em forma de morros e morrotes alongados em duas direções preferenciais, sendo NNE e NNW, associadas a zona de cisalhamento (a ser caracterizada no capítulo 5).

Tratam-se de brechas cataclásticas silicificadas (Figura 4.8) compostas por quartzo recristalizado, leitoso, inequigranular, com granulação que varia de média a grossa, e com foliação de alto ângulo, penetrativa e bem pronunciada na rocha.



Figura 4.8 - (A) Brecha cataclástica silicificada composta por quartzo recristalizado associado aos morros e morrotes da subárea II (A45: 295869 E/ 8567266.67N).

4.1.2 Grupo Araí - Formação Arraias

Na subárea II a ocorrência do Grupo Araí se restringe ao extremo sudeste da área, definido pelo morro, em que as litofácies presentes são representantes da Formação Arraias com afloramento das sequências sedimentares indiferenciadas (PP4a) de meta arenito subarcoseano. Na base ao sul do morro, apresenta pequeno desnível onde é encontrado o contato com o granito definido por falhas ao norte e oeste do morro. Os topos do morro são compostos por Meta quartzo arenito (figura 4.9) (PP4aqo), o qual não pôde ser acessado em campo, e por isso, foi somente caracterizado a partir dos produtos de aerogeofísica, e evidências de blocos rolados ao redor do morro. As fácies cartografadas na subárea II, são alocadas de acordo com a proposta de nomenclatura estratigráfica de Petri et. al., (1986), que divide em membros a associação de fácies de sistemas deposicionais. A associação e interpretação de fácies quanto ao seu ambiente tectônico de deposição foi realizada de acordo com a definição de Dardenne (1999) para as unidades principais do Grupo Araí.

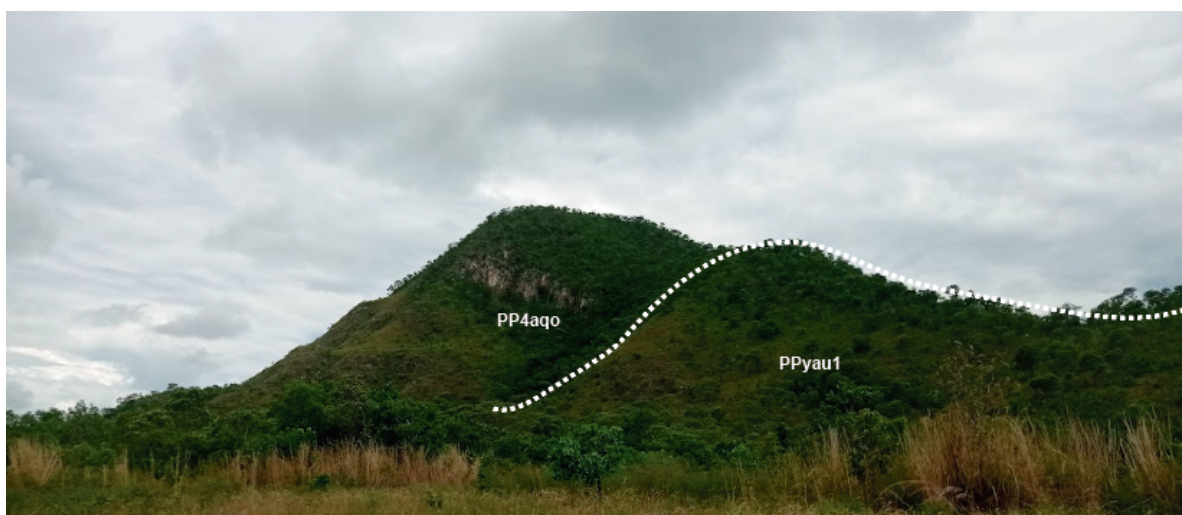


Figura 4.9 - Contato entre o monzogranito (PPyau1) e os Meta quartzo arenito (PP4aqo) (298179 E/8560155 N).

4.1.2.1 PP4a (indiferenciada) - Meta-arenito

A mudança abrupta de vegetação e geomorfologia são marcantes ao observar o granito da Suíte Aurumina em contato com o meta arenito (PP4a), onde os terrenos aplainados que compreendem o granito são bruscamente alterados para os terrenos inclinados com vegetação densa de maior porte.

A rocha é composta por domínios com maior presença de quartzo e outros definidos pela mica, presente em toda a matriz da rocha representa mais da metade da composição

modal (Figura 4.10). A presença de opacos oxidados, alongados sem magnetismo verificado compreende cerca de 5% do total da rocha. Em campo pôde ser constatada uma pequena variação em que a rocha observada no corte da estrada entre os morros apresenta cor cinza arroxeadada com granulometria fina medianamente selecionada, matriz muito fina com fenoclastos finos, e expressiva foliação. Nos arredores do morro, em posição topograficamente mais baixa à anterior, a rocha aflora em lajedos no chão da estrada e se apresenta com domínios de coloração esbranquiçada e mesma composição mineralógica. Também possui estrutura bandada, e com tonalidade cinza sem a cor roxa constatada anteriormente. Pode ser observada porosidade neste domínio, possivelmente causada pelo intemperismo.

Quando observada em microscópio é constatado que a rocha possui textura clástica, com granulometria muito fina, e fenoclastos finos de até 0,1mm de diâmetro. A rocha é matriz suportada, formada por massa fina de <0,01mm de grãos micáceos (Figura 4.11). Os grãos apresentam-se angulosos com baixa esfericidade, alinhados no sentido da foliação e majoritariamente com feições deformacionais de esfoliação e recristalizado. O contato entre os grãos apresenta-se suturado.



Figura 4.10 - (A) e (B) Metarenito foliado em escala de afloramento (A18: 300024 E/ 8559551 N). (C) Amostra macro (A21: 299541 E/ 8558833 N).

Com 40% a 50% de matriz sericítica, a rocha apresenta maturidade textural mediana a avançada, permitindo classificar a mesma como grauvaça. Os clastos da rocha são compostos total ou quase totalmente por quartzo, com pouco feldspato sericitizado, e matriz predominantemente sericítica. Composicionalmente a rocha é classificada como um meta-arenito.

A litofácies da Formação Arraias PP4a encontrada na subárea II é descrita aqui como indiferenciada, pois foram observadas variações faciológicas, possuindo proporções variáveis de material vulcânico e lítico na matriz, bem como feldspatos. Apesar da denominação indiferenciada adotada neste relatório, na literatura são descritas diversas litofácies que poderiam aplicar neste caso, além da associação de cunhas interdigitadas dos Membros Prata e Mutum, como a litofácies metagruvaça, que se relaciona texturalmente com a rocha descrita “raros feldspatos, de matriz fina micácea e textura imatura de grãos angulosos a subangulosos de quartzo”, (Tanizaki et. al., 2015), além do meta-arenito Arraias (PP4aa) e o quartzito arcoseano (PP4aqa) as mais prováveis, sem descartar outras possibilidades, em vista de que foram analisadas rochas compostas também por material vulcanoclástico.

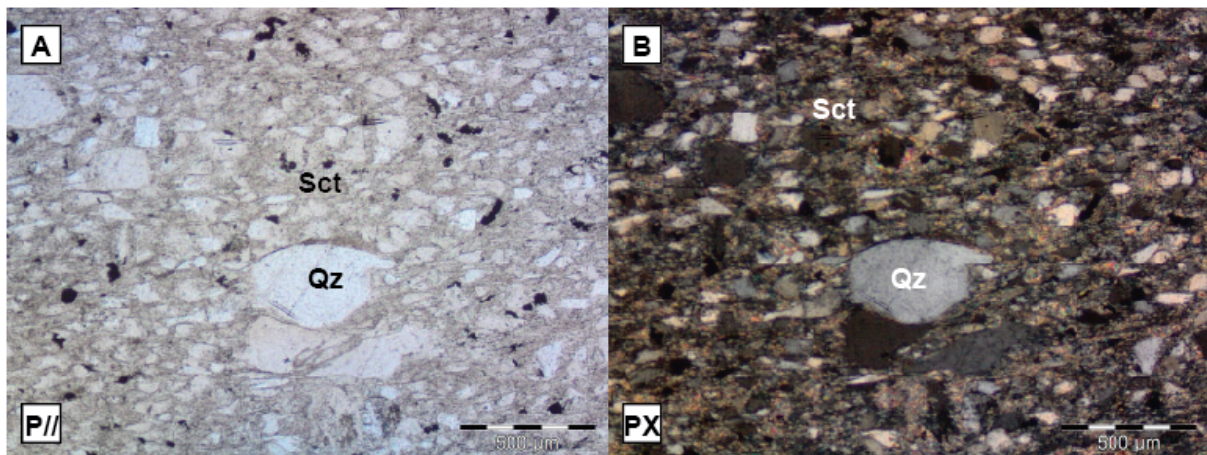


Figura 4.11 - (A) e (B) Fotomicrografia com destaque para ocorrência de sericita (Sct) entre os grãos de quartzo (Qz) recristalizados, e foliação da rocha (A21: 299541 E/ 8558833 N).

4.1.2.2 PP4aqo - Meta quartzo arenito

A tipologia do terreno e vegetação onde ocorre esse litotipo mantêm-se homogêneas ao longo do corte NS do morro, com vegetação levemente mais baixa, desenvolvida sobre os detritos rolados do alto do morro. Esta morfologia é bruscamente alterada por paredes rochosas subverticais de cores brancas amareladas que sustentam a topografia até o alto do morro a sudeste da área.

A rocha observada possui textura clástica, tonalidade branco rosada, e capa de intemperismo. Observa-se granulometria fina e composição definida por quartzo e com domínios ou faixas ricas em óxidos de Fe (figura 4.12). Microscopicamente, a rocha apresenta aproximadamente 95% de quartzo (figura 4.13), tanto como grãos suportando o arcabouço principal da rocha, quanto em domínios mais finos formando porção de matriz de mesma composição. Observou-se também, a presença de cimento em toda a lâmina, que preenche os espaços intersticiais entre as bordas dos grãos. Os grãos possuem contato côncavos e convexos e por vez, suturados. O quartzo possui majoritariamente extinção homogênea, porém alguns grãos extinguem-se onduladamente. Composicionalmente a matriz corresponde a cerca de 12% da rocha, enquanto o cimento é de aproximadamente 20%. A rocha é comumente descrita com a presença de diferentes estratificações cruzadas e forte cimentação silicosa, como em Tanizaki et. al, 2015, o que inclui esta rocha na litofácies quartzito estratificado do Membro Mutum.



Figura 4.12 - Meta quartzo arenito em bloco rolado no pé do morro (A20: 299467 E/8558740N).

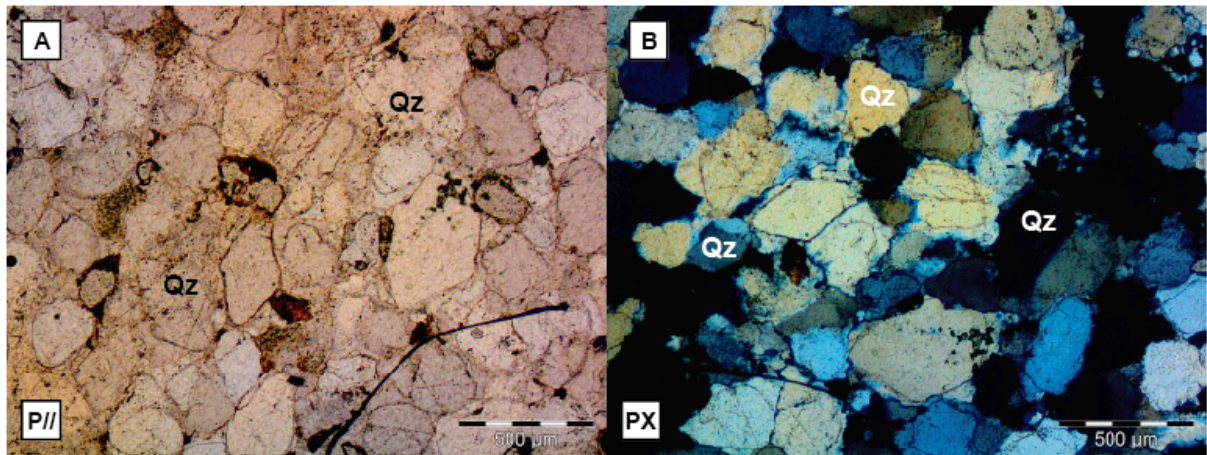


Figura 4.13 - (A) e (B) Meta quartzo arenito em fotomicrografia. (A20: 299467 E/ 8558740N).

A avançada maturidade textural da rocha é refletida na boa seleção, tal como no alto desenvolvimento do grau de arredondamento dos clastos, sugerindo uma fonte distal em relação ao local de deposição. Já o predomínio de grãos de quartzo e a geometria dos seus contatos apontam uma alta maturidade composicional. A rocha pode ser classificada como um quartzo arenito silicificado (Meta quartzo arenito). Esse membro associa-se em contatos discordantes e interdigitações em diversas localidades com o Membro Prata, corroborado pelo contato em discordância observado em campo entre o Meta quartzo arenito (PP4aq) e o meta arenito indiferenciado (PP4a).

5. Geologia Estrutural

5.1 Introdução

O presente capítulo tem como objetivo caracterizar os eventos tectônicos que afetaram a região e descrever os domínios associados, com base na análise estrutural dos dados coletados durante o mapeamento geológico. Os dados da subárea II são tratados em conjunto com as demais subáreas do projeto (figuras 5.1 e 5.2), de modo que as informações locais contribuam para um melhor entendimento acerca do arcabouço estrutural regional. Foram confeccionados o mapa estrutural da subárea II (figura 5.3) e os estereogramas de medições em escala local e regional. A elaboração do mapa de domínios estruturais da subárea II obedece aos critérios estabelecidos para o mapeamento de domínios do Projeto Campos Belos, porém, com o adensamento de malha de informações, corresponde ao mapeamento em escala 1:25.000 das subáreas do projeto.

Com base nas descrições e interpretações das estruturas observadas na região do projeto, juntamente com a macroestrutural, propõe-se que a área tenha sido submetida a três eventos tectônicos, sendo eles: (i) a orogênese ocorrida entre os períodos Riáciano e Orosiriano; (ii) o Rife do Araí, de idade Paleoproterozoica; e (iii) a orogênese Brasileira, ocorrida no Criogeniano. Os eventos caracterizam-se por deformação dúctil a rúptil de natureza transcorrente e transpressiva. Para a região do projeto Campos Belos, com base nos eventos supracitados, definem-se três domínios geotectônicos. São eles: (i) Domínio I, que representa os estágios de sinéclise e antepaís, relacionados a abertura e fechamento da bacia de sedimentação do Grupo Bambuí, e também, a Formação Jequitaí; (ii) Domínio II, representado por rochas do Grupo Araí, cujos sedimentos precursores foram depositados durante as fases rife e pós-rife sob efeito de tectônica distensiva do Paleoproterozoico, e deformadas durante a orogenia Brasileira; (iii) Domínio III, representados pelos xistos da Formação Ticunzal, e pelos granitos sin-a-tardi-tectônicos da Suíte Aurumina, deformados pela orogênese Riáciana-Orosiriana.

Grandes estruturas observadas constituem trends NW-SE, de zonas de cisalhamento transcorrentes, representadas por um conjunto de falhas de alto ângulo, evidenciadas a partir de dados de lineamentos magnéticos extraídos a partir da derivada vertical. Destacam-se ainda, lineamentos, extraídos a partir das imagens de sensoriamento remoto, caracterizados por morrotes e rios encaixados evidenciados pelo mapa estrutural (Figura 5.1).

Mapa Estrutural -Projeto Campos Belos

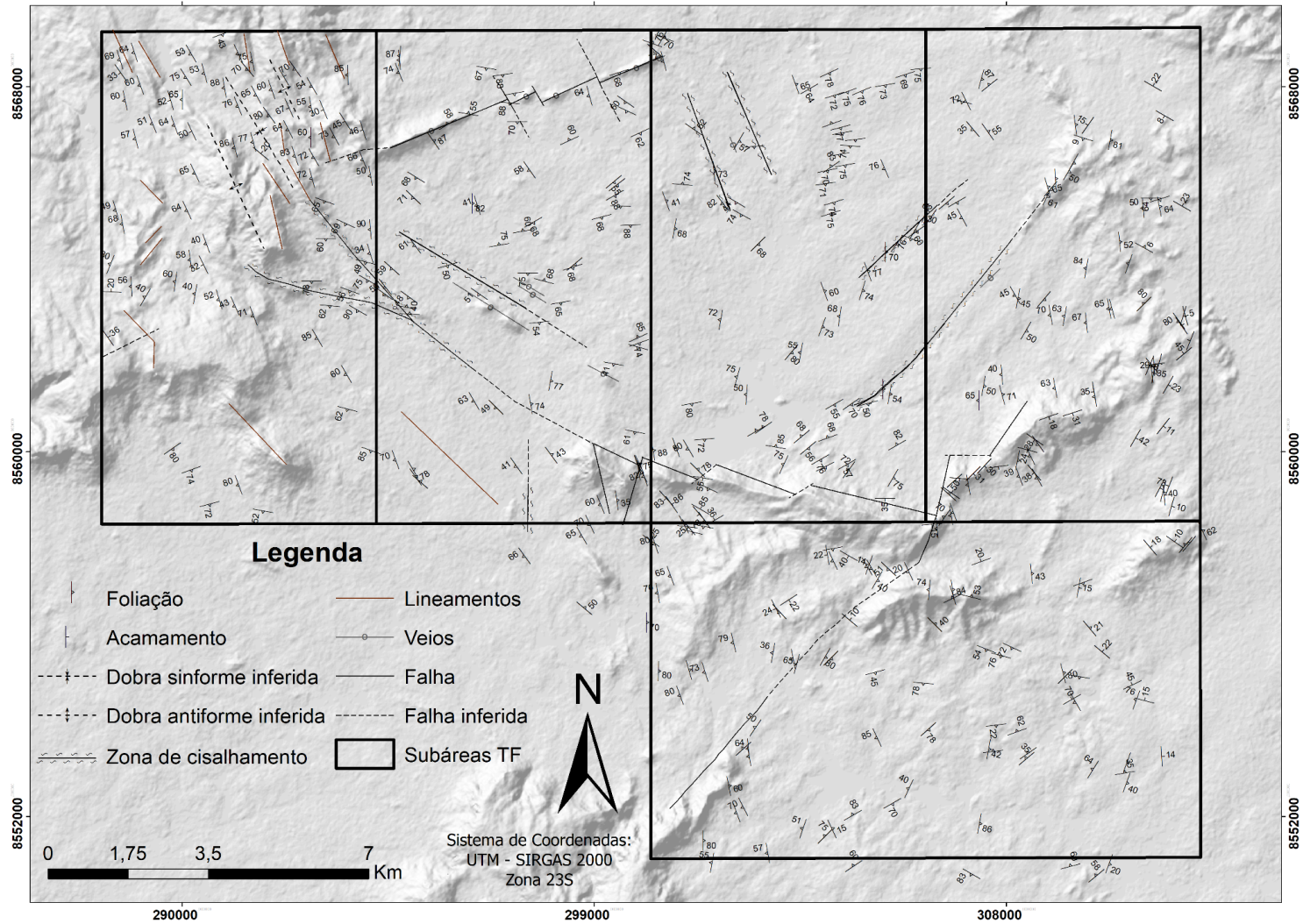


Figura 5.1 - Mapa de elementos estruturais do Projeto Campos Belos.

5.2 Domínios Estruturais do Projeto Campos Belos

Os domínios estruturais do Projeto Campos Belos foram definidos com base na orientação das foliações, na densidade de feições secundárias da primeira derivada horizontal (DZ), e no conhecimento acerca dos eventos tectônicos que a área está submetida. Inicialmente foram definidos seis domínios discutidos a seguir.

5.2.1 Domínio 1

Trend definido pela foliação Sn na direção NNW-SSE, com mergulho de médio a alto ângulo para SW, este domínio é representante das rochas do Grupo Araí com deformação característica da Orogênese Brasileira.

5.2.2 Domínio 2

Este domínio preserva feições de todas os eventos deformacionais ocorridos na área, em que o estereograma evidencia uma dispersão dos polos, possuindo dois trends principais, sendo o mais evidente com foliações Sn orientadas segundo a direção ENE e o segundo com orientação NS variando a direção do mergulho para ambos os sentidos e a direção da camada de acordo com a orientação da foliação nas bordas do corpo granítico do Domínio 2.

5.2.3 Domínio 3

O Domínio 3 é marcado fortemente pelo trend NW da foliação Sn, com mergulhos de médio a alto ângulo, predominantemente orientados para SW, mas por vezes virando a orientação para NE nas situações com maiores valores de mergulho. O domínio é definido dentro da porção Sudoeste do embasamento, constituído predominantemente pela Suíte Aurumina na área do projeto.

5.2.4 Domínio 4

Este domínio é definido pelo Grupo Araí e tem forte semelhança com o Domínio 1, com forte trend orientado segundo a direção NNW e mergulho de médio a alto ângulo preferencialmente para SW, por vezes virando para NE.

5.2.5 Domínio 5

O Domínio 5 é inserido majoritariamente em contexto indeformado ou incipiente do Grupo Bambuí, apresentando poucas medidas de foliação Sn, sendo composto na grande

maioria pelo acamamento S0 disposto com orientação próxima a N-S, e mergulhos de baixo ângulo.

5.2.6 Domínio 6

Orientações com forte dispersão, predominantemente segundo a direção NE, com mergulho para NW. Este domínio inclui as rochas da Suíte Aurumina e da Formação Ticunzal, a sul da área do projeto.

Mapa de domínios estruturais -Projeto Campos Belos

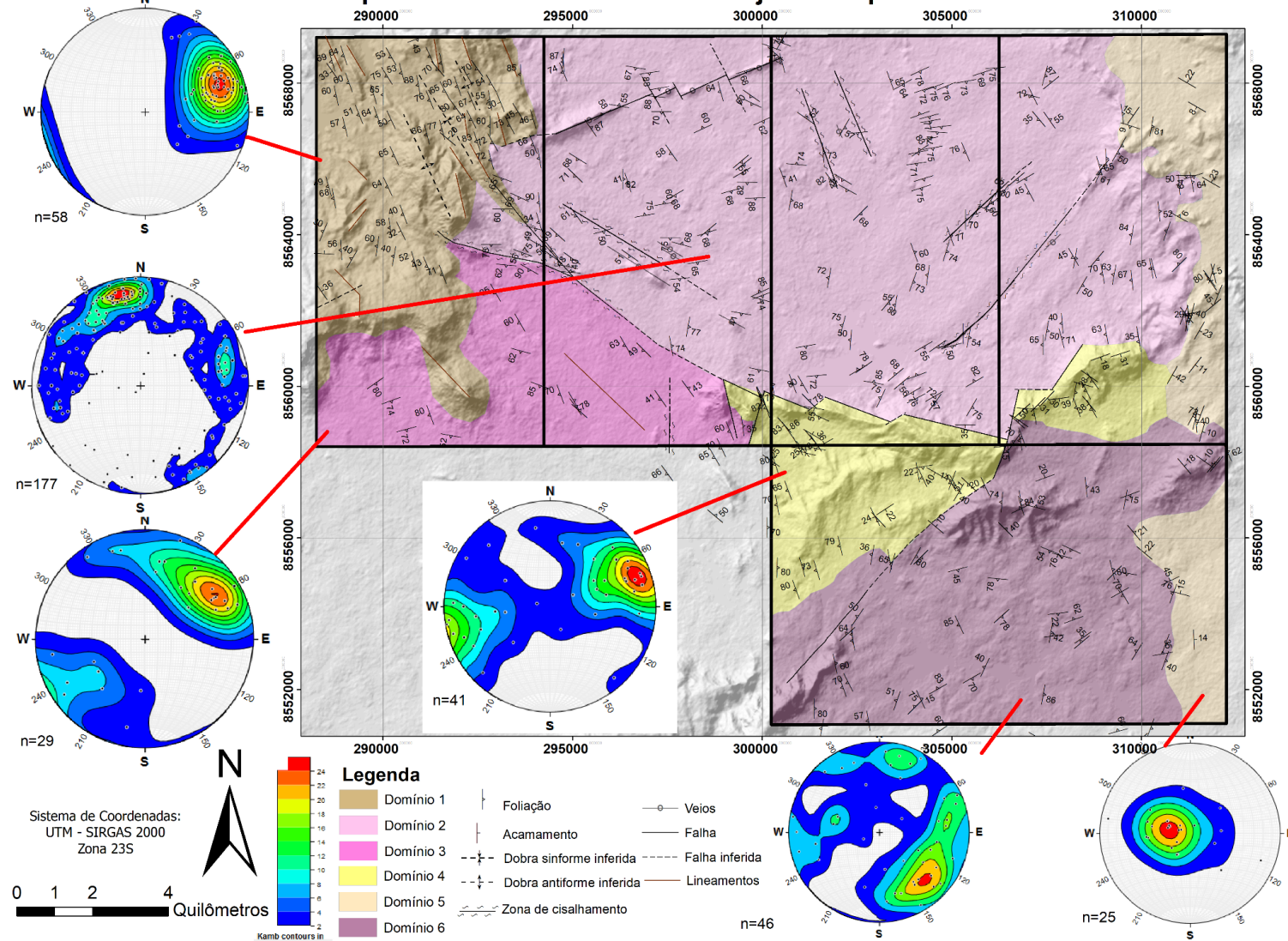


Figura 5.2 - Mapa de domínios Estruturais do Projeto Campos Belos, com estereogramas elaborados a partir das foliações.

5.3 Domínios Estruturais da Subárea II

Os domínios estruturais estabelecidos para o contexto da subárea II foram definidos com base em critérios de direção preferencial das foliações e reologia, além de feições extraídas com o uso da primeira derivada vertical (DZ), como a Zona de Cisalhamento Arraias (ZCA) (figura 5.3) que subdivide a subárea II essencialmente em dois domínios estruturais norte e sul, e que é orientada segundo a direção NW. Esta zona prolonga-se nas demais áreas, podendo ainda, ser observada na subárea I, com a mesma direção, e nas subáreas III e IV, com curvaturas orientando a zona de cisalhamento segundo a direção NE.

A zona de cisalhamento Arraias é uma zona de falhas paralelas entre si, em que a rocha deforma-se em regime dúctil-rúptil apresentando feições características ao longo de todo seu eixo. Diversos pontos de amostragem e de medições foram realizados ao longo desta zona, mostrando o caráter dextral do movimento do cisalhamento (Figura 5.4), em estruturas do tipo delta de rotação do cristal, e de par S-C com foliação definida em dois planos, em que o plano C da foliação apresenta-se majoritariamente paralela a zona de cisalhamento arraias (Figura 5.5). Esta zona comporta-se como importante elemento estrutural, que associa diversas falhas paralelas entre si ao longo do eixo (Figura 5.1), além de diversas famílias de fraturas correspondentes aos pares conjugados, com orientações NNW e SW (Figura 5.10). Tais feições foram utilizadas de forma a correlacionar os domínios com seus respectivos eventos deformacionais.



Figura 5.3 - (A) e (B) Evidências da zona de cisalhamento com associação de família de fraturas e seus respectivos pares conjugados (A58: 296369 E/ 8563491 N) e (A61: 299676 E/ 8564932 N).

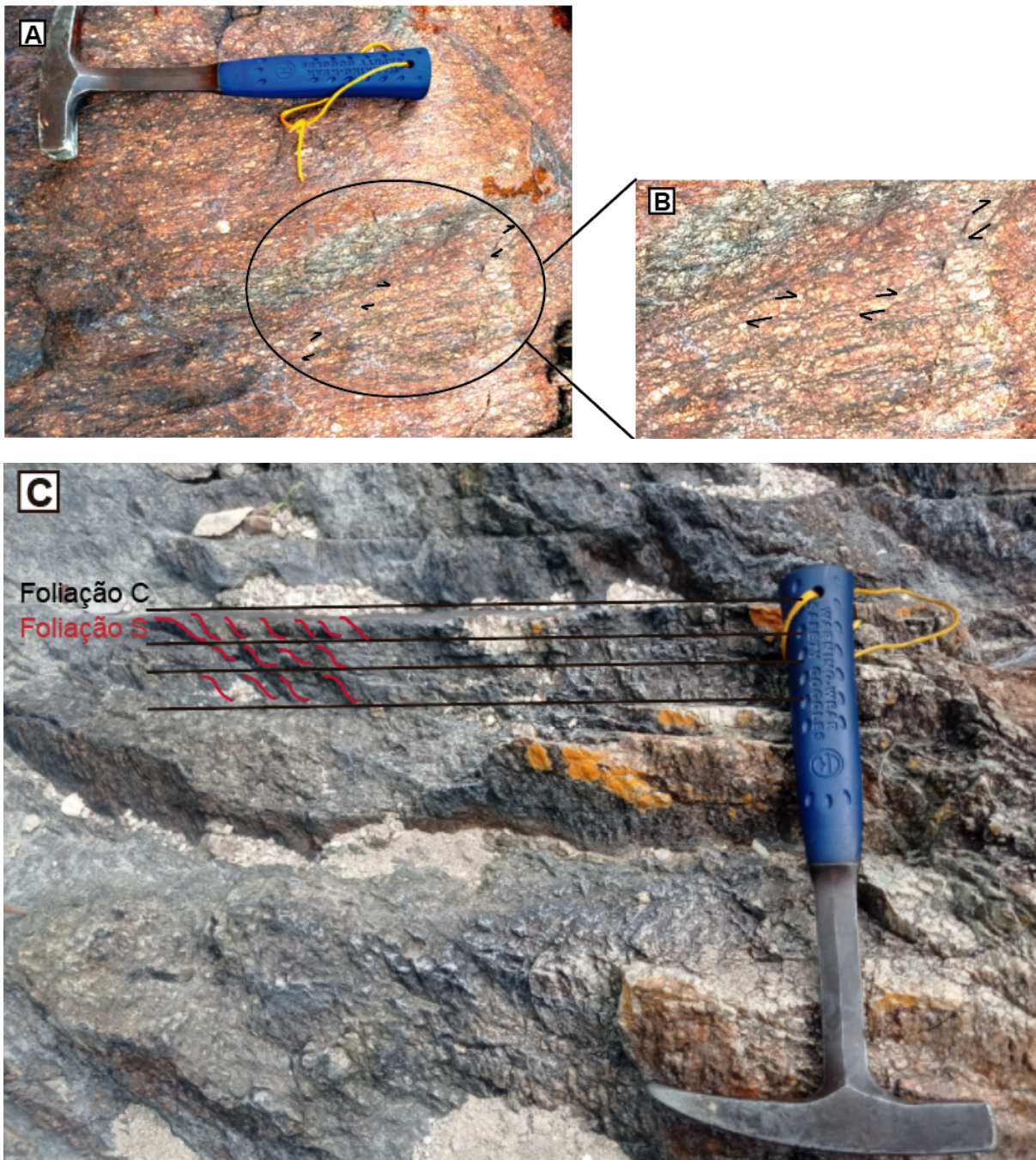


Figura 5.4 - (A) Evidência da movimentação dextral em cristal na zona de cisalhamento (B) zoom nos cristais rotacionados em cinemática dextral (Ponto de Controle 3: 300691 E/ 8560189 N) (C) Pares S-C em foliação impressa nos granitos da Suíte Aurumina (A34: 298054 E/ 8561430 N).

Os indicadores cinemáticos (Figura 5.4) evidenciam a foliação S, indicando um vetor de esforços tectônicos perpendicular a esta. Ao analisar os estereogramas da figura 5.5.A, construído para as foliações das proximidades da Zona de Cisalhamento Arraias (ZCA), podemos observar dois trends principais de foliação S, um com orientação N-S indicador do vetor de σ_1 , na direção próxima a E-W, e uma segunda foliação S mais proeminente, que

tende a paralelização nas proximidades da ZCA com orientações WNW indicador de vetores de σ_1 próximos a N10E/S10W. A progressão destes esforços faz com que a rocha admita a foliação C (Lister & Snoke, 1984), posterior e paralela à direção do cisalhamento, em que inicialmente é desenvolvida crenulação na rocha até que a alteração da reologia ou mesmo as condições de esforços tectônicos impliquem em um regime rúptil (Tobisch & Paterson, 1988). Os estereogramas da Figura 5.5. representam as direções das foliações S e C nas proximidades da zona de cisalhamento Arraias demonstrando a paralelização da foliação S com o eixo NW da ZCA e de um conjunto de foliações C, além de um segundo conjunto de medidas de foliação C, com direção NNE, possivelmente associado ao mesmo evento deformacional formador da foliação S de direção WNW.

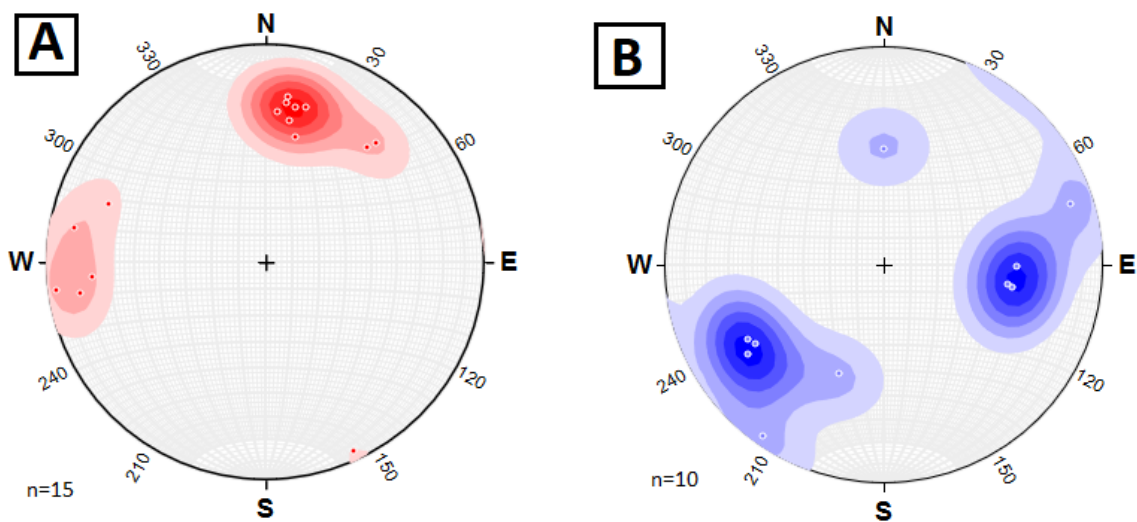
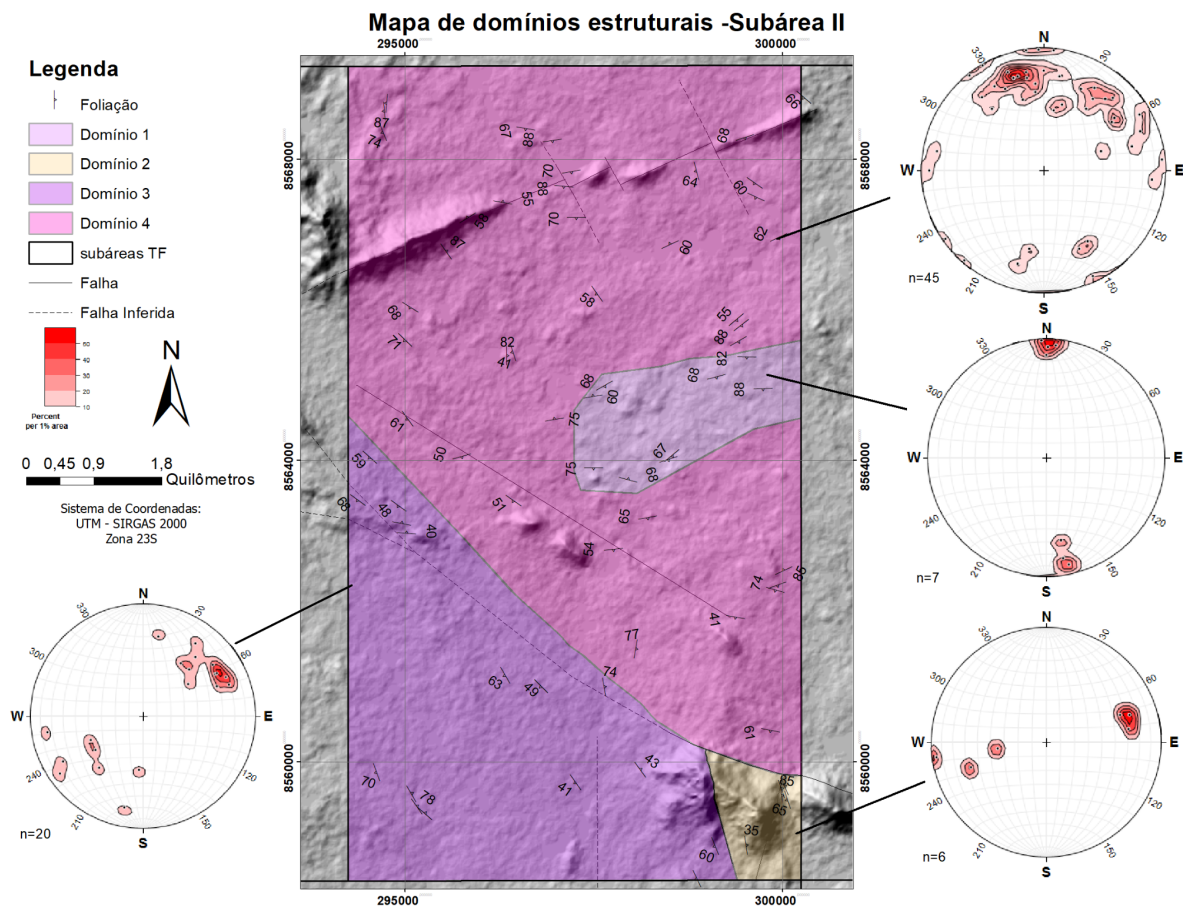


Figura 5.5 - (A) Estereograma com a plotagem de polos da foliação S e (B) estereograma com a plotagem de polos da foliação C.



5.3.1 Domínio 1 (D1)

Este domínio trata preferencialmente das foliações de direção EW, com alto ângulo de mergulho, e relativamente distantes da zona de cisalhamento e grandes falhamentos da subárea II. Além do trend singular deste domínio, não ocorrem elementos característicos de trama rúptil.

O D1 de foliação (S_n) orientada em EW, preferencialmente 180/75 (figura 5.6), apresenta trend similar ao primeiro evento deformacional (D_n) ao qual a região foi submetida durante o lapso Riaciano-Orosiriano, e por isso, sugere-se que, ocorram pequenas “ilhas” isoladas com feições preservadas característica desse evento, em função da distância dos domínios afetados pelos demais eventos.

5.3.2 Domínio 2 (D2)

Corresponde às rochas pertencentes ao Grupo Araí. O domínio 2 é marcado por foliações NNW, com mergulhos de alto ângulo, preferencialmente ENE. As medidas estruturais coletadas, foram somente no litotipo Meta Arenito Indiferenciado (PP4a), no qual

observou-se foliação com mergulho predominantemente orientado a 071/85. Além de ocorrerem elementos característicos de trama dúctil da região e, é diferenciado dos demais domínios, principalmente por estar limitado pelas falhas no extremo SE, que delimitam o Grupo Araí na subárea II.

5.3.3 Domínio 3 (D3)

Trata-se de um domínio limitado a norte pela zona de cisalhamento e a leste pelas falhas que delimitam o pacote de rochas do Grupo Araí (D2). O domínio é caracterizado pela predominância de trama dúctil associada ao evento deformacional D_{n+1} , evidenciada pela presença de dobramentos com eixos preferencialmente orientados a NW, concordantes com a zona de cisalhamento, e clivagem de crenulação (S_{n+1}) em domínios proto a ultramilonitizados, conforme elucidada o estereograma (figura 5.6)

5.3.4 Domínio 4 (D4)

O domínio compreende a porção norte constituída por rochas da Suíte Aurumina na subárea II, limitado à sul pela zona de cisalhamento que corta a área no sentido NW. É associado ao evento D_{n+1} . Apresenta principal trend na direção ENE, com mergulhos para sul de alto ângulo segundo 185/88, que o caracterizam como trend preferencial paralelo à zona de cisalhamento, e que, no extremo noroeste, assume as direções NS, com mergulho orientado a 265/87. Ocorrem ainda, um grupo de falhas dextrais, evidenciadas pela ruptura e movimentação dos veios de quartzo presentes a norte da subárea II, conforme elucidada o estereograma (figura 5.6), que sugerem a progressão do evento D_{n+2} para a fase rúptil, ao qual foram submetidas as rochas da Suíte Aurumina.

5.4 Análise da Deformação

A análise estrutural realizada neste projeto objetivou definir os eventos deformacionais com base nas fases deformacionais que afetaram a região, pelo contexto reológico e pelos mecanismos de deformação, além das diferentes idades de geração.

5.4.1 Evento E_1

O evento compressional ocorrido no lapso Riacciano-Orosiriano, de caráter dúctil transpressional, encontra-se impresso e pouco preservado nas rochas da Suíte Aurumina (Figura 5.5), geradas por intrusões sin a tardi tectônicas associadas, e retrabalhadas no evento

posterior Brasileiro. Essas rochas apresentam foliação (Sn) de alto ângulo e mergulho preferencial para norte.

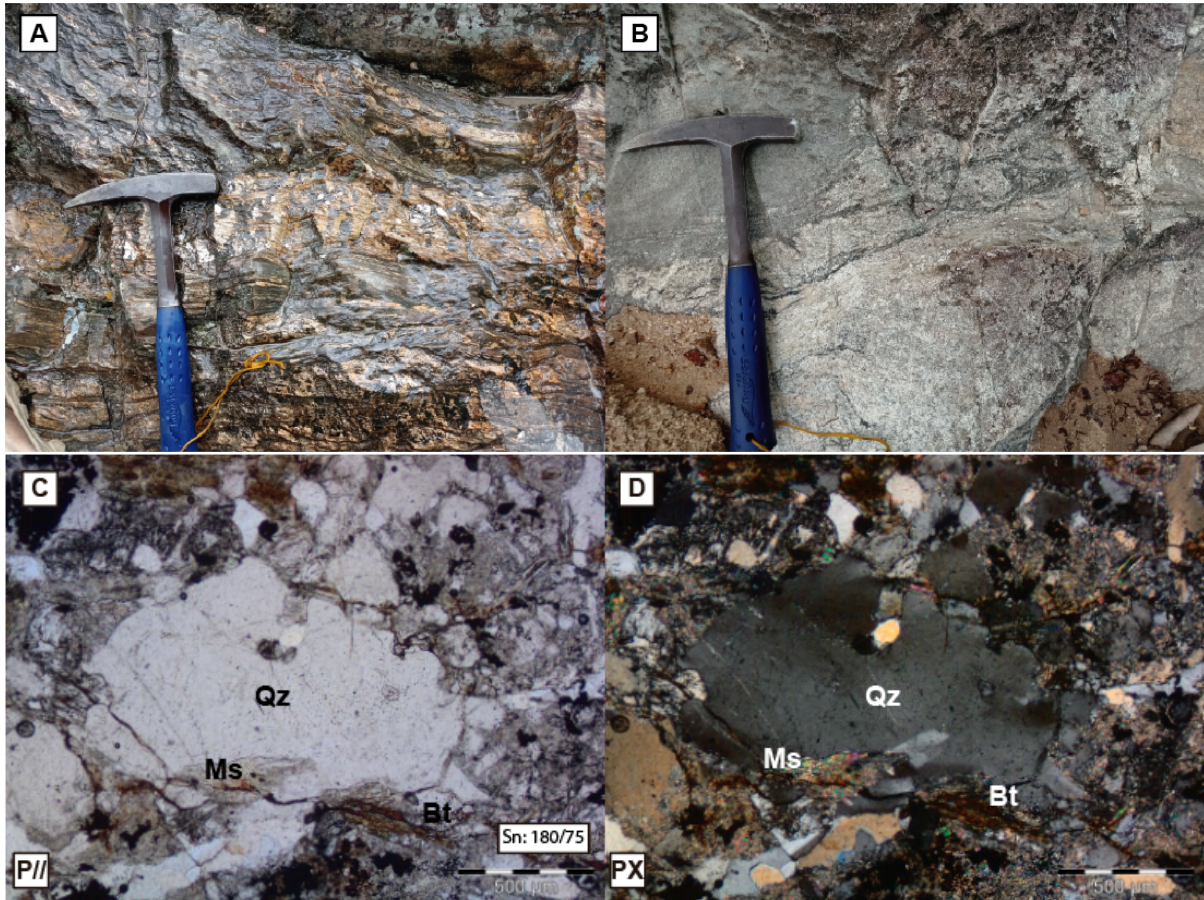


Figura 5.7 (A) e (B) - Domínio com orientação preferencial EW no Monzogranito da Suíte Aurumina, com bandas e lentes de biotita (Bt) do tipo “Schlieren” (B) (A82: 297539 E/ 8564882 N). (C) e (D) Minerais em fotomicrografia com foliação EW, similar ao trend do evento orogênico ocorrido no Riachano-Orosiriano (A51: 295321 E / 8566042 N).

5.4.2 Evento E₂

Cronologicamente, o segundo evento deformacional marca o trend NW na área, com diversas foliações orientadas sob a mesma direção, localizadas de forma restrita na porção sudeste da subárea II, nas rochas do Grupo Araí, associadas à abertura do Rifte do Araí, durante Estateriano, marcando a exposição das rochas deste evento extensional e formação de diversas falhas que limitam pacotes de rochas deste grupo, em escala de mapa.

5.4.3 Evento E₃

As rochas na região assumem de forma geral uma trama dúctil-rúptil, que exhibe diversas zonas milonitizadas e sistemas de fraturas e veios, sendo esta, vista como a última fase de deformação na região e associada à Orogênese Brasileira, na qual o trend geral da

foliação assume direção NE, como observado nos domínios D3 e D4. Durante a Orogênese em questão ocorrem ainda dois diferentes eventos deformacionais, sendo o primeiro relacionado a feições de trama dúctil-rúptil na rocha, em que são observados dobramentos em escala mesoscópica e microscópica (figura 5.8), e em seguida, fraturas preenchidas por sericita. Neste evento foram gerados milonitos que afloram na subárea II, principalmente no domínio D3. Um segundo evento deformacional é caracterizado pela trama rúptil (D_{n+2}), impressa na rocha, marcada pela recristalização e fraturamento dos grãos (figura 5.9), além da relação de corte entre as mesmas, em que observam-se falhas com movimentação dextral dos veios localizados na porção norte da subárea II, como observado no mapa estrutural (figura 5.10), e cujas feições são observadas predominantemente no domínio D4.

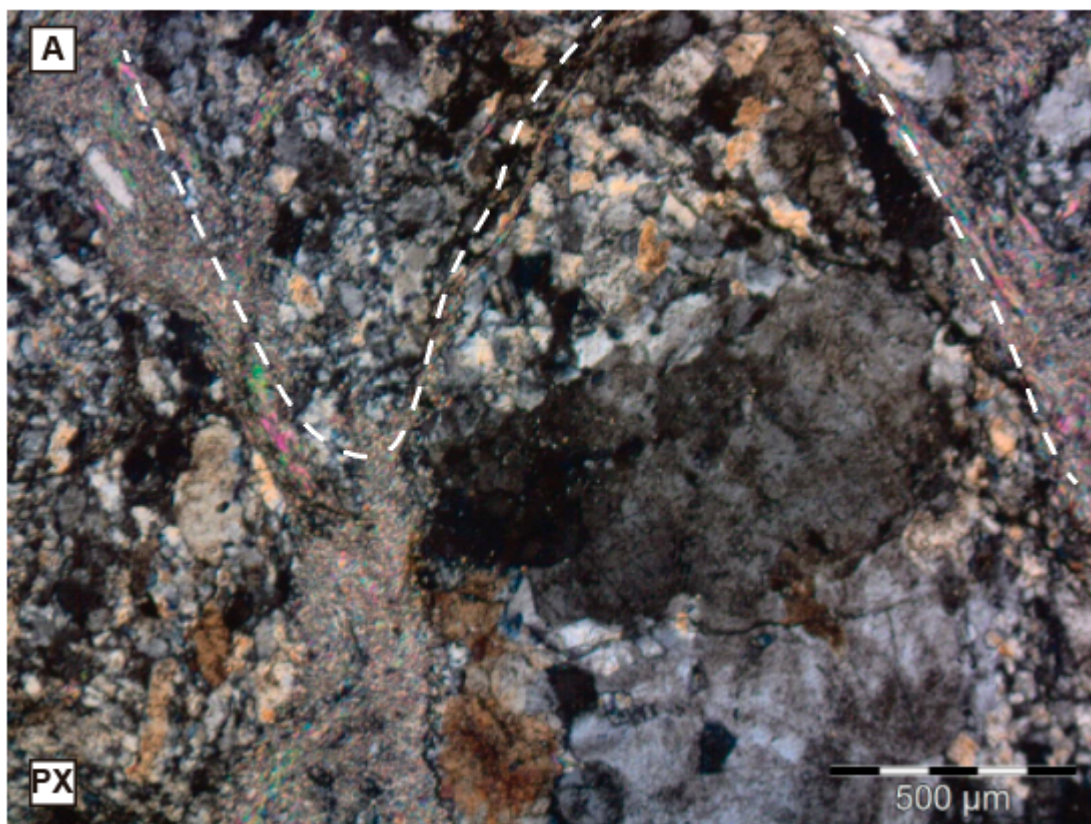


Figura 5.8 - Dobramento em escala microscópica em protomilonito, evidenciando a fase D_{n+1} de deformação. Também são observadas fraturas preenchidas por sericita. (A11: 301353 E / 8559408 N).

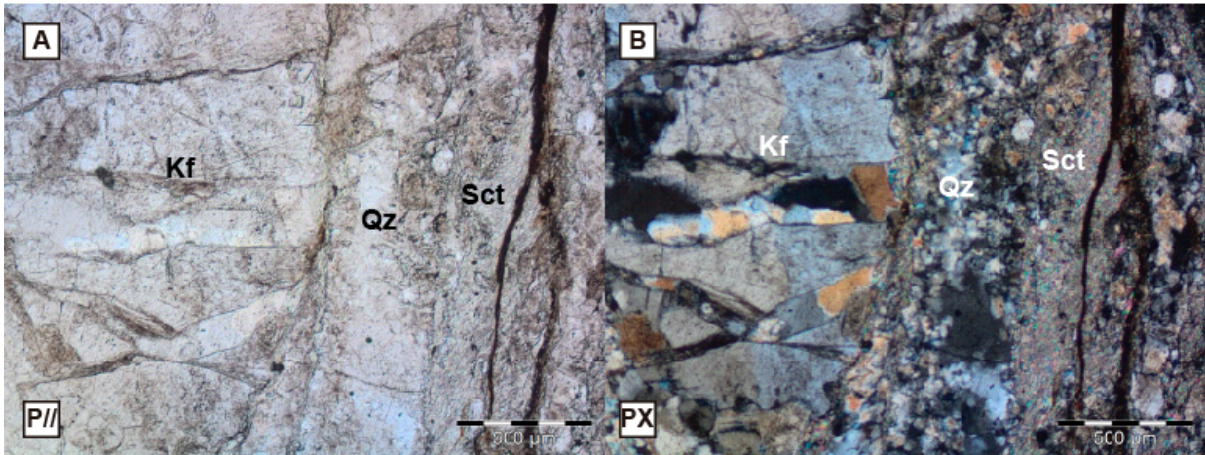


Figura 5.9 - Cristal de K-feldspato (Kf) fraturado e recrystalizado, com quartzo (Qz) recrystalizado e sericita (Sct) preenchendo fraturas (A11: 301353 E / 8559408 N).

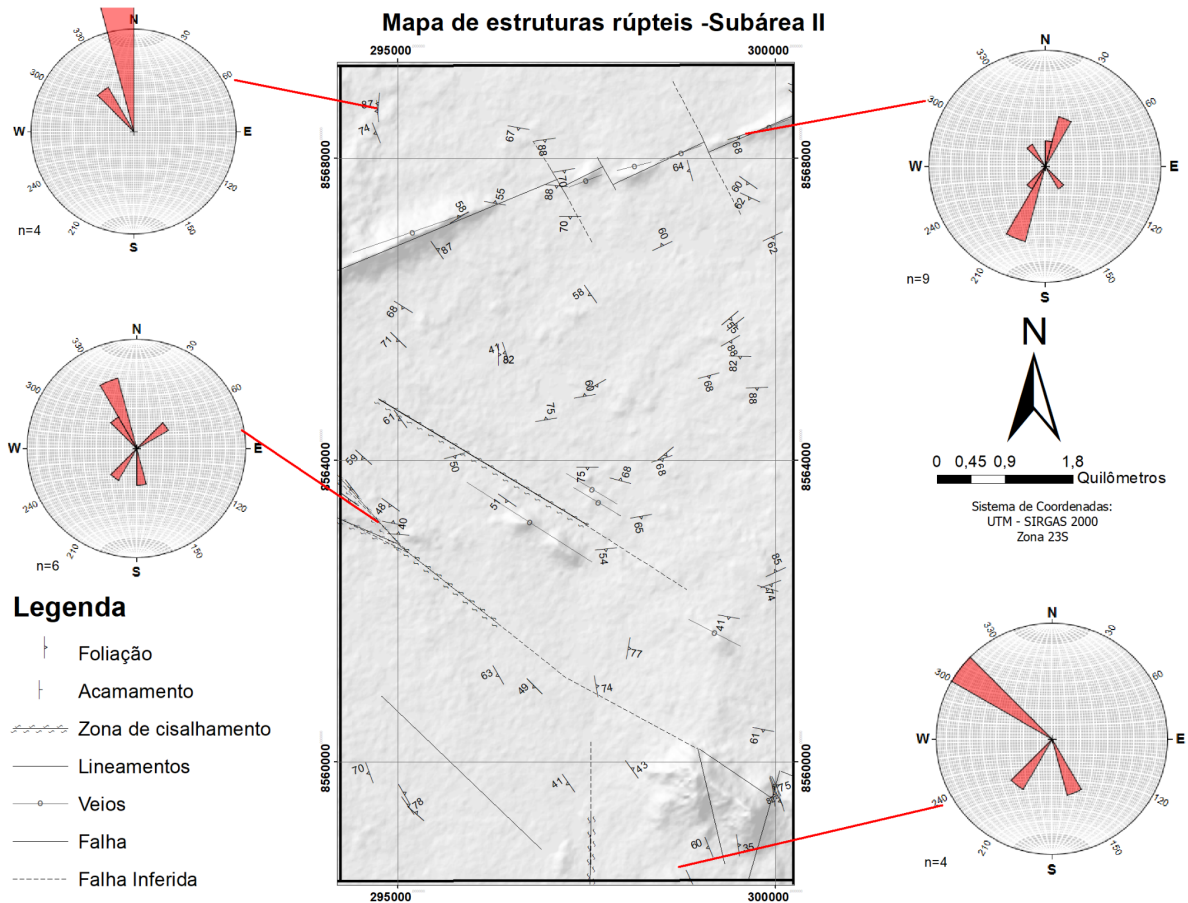


Figura 5.10: Mapa de elementos rúpteis com seus respectivos diagramas de rosetas.

Elementos da trama rúptil são observados no mapa de rosetas (figura 5.10), os quais são majoritariamente encontrados na porção norte da subárea II, e que foram gerados durante

o segundo evento deformacional da Orogênese Brasileira, definido como D_{n+2}. Os elementos visualizados nos estereogramas (figura 5.10) são representantes das famílias de fraturas que constituem pares conjugados associados aos lineamentos e falhas principais observadas no mapa.

A porção Centro-Oeste da subárea, próxima à zona de cisalhamento, evidencia direções de fraturamento com vetor principal para NNW, e secundárias dos pares conjugados orientados para NE.

O extremo noroeste da área apresenta fraturas orientadas para NNW, enquanto no setor Nordeste, com fraturas medidas próximas à falha principal preenchida por veios de quartzo apresenta medidas para SSW, representando os pares conjugados do sistema dos veios orientado segundo ENE, e com movimento dextral.

No setor sudeste da subárea são encontradas estruturas de trama dúctil rúptil, e relação de corte observada em microscópio evidenciando as fraturas como elementos deformacionais posteriores à crenulação. No estereograma de rosetas (Figura 5.10) do setor Sudeste, evidencia-se a direção principal NW, característica da zona de cisalhamento, além de famílias de fraturas associadas a esta, com direção SW.

6. Potencialidades Econômicas

6.1 Introdução

A avaliação das potencialidades econômicas das principais substâncias minerais do Projeto Campos Belos baseia-se no reconhecimento do ambiente geotectônico e nas ocorrências previamente conhecidas na região. A substância mineral metálica conhecida é o Ouro (não observado); entre as não metálicas encontram-se o Urânio e o Fosfato.

A região de Campos Belos é explorada desde 1975, quando foram descobertas as primeiras mineralizações de Urânio pela Nuclebrás. Em 1981, a Metago S/A deu início à exploração de depósitos de fosforitos na região, que atualmente é realizada pelo consórcio canadense-brasileiro do grupo Itafós Mineração LTDA. Além desta, a Gefoscal atua também com a produção de fertilizantes.

Historicamente a economia da região de Campos Belos (GO) e da cidade de Arraias (TO), são movidas pelo agronegócio. Este importante setor da produção nacional demanda o desenvolvimento também, da exploração mineira, com a necessidade de adubação do solo e de obtenção de materiais para a construção civil local. A Agência Nacional de Mineração (ANM) regulariza diversas solicitações de pesquisa de substâncias encontradas na região, conforme figura (6.1)

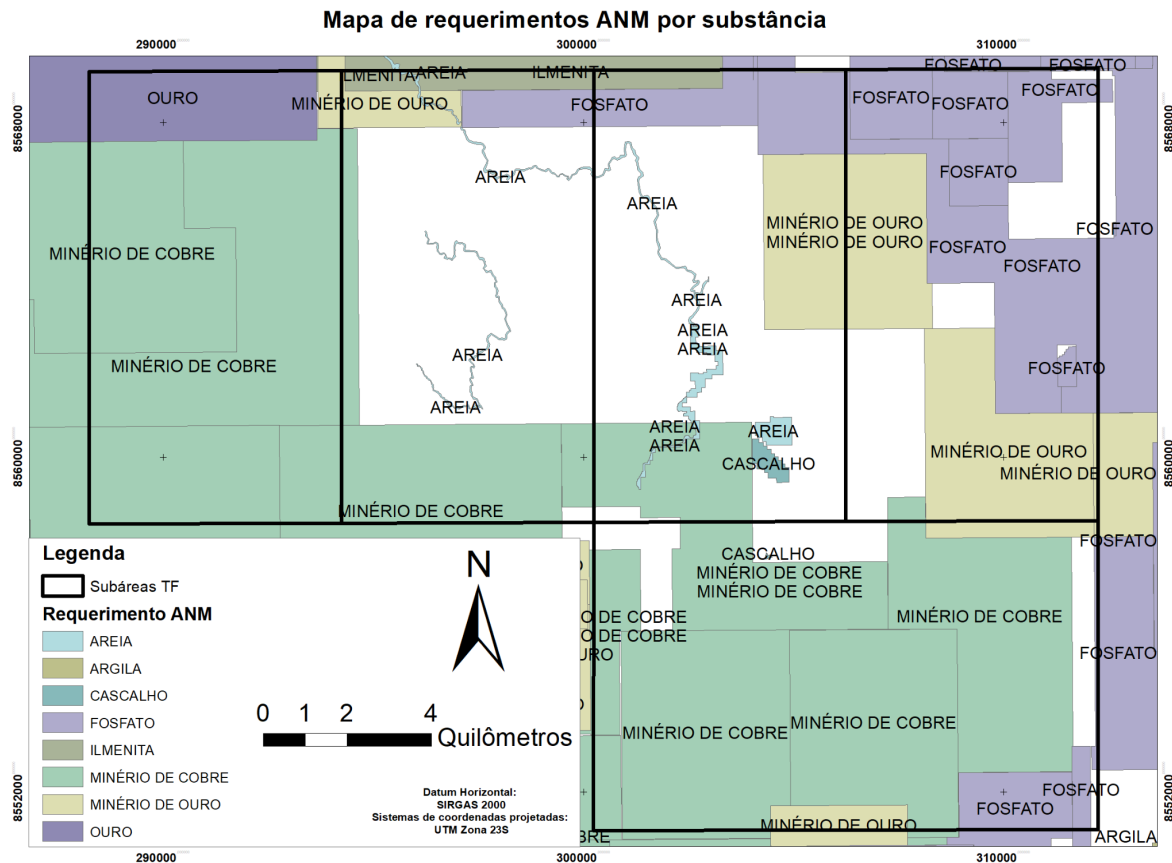


Figura 6.1: requerimentos de exploração mineral na região do projeto Campos Belos. Fonte: SIGMINE/ANM, disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>, acesso em 16 de Abril de 2022.

6.2 Substâncias Observadas

6.2.1 Urânio

Na região de Campos Belos uma série de anomalias radiométricas de urânio foram descobertas e investigadas pela NUCLEBRÁS (Andrade et. al. 1985; Figueiredo & Oesterlen, 1981). Tais anomalias são relacionadas a mineralizações supergênicas relacionadas à sequência metassedimentar da Formação Ticunzal e a granitos da Suíte Aurumina. As mineralizações uraníferas mais importantes estão situadas a sul e sudoeste da cidade de Campos Belos, onde mais de 100 anomalias de urânio foram registradas (Figueiredo & Oesterlen, 1981). Essas mineralizações estão relacionadas a estruturas tectônicas orientadas NS, N50E e N40W e associadas a quartzo-sericita xistos com grafita e granitos milonitizados. São constituídas por minerais de urânio de origem secundária, principalmente fosfatos de urânio.

O teor de urânio das zonas mineralizadas varia consideravelmente desde 100 ppm até 0,5% de U_3O_8 , com halos de dispersão entre 50 e 200 ppm. Análises multielementares mostraram uma relação do urânio com Cu, Pb, Bi, Ti, Co, B e Ba, além da associação com sulfetos (pirita e calcopirita) e arsenetos. As sondagens indicaram que a zona mineralizada se estende até 75 m de profundidade. A origem das mineralizações de urânio é frequentemente relacionada aos depósitos do tipo *vein-unconformity*, como os localizados no Canadá (Marmont 1987). Entretanto, não se pode descartar uma relação com o hidrotermalismo associado às intrusões graníticas da Suíte Aurumina, que se encontram sempre próximas dos depósitos (Bogossian, 2012).

6.2.2 Fosfato

Os trabalhos de pesquisa da METAGO durante os anos 70 permitiram a descoberta de diversas pequenas ocorrências de fosforitos nas unidades basais da Formação Sete Lagoas perto das cidades de Nova Roma, Monte Alegre e Campos Belos (METAGO,1979). Na Fazenda Covanca, os fosforitos formam lentes, atingindo algumas dezenas de metros de comprimento e cerca de dois metros de espessura, dentro de siltitos e folhelhos sobrepostos aos diamictitos da Formação Jequitaiá, a qual caracteriza a glaciação homônima no início do Neoproterozóico (Dardenne et. al.1978; 1986).

O teor médio do minério de fosforito fica compreendido entre 15 e 17% P_2O_5 , com um valor máximo de 22% P_2O_5 . O mineral dos fosforitos é a fluorapatita. Essas ocorrências têm sido afetadas pela alteração laterítica que provocou a formação de um minério terroso, marrom friável, com desenvolvimento local de crosta silicosa contendo wavelita. Todas essas ocorrências foram depositadas em depressões do embasamento num ambiente calmo e tranquilo por águas provavelmente frias provenientes da deglaciação (Monteiro, 2009).

6.2.3 Areia e Cascalho

A exploração de areia (figura 6.2) e cascalho na região é realizada quase exclusivamente por pequenos proprietários de terra, e a extração dá-se pela utilização de dragas de areia ou escavadeiras para a retirada do material acumulado no meandro dos rios, ou de camadas superficiais com cascalho disponível e de fácil acesso.

Esta exploração está destinada na maior parte das vezes para a construção civil, como areia para a formulação de concreto e argamassas juntamente com o cimento. Já o cascalho é utilizado pelos proprietários das terras para a melhoria da pavimentação das vias de acesso das fazendas.



Figura 6.2: Extração de areia fluvial na subárea II.

6.3. Substâncias Não Observadas

6.3.1 Ouro

Os granitos pertencentes à Suíte Aurumina (Botelho et. al. 1999) são hospedeiros de tipos variados de depósitos/ocorrências minerais, geralmente nas proximidades do contato com a Formação Ticunzal, entre eles, o ouro. Os granitos da Suíte Aurumina constituem as rochas encaixantes de várias ocorrências e depósitos de ouro em Cavalcante (Buraco do Ouro), Teresina de Goiás (Idelcy, Grotão), Aurumina (Mina de Aurumina) e Monte Alegre de Goiás (Novo Horizonte, Morro dos Borges, Tucano), hospedados em veios de quartzo, associados a zonas de cisalhamento e nas proximidades do contato entre granito e xistos e paragneisses da Formação Ticunzal. Essas ocorrências possibilitaram a pesquisa da mineralização aurífera na região de Campos Belos, onde constam requerimentos de pesquisa para minério de ouro.

Na subárea II são encontrados vestígios de trincheiras (figura 6.3) para exploração nas proximidades de veios e associações com rochas da Suíte Aurumina, as quais são, provavelmente associadas a pesquisas minerais e garimpos antigos de ouro, que apesar de não ativos, são historicamente importantes na região do projeto.



Figura 6.3 (A) e (B): Trincheiras artesanais para exploração de Ouro na região onde afloram as rochas da Suíte Aurumina (A13: 297378 E/ 8557784 N. A94: 299066 E/ 8558932 N).

6.3.2 Ilmenita

A Ilmenita está entre as substâncias com área de requerimento de pesquisa junto à ANM (figura 6.1) dentro da área do Projeto Campos Belos no extremo norte da área, em que a Edem Mineração Ltda. possui autorização de pesquisa do mineral. O óxido de ferro e titânio é relacionado a intrusões ígneas e por vez depósitos sedimentares do mineral pesado em regiões de zonas de cisalhamento, comumente associado a complexos de rochas com magnetita, ilmenita e hematita, que apresentam respostas aeromagnetométricas, associadas aos trends NNE observados no mapa magnetométrico da primeira derivada vertical (1DZ).

A ilmenita é citada no “Projeto Sudeste do Tocantins, Geologia e Recursos Minerais da Folha Arraias SD.23-V-A” da CPRM como marcador geoquímico com ocorrência na maioria das drenagens, indicando as potencialidades econômicas de complexos minerais de metais pesados e ouro. Seu uso está associado a revestimentos em ligas metálicas e pigmentação.

6.3.3 Cobre

A CODELCO do Brasil Mineração é responsável pelos requerimentos de pesquisa do minério de cobre na região de Campos Belos (GO) e Arraias (TO), onde parte das áreas requeridas para pesquisa estão em disponibilidade.

A porção Norte do Orógeno da Faixa Brasília expõe diversos complexos graníticos, sendo a Suíte Aurumina o representante destes na área do Projeto Campos Belos. Complexos orogênicos são fortemente associados a episódios de metamorfismo e hidrotermalismo formadores de depósitos de cobre e ouro, justificando o interesse nas pesquisas minerais nos granitos da região. Em tais pesquisas, provavelmente é realizada a busca dos halos de alteração característicos destes depósitos, que apesar de não reportados nos volumes de Geologia e Recursos Minerais das Folhas Arraias e Monte Alegre, são de possível ocorrência devido ao contexto tectônico no qual a região está inserida.

7. Evolução Geotectônica

7.1 Introdução

O presente capítulo tem como objetivo propor um modelo de evolução geológica que se adeque às informações coletadas em campo, bem como os dados litológicos e estruturais associados aos produtos previamente adquiridos por meio das geotecnologias. Nesta etapa, as informações complementares presentes na literatura como, por exemplo, análises geoquímicas e geocronológicas, são importantes para a determinação do ambiente tectônico de formação de cada unidade.

O domínio Cavalcante-Arraias, para a região do projeto do TF-2021, foi subdividido em seis domínios, definidos com base nas análises deformacionais observadas em campo, nas orientações da foliação e com base na análise da aeromagnetometria, a partir do uso da 1DZ (figura 7.1). Dados estruturais relacionados a três eventos distintos, descritos no Capítulo 5, enfatizam essa subdivisão, visto que as estruturas relacionadas às três fases deformacionais às quais a região foi submetida, encontram-se no Domínio 2.

Na região do Projeto Campos Belos, as rochas representadas pela Formação Ticunzal e Suíte Aurumina são afetadas pela orogenia Riacciana-Orosiriana, e posteriormente pelo evento Brasileiro. O Grupo Araí por sua vez, é afetado pelo evento de rifteamento do Araí, de idade Estateriana, e encontra-se em ocasiões, deformado também pelo evento Brasileiro. Por fim, as rochas do Grupo Bambuí, que apesar de serem contemporâneas ao evento Brasileiro, não são fortemente afetadas por este na área de estudo.

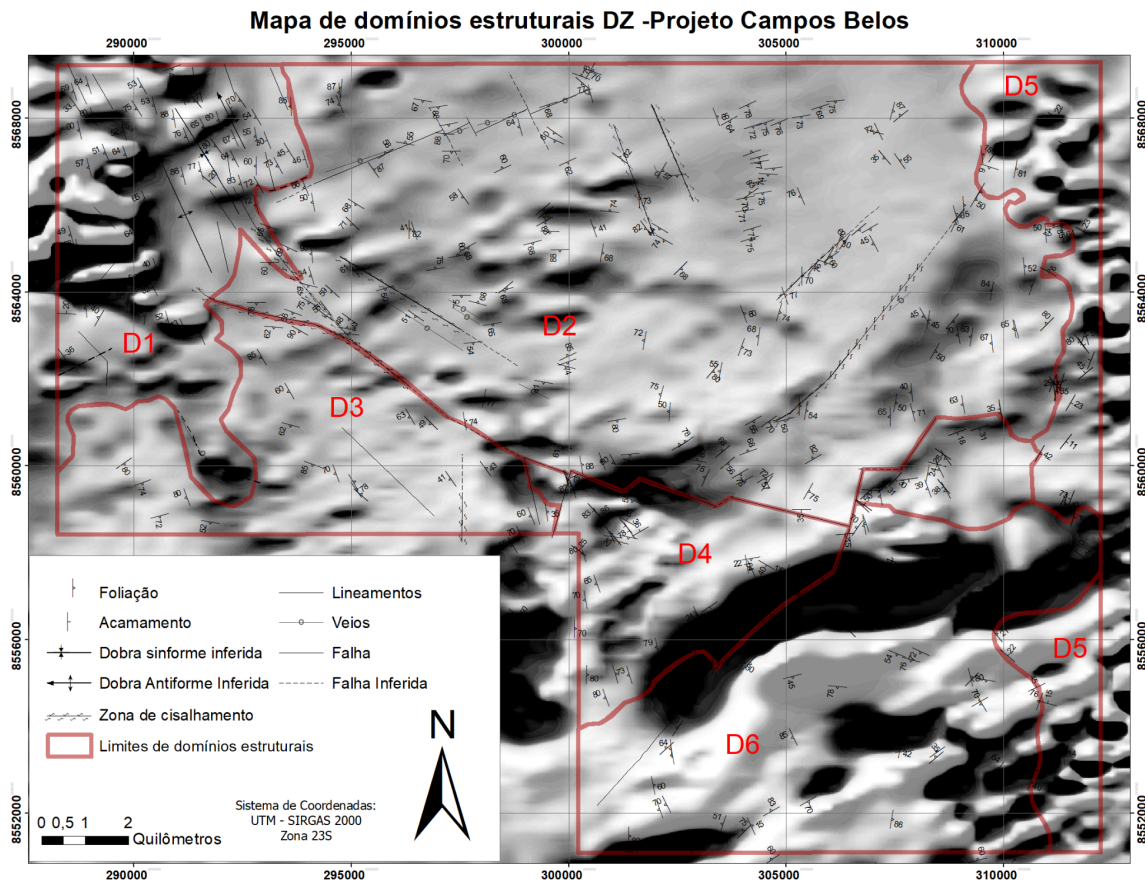


Figura 7.1 - Mapa de domínios estruturais do Projeto Campos Belos (GO) utilizando a densidade de feições secundárias da 1ª DZ.

7.2 Pré Colagem Riacciana

7.2.1 Deposição da Formação Ticunzal

As observações de campo permitiram inferir que a Formação Ticunzal, no domínio leste da área, é a unidade mais antiga do Projeto Campos Belos. Idades obtidas em zircão detrítico sugerem um intervalo de idade compreendido entre 2.16 e 2.19 Ga para a deposição dos sedimentos que deram origem à Formação Ticunzal (Cuadros et. al., 2017b). A Formação Ticunzal compõe-se de xistos grafitosos, mica xistos e paragneisses.

Estudos anteriores (Cuadros et. al., 2017b) através de dados litogeoquímicos, sugerem que os sedimentos precursores da Formação Ticunzal foram depositados em uma bacia peri-cratônica relacionada a um ambiente de arco continental (figura 7.2), de proveniência correspondente ao Domínio Almas-Dianópolis, visto que os sedimentos apresentam baixo grau de retrabalhamento. O ciclo sedimentar caracteriza-se de curto período, com interrupção em função do tectonismo que estabelece o magmatismo da Suíte Aurumina e, gera um evento metamórfico, com temperaturas entre 630 e 320°C, em fácies anfibolito alto nos sedimentos

da bacia. O caráter restrito da bacia com pobre circulação de correntes, foi provavelmente responsável pela preservação da matéria orgânica que deu origem à grafita dos xistos da Formação Ticunzal.

As estruturas observadas nessa unidade correspondem à fase de deformação Dn, porém, por ser uma área afetada por mais de um evento, possivelmente, ocorreram reativações dessas estruturas, sendo difícil a separação em eventos distintos. Caracterizam-se principalmente estruturas do tipo *lit-par-lit* em função da intrusão concordante dos granitos da Suíte Aurumina na Formação Ticunzal.

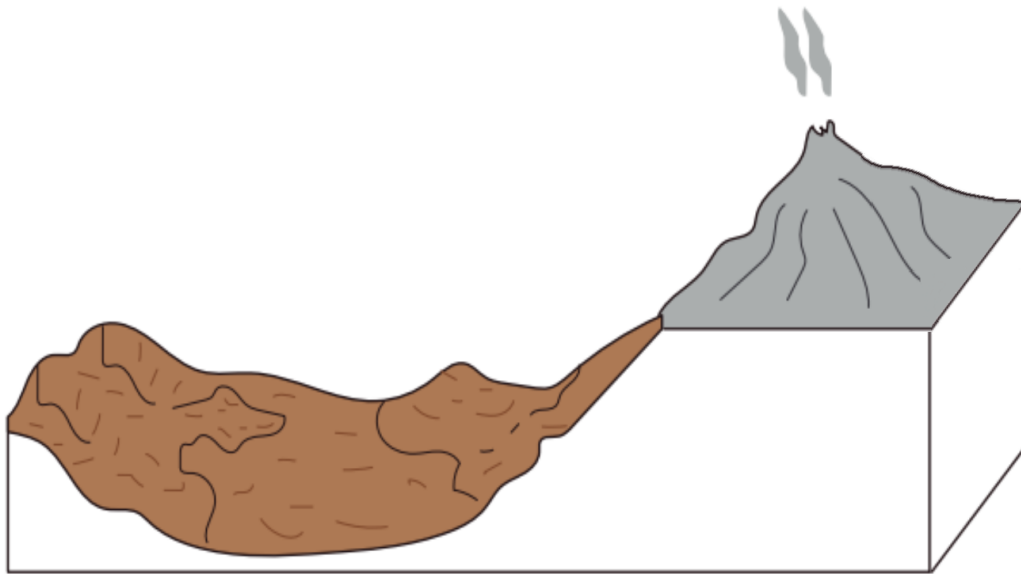


Figura 7.2 - Bloco diagrama esquemático do ambiente de deposição dos sedimentos precursores da Formação Ticunzal.

7.3 Colagem Riacciana

7.3.1 Intrusão da Suíte Aurumina

A Suíte Aurumina é definida por Botelho et. al. (1999), como uma unidade intrusiva, formada no Riacciano-Orosiriano. As rochas da Suíte têm características mineralógicas e químicas (muscovita magmática com TiO_2 entre 0,8 e 1,5%, $ISA > 1$) de granito peraluminoso, podendo ser interpretados como sin- a pós-colisionais (figura 7.3), derivados de fusão crustal. Cuadros et. al. (2017a) através de datações com o método U-Pb em zircão, infere idades de cristalização magmática entre 2.11 e 2.16 Ga para esta unidade, e sugere que a Formação Ticunzal tenha influenciado as rochas da Suíte Aurumina mediante processos de assimilação, e que uma possível fonte para os granitos, seja crosta antiga retrabalhada, que também deu origem às rochas magmáticas peraluminosas de 2.20 Ga do terreno Almas-Dianópolis, além de outras fontes ainda desconhecidas.

A derivação crustal da granitogênese da Suíte Aurumina é indicada pela presença de muscovita e, eventualmente, granada ígneas, pela composição química peraluminosa, pelo enriquecimento em P, Th, Rb, Li e Ta e pelo grande fracionamento das terras raras $(La/Yb)_N > 50$ (Botelho et. al., 2006b).

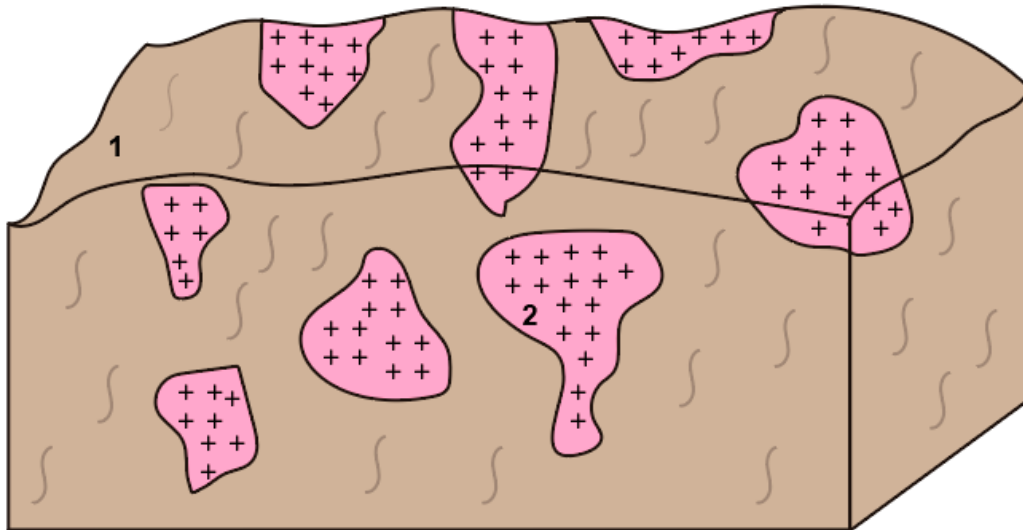


Figura 7.3 - Bloco diagrama esquemático para retrabalhamento da bacia em função da Orogenia Riacciana-Orosiriana, que originou os grafita xistos, mica xistos e paragnaisses da Formação Ticunzal (1), e a intrusão sin-colisional da Suíte Aurumina (2).

7.4 Rifteamento Estateriano

7.4.1 Rifte do Araí

Os processos tectônicos associados ao rifteamento paleoproterozoico afetaram as rochas do embasamento, envolvidas na orogenia Riacciana-Orosiriana. O rifteamento é um processo resultante da quebra de terrenos paleoproterozoicos, deformados pela orogênese Riacciana-Orosiriana. A deposição do Grupo Araí (figura 7.4) é acompanhada por magmatismo durante a fase rifte, originado pela extensão crustal que ocorreu no início do rifteamento (~1.8 Ga).

O Grupo Araí é composto por rochas sedimentares parcialmente metamorfizadas, acompanhadas de magmatismo bimodal paleoproterozoico continental, que preencheram as bacias geradas na fase rifte (figura 7.5). Esse magmatismo é formado por episódios vulcânicos e plutônicos com idades próximas, 1.78 - 1.76 Ga, definidas pelo método U-Pb em zircões de metariolitos que ocorreram na sucessão basal (Pimentel et. al., 1991), e apresenta afinidades geoquímicas e isotópicas (Sm-Nd e Sr-Sr) que sugerem um certo grau de fusão na de crosta sílica Paleoproterozoica na geração desses magmas (Silva et.al., 2020). Os

episódios vulcânicos são marcados por sequências intercaladas de rochas efusivas, como basaltos e riolitos, e piroclásticas. Os episódios plutônicos reúnem distintos pulsos polifásicos de granitos, não aflorantes na região do projeto. Ocorrem ainda sistemas deposicionais de leques aluviais, rios entrelaçados, e sistemas eólicos, com virtual ausência de depósitos lacustres, o que sugere deposição de sedimentos terrígenos em equilíbrio com as taxas de subsidência geradas, dando origem às Formações Arraias e Traíras.

O processo extensional ocorreu durante toda a sedimentação da Formação Arraias, que apresenta caráter de depósito continental, e foi seguido de uma fase de subsidência flexural, pós-rifte, onde geraram-se depósitos marinhos superpostos, relacionados à Formação Traíras (Silva et. al., 2020).

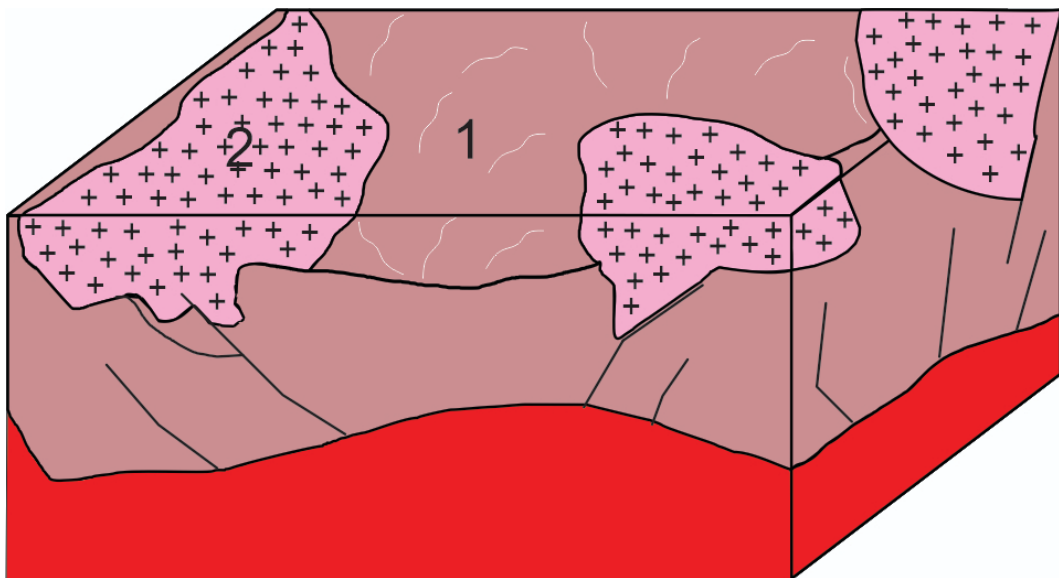


Figura 7.4 - Bloco diagrama esquemático, indicando processo de pré-rifte de terrenos paleoproterozoicos: (1) Formação Ticunzal, (2) Suíte Aurumina. Ainda não ocorre vulcanismo, apenas sedimentação concentrada na bacia que está sendo formada.

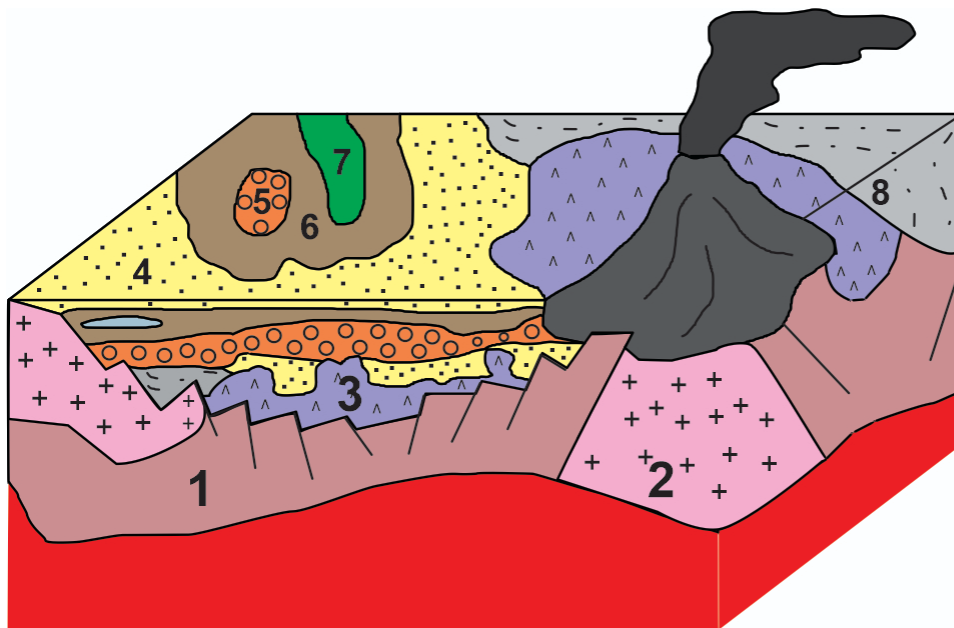


Figura 7.5 - Bloco diagrama esquemático para a fase sin-rifte, contando com atividade vulcânica possibilitada pela aproximação da astenosfera (em vermelho) devido ao afinamento da crosta. Também são formadas falhas normais. A sedimentação dentro da bacia, é contemporânea ao vulcanismo bimodal, e forma as seqüências (3) meta-lamito arenoso, (4) meta-quartzo arenito, (5) meta-conglomerados, (6) meta-arenito subarcoseano, (7) meta-basaltos, e (8) meta-sedimentares indiferenciadas.

7.5 Eventos Neoproterozoicos

7.5.1 Deposição do Grupo Bambuí e Formação Jequitai

A Formação Jequitai é constituída de paraconglomerados (diamictitos) com seixos de quartzitos, calcários, dolomitos, cherts, gnaisses, mica-xistos, granitos e rochas vulcânicas, sendo associada ao segundo evento de glaciação do Neoproterozoico (Caxito et. al., 2012).

Após a fase rifte, a deformação tectônica da Faixa Brasília originou a subsidência da borda cratônica, onde possibilitou-se a instalação de um sistema de bacia de ante-país (*foreland basin*) (figura 7.6), onde ocorreu a sedimentação do Grupo Bambuí (Martins Neto et. al., 2001; Dardenne, 2000; Reis & Alkmim, 2015, Dardenne, 2000). A deposição do Grupo Bambuí tem sido atribuída ao final do Neoproterozoico, com base nas primeiras datações radiométricas (Amaral et. al, 1967; Bonhomme, 1976; e Cordani et. al., 1978). Entretanto, os valores das idades referidas nos trabalhos acima indicados apresentam um amplo intervalo de idade (600-1350 M.a.), ocasionando sérias dúvidas quanto ao estabelecimento de um quadro geocronológico mais preciso desta unidade litoestratigráfica. Alternativamente, Caxito et. al., (2012) e Alvarenga et. al., (2014) indicam que os dolomitos

de capa apresentam aspectos lito-químioestratigráficos muito similares aos relacionados com a glaciação Marinoana.

O Grupo Bambuí foi individualizado em ciclos mistos transgressivos-regressivos de sequências de 2ª ordem em um ambiente forebulge, ou seja, uma grande flexura litosférica marcada pelo baixo aporte siliciclástico e baixa taxa de subsidência em um sistema de bacia de antepaís (Reis & Alkmim, 2015; Reis & Suss, 2016; Reis et. al., 2017).

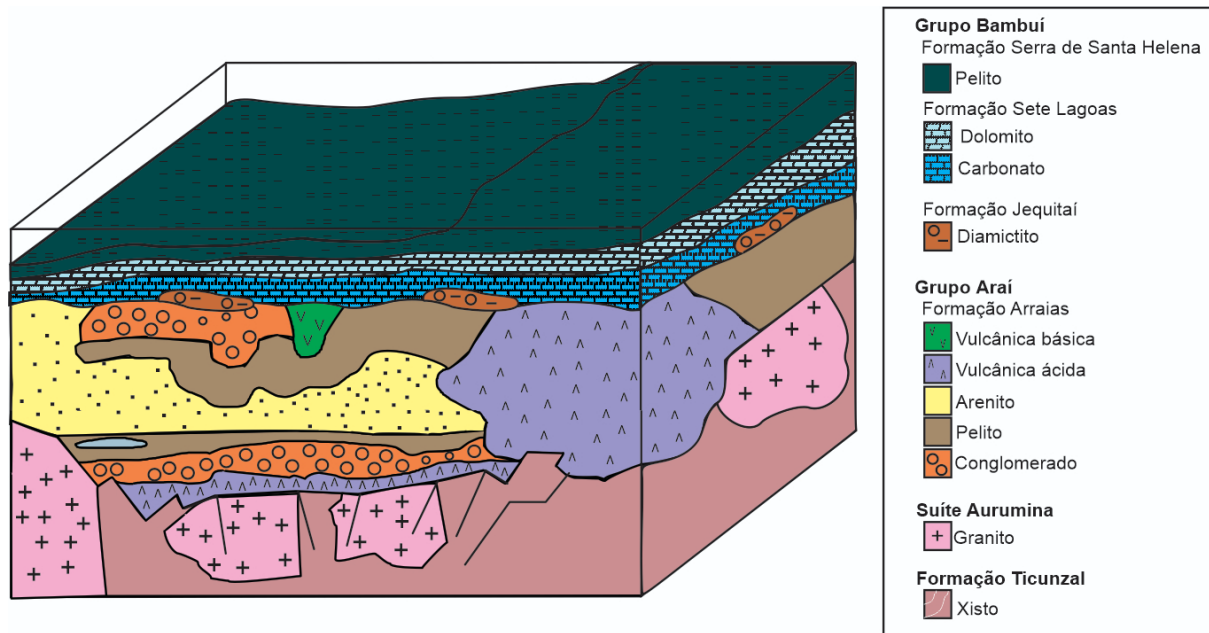


Figura 7.6 - Bloco diagrama esquemático para a deposição dos siltitos, calcários e dolomitos do Grupo Bambuí para a região do projeto.

7.5.2 Orogenia Brasiliana

O evento compressional do Brasiliano, para a região do projeto (figura 7.7), causou um encurtamento crustal que gerou o dobramento das rochas do Grupo Araí, na subárea I. Essa compressão, de direção ENE, é responsável por reativar as estruturas deixadas pelo Rifting Estateriano, de forma a inverter a cinemática, que vai de normal, para inversa no evento compressional.

Nas estruturas mais antigas, com trend principal EW ou ENE, ao serem submetidas ao evento compressional, são defletadas e/ou deformadas, em alguns casos, com uma componente transcorrente de cinemática dextral, conforme observado em veios na porção norte da subárea II.

Associado a esse encurtamento crustal, em ambiente de borda de cráton ocorreu um basculamento das seqüências de rochas do Grupo Bambuí, deixando seu acamamento com atitude sub-horizontal.

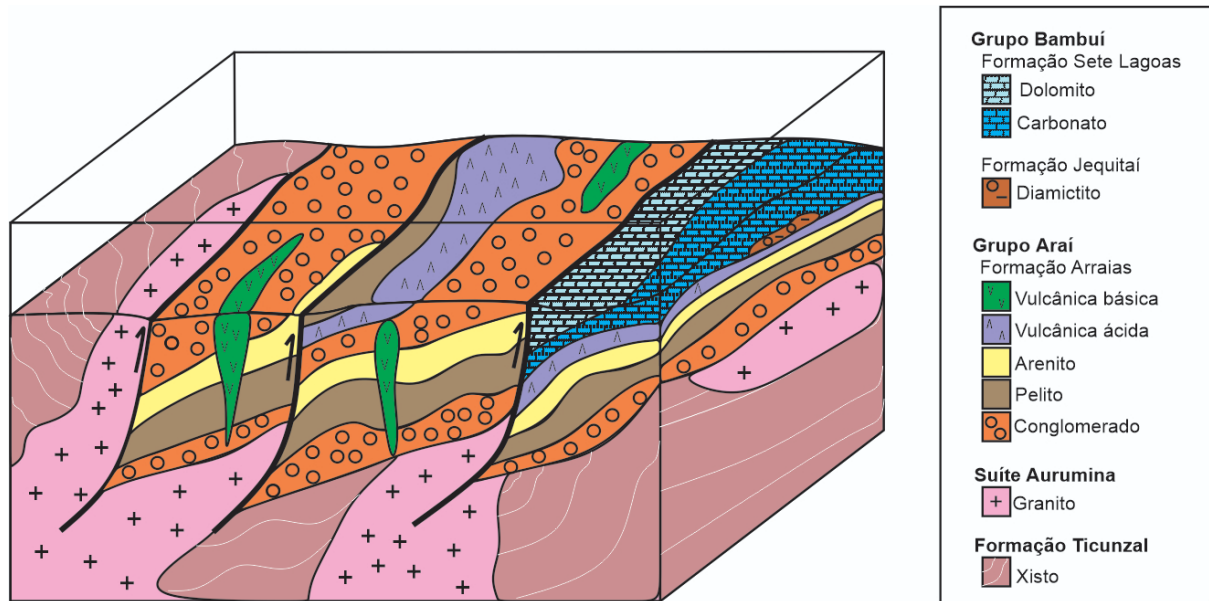


Figura 7.7 - Bloco diagrama esquemático para a deformação causada pela orogenia Brasiliana na região do Projeto Campos Belos.

8. Conclusões e Recomendações

8.1 Conclusões

A principal contribuição do Projeto Campos Belos consiste no detalhamento da cartografia geológica regional. As mudanças são: (i) refinamento dos contatos; (ii) mapeamento de novas unidades; e (iii) retirada de unidades, previamente cartografadas, as quais não foram observadas durante os trabalhos de campo. Estas informações, associadas aos produtos obtidos durante a vigência deste projeto, são de extrema importância para a discussão da evolução geotectônica. Outras contribuições baseiam-se na aplicabilidade das geociências como ferramenta para determinação de potencialidades econômicas nesta região.

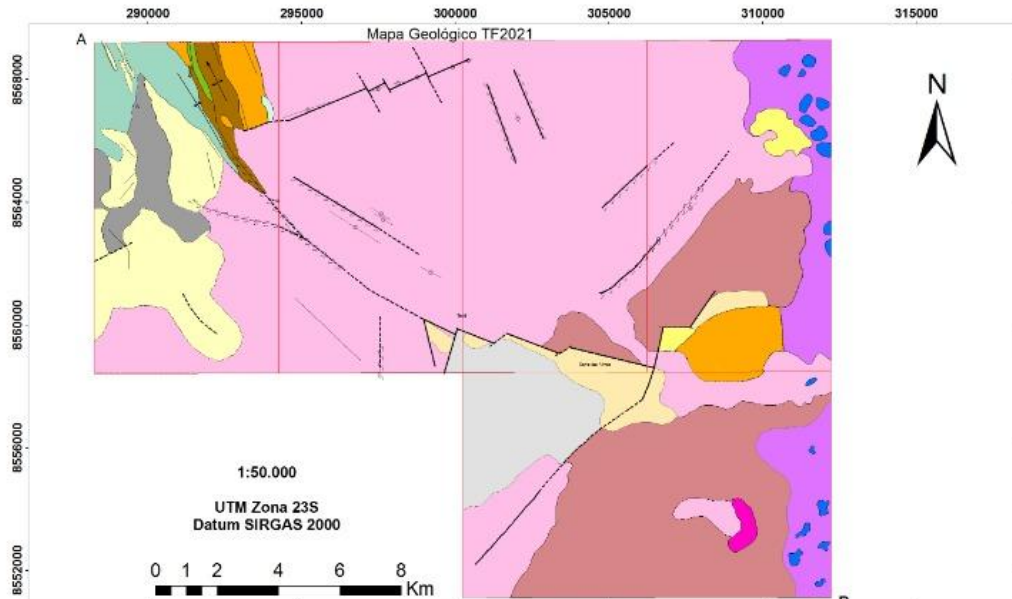
8.1.1 Mudanças Cartográficas

As principais mudanças cartográficas em relação à folha Arraias (SD.23-V-A) e à folha Campos Belos (SD.23-V-C) (figura 8.1) consistem na redefinição de contatos, individualização de lentes, e proposição de novas unidades e mudanças conceituais. A formação Ticunzal, membro mais antigo, tem sua área aumentada, compondo cerca de 60% da subárea V, além de ocorrer nas subáreas III e IV.

A área que corresponde ao membro Au2 da Suíte Aurumina é diminuída e os contatos são redefinidos, ocorrendo de forma restrita apenas na subárea V, enquanto que o membro Au1 tem sua área aumentada, ocorrendo em toda a região do projeto.

Ocorre uma redução do número de fácies na parte indiferenciada do Grupo Araí, descartando a ocorrência de rochas metavulcânicas ácidas. A área da Formação Arraias é aumentada, com a individualização das subunidades: (i) meta-quartzito arenito com intra-clastos; (ii) meta-quartzito arenito; (iii) metassedimentares indiferenciadas, e (iv) lamito arenoso. A unidade do quartzito tem sua área reduzida, com ocorrência restrita na subárea IV, enquanto a unidade de metaconglomerado, de área também reduzida, fica restrita à porção NW da subárea I, e à porção centro-sul da subárea IV.

O Grupo Bambuí tem sua área reduzida, e suas unidades são diferenciadas em siltitos e carbonatos da Formação Sete Lagoas, na porção leste das subáreas IV e V, além de ocorrer pontualmente a Formação Jequitai na subárea IV, não representável na escala de mapeamento desse trabalho.



UNIDADES GEOLÓGICAS

Neoproterozóico

Ediacariano

Grupo Bambuí - Formação Sete Lagoas

- NP2sd Carbonatos e dolomitos - Formação Sete Lagoas
- NP2sd Siltito - Formação Sete Lagoas

Paleoproterozóico

Estateriano

Grupo Arai - Formação Arraías

- PP4aq Quartzito
- PP4ao Vulkanoclasticas ácidas
- PP4am Metaquartzarenito lamoso
- PP4al Lamito arenoso
- PP4aqo Metaquartzito arenito
- PP4af Basaltos
- PP4ag Metaconglomerado
- PP4ama Metarenito subarcosiano
- PP4a Meta sedimentares indiferenciadas

Riaciono

Suíte Aurumina

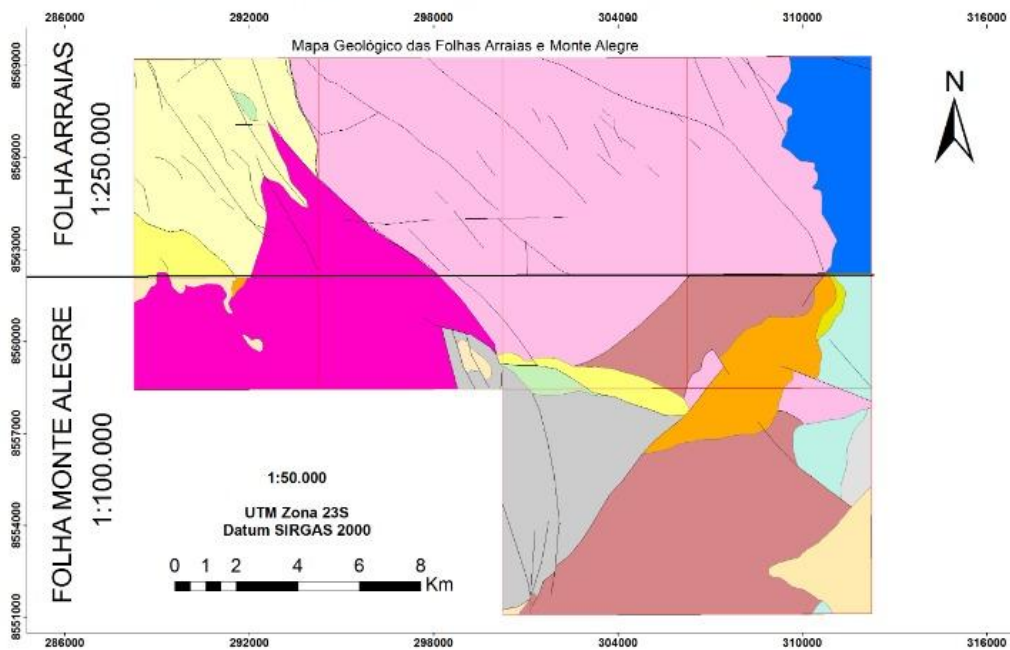
- PPy2au2 - Biotita Monzogranito
- PPy2au1 - Muscovita-biotita Monzogranito

Formação Ticunzal

- Grafito xisto e Mica xisto

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

- Dobra sinforme inferida
- Dobra antiforme inferida
- Zona de cisalhamento
- Lineamentos estruturais
- Contato
- Contato Inferido



UNIDADES GEOLÓGICAS

Neógeno

- N34dl Cobertura detrito-laterítica

Neoproterozóico

Ediacariano

Grupo Bambuí - Formação Sete Lagoas

- NP2slm Margas
- NP2sid- Dolomito

Formação Serra de Santa Helena

- NP2sh- Siltito argiloso

Formação Jequitai

- NP12Ji-Diamictito

Paleoproterozóico

Estateriano

Grupo Arai - Formação Arraías

- PP4aqf Quartzito arcosiano
- PP4aqa Ortoquartzito
- PP4aag Conglomerado
- PP4a Meta sedimentares indiferenciadas
- PP4a Metavulcânicas ácidas
- PP4aqa Quartzito arcosiano

Riaciono

Suíte Aurumina

- PP2y2au1 Sierogranito
- PPy2au2 biotita-muscovita monzogranito

Formação Ticunzal

- PP11xz Xistos

- Estruturas

Figura 8.1 - Comparativo entre as folhas Arraias (SD.23-V-A) e Campos Belos (SD.23-V-C), em escala 1:100.000, com o mapa realizado no projeto Campos Belos, TF-21, em escala 1:50.000.

8.2 Recomendações

Em função do período atípico de pandemia mundial dentro do qual o Projeto Campos Belos TF-21 se desenvolveu, não houve tempo hábil para a análise litogeoquímica das unidades cartografadas no presente relatório. Desta forma, as principais recomendações para os trabalhos futuros nesta região são:

- Realizar levantamento estrutural detalhado na região, com enfoque no detalhe e determinação da idade exata da movimentação das estruturas, tanto das mais antigas, quanto das mais jovens;
- Realizar análise química da amostra A13, associada ao ultramilonito do membro Au1 da Suíte Aurumina, a fim de definir a composição química da muscovita e sua possível associação com ouro;
- Realizar datação geocronológica nas rochas sedimentares do Grupo Araí para precisão dos diferentes ciclos sedimentares e proveniências;
- Realizar estudo aprofundado da evolução tectono-termal para detalhar as características do anquimetamorfismo nas rochas que compõem o Grupo Araí, a fim de investigar se tal processo ocorreu em um só pulso que afetou de forma distinta as unidades, em função das suas propriedades individuais, ou se foram vários pulsos de condições diferentes;
- Realizar datação geocronológica a fim de refinar as idades propostas para as rochas do Grupo Bambuí.

9. Referências Bibliográficas

Alkmim, F. F. & Martins-Neto, M. A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: Arcabouço Estrutural e cenários evolutivos. In: Pinto, C. P. & Martins-Neto, M. A. Bacia do São Francisco geologia e recursos naturais. SBG, Belo Horizonte, 9-30.

Almeida, F. F. M. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8., 1977, Campina Grande. Campina Grande: SBG. P.363-391.

Alvarenga, C.J.S., Botelho N.F., Dardenne M.A., Lima O.N.B., Machado M.A. 2006. Geologia das folhas Monte Alegre de Goiás (SD.23-V-C-III), Cavalcante (SD.23-V-C-V) e Nova Roma (SD.23-V-C-VI), Escala 1:100.000. CPRM-UnB.

Alvarenga C.J.S., Botelho N.F., Dardenne M.A., Lima O.N.B., Machado M.A. 2006. Nota Explicativa da Folha SD.23-V-C-V (Cavalcante). Escala 1:100.000. Goiás, UnB/CPRM. 76 p.

Alvarenga, C.J.S., Santos, R.V., Vieira, L.C., Lima, B.A.F., Mancini, L.H. 2014. MesoNeoproterozoic isotope stratigraphy on carbonates platforms in the Brasília belt of Brazil: Precambrian Research, v. 251, p. 164– 180.

Amaral, G., Bushee, J., Cordani, U.G., Kawashita, K., Reynolds, J.H. 1967. Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 31:117142.

Bentes, M.; Mermelo, O. 1977. Projeto aerogeofísico Serra da Mesa II: relatório final. Goiânia: DNPM-CPRM.

Botelho N.F., Alvarenga C.J.S., Menezes P.R., D'el Rey Silva L.J.H. 1999. Suíte Aurumina: Uma Suíte de Granitos Paleoproterozoicos, Peraluminosos e Sin-Tectônicos na Faixa Brasília. VII Simpósio de Geologia do Centro Oeste e X Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Brasília, Atas, p. 17.

Botelho, N.F., Moura, M.A., Alvarenga, C.J.S., Dantas, E.L., Dardenne, M.A., Campos, J.E.G., Menezes, P.R., Pereira, A.B. 2002. Granitogênese peraluminosa transamazônica no embasamento da Faixa Brasília e seu significado tectônico. XLI Congresso Brasileiro de Geologia, João Pessoa. Abstract volume. p.436.

Botelho, N.F., Moura, M.A., Peterson, R.C., Stanley, C.J., Silva, V.G. 2006b. Kalungaite, PdAsSe, a new platinum-group mineral from the Buraco do Ouro goldmine, Cavalcante, Goiás State, Brazil. *Mineralogical Magazine*, 70(1): 123-130.

Bogossian, Jessica. 2012. Mineralizações primárias e supergênicas de urânio do Nordeste de Goiás e Sudeste do Tocantins: contexto geológico, mineralogia e implicações metalogenéticas. 54 f., il. Dissertação (Mestrado em Geologia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

Bonhomme, M.G. 1976. Mineralogie des fractions fines et datations Rubidium-Strontium dans le Groupe Bambui, MG, Bresil. *Rev. Bras. Geosci.* 6(4), 211-22.

Caxito, F.A., Halverson, G.P., Uhlein, A., Stevenson, R., Dias, T.G., and Uhlein, G.J., 2012, Marinoan glaciation in east central Brazil: *Precambrian Research*, v. 200–203, p. 38–58.

Cordani, U.G. 1978. Comentários filosófico sobre a evolução geológica pré-cambriana. In: Rocha et. al. (eds): Anais da reunião preparatória para Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais. Sociedade Brasileira de Geologia. NBA. Publicação Especial,3, p. 33-65.

Costa, J. B. S. 1982. Projeto Porto Nacional: Relatório Final. UFBA. Belém. p.104.

Costa, J. B. S. 1984. Geologia da Região de Porto Nacional, GO. *Revista Brasileira De Geociências*, São Paulo: SBG, V.14, N.1, P.3-11, Il.

Copper, G. R. J.; Cowan, D. R., 2008. Edge enhancement of potential field data using normalized statistics. *Geophysics*. vol. 73, no. 3, H1–H4.

CPRM - 1999 - Relatório sobre os serviços de geodésia e topografia para locação da linha de calibração dinâmica. Divisão de Cartografia - DICART. Rio de Janeiro, Brasil.

Cuadros Jiménez, Federico Alberto. 2017. Relações petrogenéticas entre a Suíte granítica Aurumina e sua encaixante, a Formação Ticunzal, no setor setentrional da zona externa da Faixa Brasília. vi, 101 f., il. Tese (Doutorado em Geologia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

Cuadros Jiménez, F.A., Botelho, N.F., Fuck, R.A., Dantas, E.L. 2017b The Ticunzal Formation in central Brazil: Record of Rhyacian sedimentation and metamorphism in the western border of the São Francisco Craton. *Journal of South American Earth Sciences*, V. 79, p. 307-325

Dardenne, M.A. 1978. Zonação Tectônica na borda ocidental do Cráton São Francisco. In: Congresso Brasileiro de Geologia. 30. Anais ... Recife, p.299-308, 1978.

Dardenne M.A., Campos J.E.G., Alvarenga C.J.S., Martins F.A.L., Botelho, N.F. 1999. A sequência sedimentar do Grupo Araí na região da Chapada dos Veadeiros, Goiás. In: SBG, Simpósio de Geologia do Centro Oeste e Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Brasília, Atas, p. 100.

Dardenne, M. A. 2000. The Brasília Fold Belt. In.: Cordani, U. G.; Milani, A. J.; Thomaz Fo, A. & Campos, D. A. 2000. Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro, Brazil, 231-264. (Intern. Geol. Congress, 31).

Fiori A.P., Soares P.C. 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia.

Ford, K. L. & Santaguida, F. 1997. Gamma ray spectrometry as an indicator of potassic alteration zones associated with VHMS mineralization. In Proceedings of

Exploration 97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration. Toronto, Canadá.

Fuck, R.A.; Dantas, E.L., Pimentel, M.M., Botelho, N.F., Armstrong, R., Laux, J.H., Junges, S.L. Soares, J.E., Praxedes, I.F. 2014. Paleoproterozoic crust-formation and reworking events in the Tocantins Province, central Brazil. A contribution for Atlantica supercontinent reconstruction. *Precambrian Research*, 244: 53-74.

Fuck, R.A. Pimentel, M.M., Soares, J.E.P., Dantas, E.L. 2005. Compartimentação da Faixa Brasília. *In: SBG Simp. Geol. Centro-Oeste, 9. Goiânia. Anais 1:26-27.*

Fuck, R.A. 1994. A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica da Província Tocantins. *In: SBG, Simp. Geol. Centro-Oeste, 4, Atas, p. 184-187, 1994.*

Gorayeb, P.S.S. 1996. Petrologia e evolução crustal das rochas de alto grau de Porto NacionalTO. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pará, p. 262, 1996.

G.S.Lister & A.W.Snoke. S-C Mylonites. 1984. *Journal of Structural Geology* Volume 6, Issue 6,, Pages 617-638

Hasui Y., Costa J.B.S., Gorayeb P.S.S., Lemos R.L., Gama JR. T., Bemerguy, R.L. 1984. Geologia da região de Paraíso do Norte de Goiás. *In: SBG, Cong. Bras. Geol., 33, RJ, Anais, p. 2220-2230, 1984.*

Lister G.S., Snoke A.W. 1984. S-C Mylonites. *Journal of Structural Geology* Volume 6, Issue 6, Pages 617-638

Marini, O.J.; Liberal, C.S.; Reis, L.T.; Trindade, C.A.; Souza, S.L. 1978. Nova unidade litoestratigráfica do Pré-cambriano de Goiás. In: Congresso Brasileiro de Geologia., 30, Recife (PB), 1978, Bol. Esp. 1, SBG, Recife, p. 126-127.

Martins-Neto, M. A. & Alkmim, F. F. 2001. Estratigrafia e evolução tectônica das bacias neoproterozóicas do paleocontinente São Francisco e suas margens: Registros da quebra de Rodínea e colagem de Gondwana. In: Pinto, C. P. & Martins-Neto, M. A. Bacia do São Francisco geologia e recursos naturais. SBG, Belo Horizonte. p.31-54.

Monteiro, Cimara Francisca. 2009. Fosforitos do Grupo Bambuí na região de Campos Belos (GO)/ Arraias (TO), na borda oeste do Cráton São Francisco. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)-Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

de Pinho Tavares V.N.C. *et. al.* 2021. Obtenção de imagens para a construção de modelos 3D com definição aprimorada. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 13, n. 3, 16 nov. 2021.

Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ojeda H.O., Fúlfaro W.J., Ponçano W.L. 1986a. Código brasileiro de nomenclatura estratigráfica. Revista Brasileira de Geociências, 16(4):372-376.

Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ponçano W.L. 1986b. Guia brasileiro de nomenclatura estratigráfica. Revista Brasileira de Geociências, 16(4):376-415.

Tanizaki M.L.N, Campos J.E.G, Dardenne M.A. 2015. Estratigrafia do Grupo Araí: registro de rifteamento paleoproterozoico no Brasil Central. Brazilian Journal of Geology, 45(1): 95-108

Penteadó A.C. 1992 Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto – IG/UNICAMP

Pimentel, M.M., Heaman, L., Fuck, R.A., Marini, O.J., 1991. U-Pb zircon geochronology of Precambrian tin-bearing continental-type acid magmatism in central Brazil. *Pre-Cambrian Research*, V.52, p.321-335.

Pimentel, M. M., Fuck, R. A. 1992. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. *Geology*, 20:375-379.

Pimentel, M. M., Botelho, N. F. 2001. Sr and Nd isotopic characteristics of 1.77-1.58 Ga rift-related granites and volcanics of the Goiás tin province, central Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 73, n. 2, p. 263-276, jun. 2001

Reis, H.L.S.; Alkmim, F.F. 2015. Anatomy of a basin-controlled foreland fold- thrust belt curve: the Três Marias saliente, São Francisco basin. *Marine and Petroleum Geology*, 66:711-731.

Reis H.L. & Suss J.F. 2016. Mixed carbonate-siliciclastic sedimentation in forebulge grabens: an example from the Ediacaran Bambuí Group, São Francisco Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, 339: 83-103.

Reis, H.L.S., Alkmim, F.F., Suss, J.F., Fonseca, R.C.S., Kuchenbecker, M.; O Forebulge. 2017. Sete Lagoas e a Evolução Tectono-Estratigráfica do grupo Bambuí, Bacia Intracratônica do São Francisco (MG). In: *Simpósio de Geologia do Sudeste, Diamantina, MG*.

Riverau, J. C.. 1972. - Notas de aula do curso de fotointerpretação - Publicado - pela Soc. Intern. Cult. Esc. Geol. (Ouro Preto) em XI Semana de Estudos.

Silva, Cleverton Correia. 2020. *Petrografia, Geoquímica e Geocronologia das rochas Efusivas e Piroclásticas da Formação Arraias, Grupo Araí, Nordeste de Goiás*. 2020, vi, 163 f., il. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Brasília, 2020.

Sousa, I.S.C. 2015. Geologia, geocronologia e geoquímica do embasamento granítico paleoproterozóico em natividade, Faixa Brasília Norte. 2015. 128 f., il. Dissertação (Mestrado em Geociências)—Universidade de Brasília, Brasília.

Souza Filho C.R., Penteadó A.C. 2003. Geotecnologias aplicadas à geologia. RBG volume 33 -Universidade Estadual de Campinas.

Tanizaki M.L.N, Campos J.E.G, Dardenne M.A. 2015. Estratigrafia do Grupo Araí: registro de rifteamento paleoproterozoico no Brasil Central. *Brazilian Journal of Geology*, 45(1): 95-108.

Tobisch, O.T., Paterson S.R., 1988. Analysis and interpretation of composite foliations in areas of progressive deformation. *Journal of Structural Geology* Volume 10, Issue 7, 1988, Pages 745-754.