Universidade de Brasília

IG | Instituto de Geociências

RELATÓRIO TRABALHO DE MAPEAMENTO GEOLÓGICO FINAL

Projeto Arenópolis - GO

Área II

Murilo Guimarães Kurita

Thomaz de Aquino Motta Mendes

Brasília – Distrito Federal

2023

Trabalho de Mapeamento Geológico Final

Trabalho Final de Graduação

Projeto Arenópolis – 2023

Área II

Autores: Murilo Guimarães Kurita e Thomaz de Aquino M. Mendes

Relatório Final submetido ao corpo docente do Curso de Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília – UnB, como requisito à obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores

Profª. Dra. Natalia Hauser (Coordenadora)

Prof. Dr. Elton Luiz Dantas

Prof. Dr. Luis Gustavo F. Viegas

Prof. Dr. Caio Santos

Me. Ítalo Lopes de Oliveira

Profª. Dra Júlia Curto Ma

Prof. Dr. Henrique L. Roig

Banca Examinadora

Prof. Dr. Elton Luiz Dantas - Orientador

Profª. Dra Tati de Almeida - Membro

Prof. Dr. Federico A. Cuadros – Membro

Brasília – Distrito Federal

2023

Existe sempre um outro jeito

De se poder chegar

(Charlie Brown Jr.)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, pelo amor incondicional e por todo suporte durante os anos de graduação. Em especial à minha avó, Maria de Lourdes Amado da Silva, à minha mãe, Luciana Amado Guimarães, e à minha tia, Claudia Amado Guimarães. Sem vocês isso não seria possível.

Aos meus colegas de curso, por todos os momentos compartilhados, e aos professores, por todos os ensinamentos transmitidos. Saio dessa graduação como um homem melhor graças a vocês.

À minha dupla de TF e grande amigo, Thomaz Mendes, por todo o companheirismo, não apenas durante a graduação como na vida. Conte sempre comigo meu amigo.

Agradeço também à Universidade de Brasília, em especial ao Instituto de Geociências, e aos professores envolvidos no Projeto Arenópolis. Muito obrigado pela oportunidade.

Obrigado!

Murilo Guimarães Kurita

Agradeço primeiramente a Deus, pelo privilégio de trilhar este caminho. Agradeço aos meus pais, Tomaz e Tatiana, por sempre acreditarem em mim, por todo amor e pelo esforço que fizeram para que esse momento se tornasse possível. Agradeço aos meus irmãos, Eduardo, Luiz e João, vocês me fizeram quem sou hoje.

À minha companheira de vida, Bruna Moreno, por fazer a vida mais leve, pela companhia nos momentos de estudo e por estar comigo nos dias mais alegres e também nos mais difíceis. Você me dá forças e me traz paz.

Aos meus colegas de turma, por partilhar grande parte dos momentos incríveis que a geologia nos proporciona, seja nos trabalhos árduos de campo ou nos momentos de descontração. Agradeço especialmente ao meu amigo de longa data e também minha dupla, Murilo Kurita, pelos longos quilômetros caminhados, seja durante este trabalho ou durante os caminhos da vida, pelas conversas sinceras e cantorias do Chorão compartilhadas nos trechos da estrada. Ao Carlos Eduardo (Cadu) pela dedicação em integrar as informações e confeccionar o mapa geológico final.

Aos excelentes docentes do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, pela dedicação em ensinar, pela transformação em minha vida através do conhecimento e pela busca eterna da geologia. Aos professores e servidores envolvidos no Projeto Arenópolis, em especial à nossa orientadora, Dra. Natalia Hauser, por toda atenção durante este trabalho e pelo esforço e dedicação incessantes para que pudéssemos dar o melhor de nós. Ao Dr. Elton Luiz Dantas (Eltinho), por afugentar a onça que nos pegou desprevenido com seus gritos e principalmente por nos mostrar a geologia de maneira descomplicada. Aos motoristas do IG, em especial ao Antônio Mendes de Carvalho por estar todos os ensinamentos e conhecimentos compartilhados ao longo da graduação.

Escolha a vida!

Thomaz de Aquino M. Mendes

RESUMO

O Projeto Arenópolis representa o Trabalho Final de Graduação em Geologia do ano de 2023, executado no âmbito do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. O trabalho teve como objetivo principal a confecção de mapa geológico, escala 1:25.000, em parte dos municípios de Arenópolis e Piranhas, localizados na porção oeste do estado de Goiás. A área mapeada integrada totaliza 907 km², sendo dividida em 10 subáreas, e o presente relatório correspondendo a Área II. O Projeto Arenópolis está inserido, em quase sua totalidade, no domínio geotectônico do Arco Magmático de Arenópolis, de idade toniana, além de abranger parte do embasamento paleoproterozoico, constituído pelo Gnaisse Ribeirão de idade orosiriana, e das rochas fanerozoicas da Bacia do Paraná e do Complexo Alcalino de Goiás. As unidades descritas na Área II incluem: rochas graníticas das unidades Granito Rio Caiapó e Serra do Iran, gnáissicas do Gnaisse Arenópolis, metavulcanossedimentares da Sequência Arenópolis-Piranhas e alcalinas referentes ao Corpo Arenópolis, além de diques cretáceos e granitoides indiferenciados pós-orogênicos. Os dados adquiridos em campo, juntamente com análises petrográficas e estruturais posteriores, resultaram na identificação de três episódios deformacionais na região, associados à evolução do Arco Magmático Arenópolis, bem como na identificação de metamorfismo em fácies anfibolito.

Palavras-chave Arco Magmático Arenópolis; Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas; Complexo Alcalino.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

1.1 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO 13
1.2 APRESENTAÇÃO DO PROJETO ARENÓPOLIS-GO 15
1.3 EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO DA ÁREA 15
1.4 MATERIAIS E MÉTODOS 16
1.5 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS 19
1.5.1 GEOMORFOLOGIA 19
1.5.2 PEDOLOGIA 20
1.5.3 USO, OCUPAÇÃO E COBERTURA VEGETAL 22

2 GEOLOGIA REGIONAL 23

2.1 PROVÍNCIA TOCANTINS E OROGÊNESE BRASILIANA 23
2.2 COMPARTIMENTAÇÃO DA FAIXA DE DOBRAMENTOS BRASÍLIA 24
2.2.1 ARCO MAGMÁTICO DE GOIÁS 28
2.2.2 MACIÇO DE GOIÁS 28
2.3 ARCO MAGMÁTICO DE ARENÓPOLIS 30
2.4 ESTRATIGRAFIA E UNIDADES ABORDADAS PELO PROJETO ARENÓPOLIS 2023 (PA-2023) 31
2.4.1 ROCHAS OROSIRIANAS 34
2.4.2 ROCHAS TONIANAS 35
2.4.3 GRANITOS CRIOGENIANOS 38
2.4.4 GRANITOS EDIACARANOS 40
2.4.5 ROCHAS FANEROZOICAS 42

3 SENSORIAMENTO REMOTO 46

3.1 CBERS-04A 46
3.2 TANDEM-X 47
3.3 PROCESSAMENTO DE DADOS 48
3.4 PRODUTOS E INTERPRETAÇÕES 48

4 GEOFÍSICA 50

4.1 CARACTERÍSTICAS DO AEROLEVANTAMENTO 50
4.2 PROCESSAMENTO DE DADOS 51
4.2.1 GAMAESPECTROMETRIA 51
4.2.2 MAGNETOMETRIA 53
4.3 INTERPRETAÇÃO DOS DADOS AEROGEOFÍSICOS 56
4.3.1 DADOS GAMAESPECTROMÉTRICOS 56
4.3.2 DADOS MAGNETOMÉTRICOS 59

5 GEOLOGIA DO PROJETO ARENÓPOLIS 62

5.1 EMBASAMENTO 64
5.2 ARCO MAGMÁTICO GOIÁS 66
5.2.1 SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR ARENÓPOLIS-PIRANHAS 66
5.2.2 GABRO MORRO DO BAÚ 69
5.2.3 GNAISSE ARENÓPOLIS 71
5.2.4 INTRUSÕES SIN-TECTÔNICAS 72
5.2.5 INTRUSÕES TARDI-TECTÔNICAS 75
5.3 BACIA DO PARANÁ 79
5.4 PROVÍNCIA ALCALINA DE GOIÁS 80

6 GEOLOGIA LOCAL 82

6.1 GRANITO RIO CAIAPÓ 84
6.2 GNAISSE ARENÓPOLIS 90
6.3 GRANITO SERRA DO IRAN 98
6.4 SEQUÊNCIA METAVULCANOSSEDIMENTAR ARENÓPOLIS-PIRANHAS 100
6.4.1 UNIDADE CÓRREGO DA ONÇA 100
6.4.2 UNIDADE CÓRREGO DO SANTO ANTÔNIO 102
6.5 COMPLEXO ALCALINO - CORPO ARENÓPOLIS 107

7 GEOLOGIA ESTRUTURAL 111

7.1 DOMÍNIOS ESTRUTURAIS DO PROJETO ARENÓPOLIS 113
7.2 GEOLOGIA ESTRUTURAL DA ÁREA II 116
7.2.1 ARCABOUÇO DÚCTIL 119
7.2.2 ARCABOUÇO RÚPTIL 122

8 POTENCIAL ECONÔMICO DO PROJETO ARENÓPOLIS 126

***8.1* SISTEMA MAGMÁTICO-HIDROTERMAL 128**
8.2 SISTEMA HIDROTERMAL 128
8.3 SISTEMA ASSOCIADO AO MAGMATISMO ALCALINO 129
8.4 MINERAIS E ROCHAS INDUSTRIAIS 129
8.5 RECURSOS MINERAIS LOCAIS 134

9 EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO PROJETO ARENÓPOLIS 135

9.1 ESTÁGIO DE ARCO INTRA-OCEÂNICO 138
9.2 ESTÁGIO ARCO CONTINENTAL-COLISÃO CONTINENTE-CONTINENTE 142
9.3 ESTÁGIO COLISIONAL-PÓS COLISIONAL: MAGMATISMO BIMODAL EM AMBIENTE TRANSICIONAL 144
9.4 ESTÁGIO EXTENSIONAL 146
9.5 MAGMATISMO ALCALINO 147

9.6 FASES DE DEFORMAÇÃO E METAMORFISMO **148**

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS **152**

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **158**

12 ANEXOS **164**

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DO PROJETO, EM ESTAQUE ÁREA II (EM AZUL).....14
FIGURA 1.2. MAPA DE PONTOS DA ÁREA II. 17
FIGURA 1.4. MAPA PEDOLÓGICO DO PROJETO ARENÓPOLIS. FONTE DOS DADOS UTILIZADOS - SIEG-GO. 21
FIGURA 1.3. MAPA GEOMORFOLÓGICO DO PROJETO ARENÓPOLIS. FONTE DOS DADOS UTILIZADOS - SIEG-GO. 21
FIGURA 1.5. MAPA DE USO, OCUPAÇÃO E COBERTURA VEGETAL DO PROJETO ARENÓPOLIS. 22
FIGURA 2.1. MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA PROVÍNCIA DO TOCANTINS. ÁREA DO PROJETO OESTE DE GOIÁS, LEVANTAMENTO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM, MARCADA EM LINHA AMARELA TRACEJADA. COMPILADO E MODIFICADO DE FUCK ET AL.,1994; 2017; CARNEIRO, 2021).....25
FIGURA 2.2. MAPA DE DOMÍNIOS DO MACIÇO DE GOIÁS (ADAPTADO DE FUCK ET AL., 2014). 29
FIGURA 2.4. COLUNA TECTONO-ESTRATIGRÁFICA COM AS UNIDADES ABORDADAS PELO PA 2023. 32
FIGURA 2.3. MAPA DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS ABORDADAS PELO PA 2023.....32
FIGURA 2.5. LEGENDA DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS ABORDADAS PELO PA 2023. 33
FIGURA 2.6. COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO PARANÁ (ADAPTADA DE MILANI, 1997). 43
FIGURA 4.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO DE AEROLEVANTAMENTO. FONTE: LASA. 50
FIGURA 4.2. PRODUTOS GAMAESPECTROMÉTRICOS DO PROJETO ARENÓPOLIS. A) CONTAGEM TOTAL B) PERCENTUAL DE POTÁSSIO C) TÓRIO EQUIVALENTE D) URÂNIO EQUIVALENTE. 52
FIGURA 4.3. MAPA GAMAESPECTROMÉTRICO DE COMPOSIÇÃO TERNÁRIA DO PROJETO ARENÓPOLIS. 53
FIGURA 4.4. PRODUTOS MAGNETOMÉTRICOS DO PROJETO ARENÓPOLIS. A) CAMPO MAGNÉTICO ANÔMALO B) PRIMEIRA DERIVADA VERTICAL C) GRADIENTE HORIZONTAL TOTAL D) DERIVADA TILT.....54
FIGURA 4.5. INFLUÊNCIA DOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS NA EMISSÃO DE RADIAÇÃO GAMA (FERREIRA ET AL., 2016). 56
FIGURA 4.6. MAPA DE DOMÍNIOS GAMAESPECTROMÉTRICOS EM COMPOSIÇÃO TERNÁRIA RGB. 57
FIGURA 4.7. MAPA DE DOMÍNIOS GAMAESPECTROMÉTRICOS DA ÁREA II. 58
FIGURA 4.8. MAPA DE DOMÍNIO MAGNETOMÉTRICOS DO PROJETO ARENÓPOLIS. 60
FIGURA 4.9. MAPA GEOLÓGICO-GEOFÍSICO PRELIMINAR DO PROJETO ARENÓPOLIS. 61
FIGURA 5.1: MAPA GEOLÓGICO INTEGRADO DO PROJETO ARENÓPOLIS. 63
FIGURA 5.2. FEIÇÕES DE DEFORMAÇÃO NO GNAISSE RIBEIRÃO, OBSERVADAS NO AFLORAMENTO-TIPO, INSERIDO NA ÁREA VIII (COORDENADAS: 22S 434053 E 8173182 N). EM A, FOLIAÇÃO ANASTOMOSADA, TRUNCADA POR FRATURAS; EM B, LEUCOSSOMAS ROMPIDOS; EM C, LEUCOSSOMAS EM MIGMATITO EXIBINDO PINCH-AND-SWELL INCIPIENTE NA PORÇÃO INFERIOR DA IMAGEM; JÁ EM D, FOLIAÇÃO S-C, ONDE AS LINHAS AMARELAS REPRESENTAM O PLANO S, AO PASSO QUE AS LINHAS EM VERMELHO REPRESENTAM O PLANO C. 65
FIGURA 5.3. (A) ROCHA ALTERADA DE COLORAÇÃO VERMELHA-AMARELADA E GRANULAÇÃO MÉDIA A GROSSA, TEXTURA LEPIDOBLÁSTICA, FOLIAÇÃO DO TIPO XISTOSIDADE COMPOSTA POR QUARTZO, MUSCOVITA, GRANADA E PSEUDOMORFOS DE ESTAUROLITA DE HÁBITO PRISMÁTICO QUE DEFORMA A XISTOSIDADE: TF23-X-106 430682E 8166457S. (B) AFLORAMENTO IN SITU EVIDENCIANDO FOLIAÇÃO: TF23-X-181 428702E 81680537S. 67
FIGURA 5.4. AFLORAMENTO TIPO DE ANFIBOLITO DO CÓRREGO DA ONÇA EXIBINDO FOLIAÇÃO SUBVERTICAL DE DIREÇÃO N-S. ÁREA VI, PONTO 187 (X: 434722,9973; Y: 8181581,737). 68
FIGURA 5.5. ÁREA VI, PONTO 120 (X:431498,7736; Y: 8182539,859). AFLORAMENTO EM LAJEDO MOSTRANDO GNAISSES CALCISSILICÁTICOS AFETADOS PELA ZONA DE CISALHAMENTO RIBEIRÃO....69
FIGURA 5.6. (A) TF23-X-12 432984E 8166649S: ASPECTO DE AFLORAMENTO DA UNIDADE GABRO MORRO DO BAÚ NO CORPO ARREDONDADO. (B) TF23-X-12 432984E 8166649S: DETALHE DO GABRO DEFORMADO COM BANDAMENTO CENTIMÉTRICO E VEIOS LEUCOCRÁTICOS DISCORDANTES (C) TF23-X-13 433304E 8166548S: GABRO MORRO DO BAÚ COM TEXTURA CUMULÁTICA. 70
FIGURA 5.7. ÁREA III - TF23-AIII-P106 (COORDENADAS X: 434953,57; Y: 8193673,35). A - AFLORAMENTO EM LAJEDO NO LEITO DO CÓRREGO DA AREIA COMPOSTO POR GNAISSE TONALÍTICO MILONITIZADO. B - DETALHE DA FOLIAÇÃO MILONÍTICA APRESENTADA PELA UNIDADE.....71
FIGURA 5.8. (A) PORFIROCLASTO SIGMOIDAL DE FELDSPATO POTÁSSICO, EXIBINDO ROTAÇÃO SINISTRAL (DESTACADA POR SETAS AMARELAS) EM MEIO A TEXTURA MILONÍTICA DO BIOTITA GRANITO MILONÍTICO. ÁREA VI, PONTO 102 (X: 434548,8895; Y: 8184140,845). (B) AFLORAMENTO EM LAJEDO DE BIOTITA GRANITO MILONÍTICO DO GRANITO SERRA DO TATU. ÁREA VI, PONTO 102 (X:

434548,8895; Y: 8184140,845). (C) Área VII - TF23-VII-79 (X: 437028; Y: 8179502). Afloramento em blocos rolados e em lajedo de biotita granito 73
Figura 5.9. Afloramentos do Granito Ribeirão Água Limpa. (A) Matacão de rocha com bandamento gnáissico e composição granítica com evidências de fusão parcial - migmatitos. (B) Afloramento em lajedos, muito comum nos afloramentos da Área III. (C) Fácies granítica isotrópica, com granulação grossa, classificado como pegmatítica. (D) Fácies de composição granodiorítica foliada e ocasionalmente bandada..... 74
Figura 5.10. (A) Afloramento em bloco do Granito Serra do Iran. Os blocos podem alcançar 2 metros de altura como na figura, muito comum nas proximidades da Serra da Margarida. (B) Amostra de mão representativa da fácies do Granito Serra do Iran de granulação grossa e textura equigranular. (C - D) Feições de mixing-mingling em afloramento em blocos métricos da Unidade Granito Serra do Iran no ponto (TF23-AV-P141, coordenadas: 431309E 8187001S)..... 76
Figura 5.11. TF23-AIII-P15 (Coordenadas X: 439660,33; Y: 8195281,30) - (A) Lajedo de dimensão métrica do Granito Rio Caiapó. (B) Detalhe para a fácies inequigranular seriada com megacristais de feldspato potássico, classificada como granito porfirítico, e fraturas de direção NW-SE..... 77
Figura 5.12. Diques sin-plutônicos de tonalito, hospedados pela fácies granito porfirítico grosso, observados no ponto TF23-II-27 (Coordenadas X: 432888; Y: 8199463). 77
Figura 5.13. Derrames riolíticos característicos da unidade, em afloramento-tipo (A e B) localizado na área VII (Coordenadas: 22S 434487 E 8177659 N). (A) Derrame riolítico avermelhado, sob anfibolito fino com enclaves dele. Além disso, é possível observar no detalhe, amostra de riolito de coloração bege de textura glomeroporfirítica de quartzo e feldspato. (B) Clasto rotacionado ao ser incorporado no fluxo riolítico, com esferulitos visíveis na porção superior da imagem. (C) (Coordenadas: 22S 435676 E 8177906 N), diques decimétricos de riolito cortando tonalito milonitizado do Granito Serra do Tatu. Em D (Coordenadas: 22S 437572 E 8176637 N), afloramento de riolito alterado para caulinita, com texturas primárias de fluxo fracamente preservadas. 78
Figura 5.14. (A) Vista panorâmica das rochas da Bacia do Paraná e da Sequência Metavulcanossedimentar Córrego Santo Antônio na área X. (B) Arenito conglomerático com estratificação cruzada (Ponto TF23-X-67 437339E 8166225N). (C) Arenito fino com estratificação cruzada (Ponto TF23-X-79 431804E 8164059N) 79
Figura 5.15. A) Blocos submétricos a métricos de basanito, alinhados em pasto, indicando a presença de dique alcalino na Área VII (Coordenadas X: 431410; Y:8177514). Em B, dique alcalino cortando anfibolitos máficos da Unidade Córrego da Onça (Coordenadas: 22S 434922 E 8177863 N). 80
Figura 5.16. (A) Foto panorâmica destacando o relevo encontrado no Complexo Arenópolis. Os melhores afloramentos encontram-se nos morros, enquanto a porção arrasada é dominada por pasto e plantações com perfis de solo avermelhado. (B) Afloramento com esfoliação esferoidal em nefelinito (TF23-AIII-P8 Coordenadas X: 440273,5; Y: 8194759,3). (C) Veio carbonatítico alojado em melteigitos. (D) Feições de brechas com clastos de clinopiroxenitos em meio a cimentação de matriz fina de composição félsica rica em feldspatoides. 81
Figura 6.1. Mapa Geológico Área II. 83
Figura 6.2. Mapa Litológico Reduzido referente à área em que afloram as rochas da Unidade Granito Rio Caiapó. 84
Figura 6.3. A) Afloramento in situ, blocos métricos, Granito Rio Caiapó granulação grossa. A seta da caderneta indica o Norte; B) Detalhe do mesmo afloramento..... 85
Figura 6.4. Diques sin-plutônicos de tonalito, hospedados pela fácies granito porfirítico grosso, observados no ponto TF23-II-27 (Coordenadas X: 432888; Y: 8199463). 86
Figura 6.5. Diques sin-plutônicos de tonalito, hospedados pela fácies granito porfirítico grosso, observados no ponto TF23-II-27 (Coordenadas X: 432888; Y: 8199463). 87
Figura 6.6. A) Afloramento em blocos in situ, contato entre as fácies sienogranito Rio Caiapó granulação grossa e fina; B) Amostra de mão, sienogranito Rio Caiapó granulação fina. 88

FIGURA 6.7. A) DIQUE MÁFICO PERTENCENTE A FÁCIES DIORÍTICA GRANITO RIO CAIAPÓ; B) AMOSTRA DA FÁCIES DIORÍTICA, GRANITO RIO CAIAPÓ. 89
FIGURA 6.8. MAPA LITOLÓGICO REDUZIDO REFERENTE À ÁREA EM QUE AFLORAM AS ROCHAS DA UNIDADE GNAISSE ARENÓPOLIS. 90
FIGURA 6.9. A) IMAGEM PANORÂMICA COM DIREÇÃO LESTE, EVIDENCIANDO AS DIFERENÇAS DE RELEVO ENTRE AS UNIDADES RIO CAIAPÓ E GNAISSE ARENÓPOLIS. 91
FIGURA 6.10. AFLORAMENTOS DO HORNBLENDA GNAISSE DIORÍTICO EM BLOCOS MÉTRICOS E LAJEDOS. PONTO TF23-II-136. COORDENADAS: 22S 0428474 8199074. 92
FIGURA 6.11. A) AFLORAMENTO DO ANFIBOLITO EM BLOCOS MÉTRICOS. PONTO TF-23-146; B) AMOSTRA DE MÃO DA ROCHA OBSERVADA NO REFERIDO PONTO. 93
FIGURA 6.12. A) SEÇÃO DELGADA OBSERVADA À NICÓIS PARALELOS, TF23-II-146, ANFIBOLITO; B) SEÇÃO DELGADA À NICÓIS CRUZADOS, TF23-II-146, ANFIBOLITO. 93
FIGURA 6.13. A) AFLORAMENTO EM BLOCOS DECIMÉTRICOS DO GNAISSE CACISSILICÁTICO; B) AMOSTRA DE MÃO CORRESPONDENTE AO AFLORAMENTO. A ORIENTAÇÃO DA BÚSSOLA APONTA AO NORTE. PONTO TF23-II-140. 94
FIGURA 6.14. VEIOS DE FELDSPATO POTÁSSICO DESENVOLVIDOS NO GNAISSE CALCILICÁTICO. PONTO TF23-II-140. 95
FIGURA 6.15. A) SEÇÃO DELGADA OBSERVADA À NICÓIS PARALELOS, TF23-II-140, GNAISSE CALCISSILICÁTICO; B) SEÇÃO DELGADA À NICÓIS CRUZADOS, TF23-II-140, GNAISSE CALCISSILICÁTICO; C). SEÇÃO DELGADA OBSERVADA À NICÓIS PARALELOS, TF23-II-140, DESENVOLVIMENTO DE CRISTAIS DE GRANADA NOS VEIOS DE FELDSPATO POTÁSSICO; D) SEÇÃO DELGADA OBSERVADA À NICÓIS PARALELOS, TF23-II-140, DESENVOLVIMENTO DE CRISTAIS DE GRANADA NOS VEIOS DE FELDSPATO POTÁSSICO. 96
FIGURA 6.16. A) AFLORAMENTO EM LAJE À BEIRA DO RIO. PONTO TF23-II-147; B) AMOSTRA DE MÃO REFERENTE AO AFLORAMENTO EM "A". 96
FIGURA 6.17. A) SEÇÃO DELGADA OBSERVADA À NICÓIS PARALELOS, PONTO TF23-II-147, TEXTURA GRANOBLÁSTICA DE GRANULAÇÃO GROSSA; B) SEÇÃO DELGADA À NICÓIS CRUZADOS, PONTO TF23-II-147, TEXTURA GRANOBLÁSTICA DE GRANULAÇÃO GROSSA 97
FIGURA 6.18. MAPA LITOLÓGICO REDUZIDO REFERENTE À ÁREA EM QUE AFLORAM AS ROCHAS DA UNIDADE GRANITO SERRA DO IRAN 98
FIGURA 6.19. A) UNIDADE GRANITO SERRA DO IRAN, ALTERAÇÃO HIDROTERMAL, MEGACRISTAL DE EPIDOTO; B) UNIDADE GRANITO SERRA DO IRAN, ALTERAÇÃO HIDROTERMAL, MEGACRISTAL DE QUARTZO. 99
FIGURA 6.20. MAPA LITOLÓGICO REDUZIDO REFERENTE À ÁREA EM QUE AFLORAM AS ROCHAS DA UNIDADE CÓRREGO DA ONÇA 100
FIGURA 6.21. A) AFLORAMENTO BLOCO IN SITU, ANFIBOLITO CÓRREGO DA ONÇA; B) DESTAQUE AO ALGO GRAU DE ALTERAÇÃO DOS AFLORAMENTOS, BLOCOS CENTIMÉTRICOS SOLTOS, ANFIBOLITO CÓRREGO DA ONÇA; C) AMOSTRA ANFIBOLITO CÓRREGO DA ONÇA, COM DESTAQUE PARA PROCESSOS DE EPIDOTIZAÇÃO. 101
FIGURA 6.22. A) LÂMINA TF23-V-181, ANFIBOLITOS CÓRREGO DA ONÇA À NICÓIS PARALELOS, DESTAQUE PARA TEXTURA NEMATOBLÁSTICA, COM DOMÍNIOS MÁFICOS (HBL+CPX) E DE PLAGIOCLÁSIO; B) LÂMINA TF23-V-181 À NICÓIS CRUZADOS, DESTAQUE PARA OS CRISTAIS DE CLINOPIROXÊNIO (CRISTAIS COM BIRREFRINGÊNCIA EM AZUL DE SEGUNDA ORDEM). 102
FIGURA 6.23. MAPA LITOLÓGICO REDUZIDO REFERENTE À ÁREA EM QUE AFLORAM AS ROCHAS DA UNIDADE CÓRREGO DO SANTO ANTÔNIO. 102
FIGURA 6.24. A) UNIDADE CÓRREGO SANTO ANTÔNIO, AFLORAMENTO EM BLOCOS IN SITU, FÁCIES METAULTRAMÁFICA; B) AMOSTRA CORRESPONDENTE AO AFLORAMENTO EM "A", CLASSIFICADO COMO HONRBLENDITO CUMULÁTICO. 103
FIGURA 6.25. A) UNIDADE CÓRREGO SANTO ANTÔNIO, AFLORAMENTO EM BLOCOS IN SITU, FÁCIES METAULTRAMÁFICA; B) AMOSTRA DE ROCHA METAULTRAMÁFICA CUMULÁTICA, CORRESPONDENTE AO AFLORAMENTO EM "A". 104
FIGURA 6.26. A) UNIDADE CÓRREGO SANTO ANTÔNIO, FÁCIES METAULTRAMÁFICA, AMOSTRA TF23-II-84; B) LÂMINA À NICÓIS CRUZADOS, EVIDENCIANDO AS HORNBLENDAS PSEUDOMÓRFICAS DE FENOCRISTAIS DE CLINOPIROXÊNIO. TF23-II-84. 105
FIGURA 6.27. A) AFLORAMENTO IN SITU QUARTZITOS COM MERGULHOS SUBVERTICAIS, FÁCIES METASSEDIMENTAR; B) QUARTZITO INTENSAMENTE DEFORMADO. 106

FIGURA 6.28. A E B) PERFIL LATERÍTICO, MUITO COMUM NA REGIÃO, POR VEZES PRESERVANDO A TEXTURAS ÍGNEAS RELIQUIARES DE ROCHAS CUMULÁTICAS. 106
FIGURA 6.29. MAPA LITOLÓGICO REDUZIDO REFERENTE À ÁREA EM QUE AFLORAM AS ROCHAS DO CORPO ARENÓPOLIS. 107
FIGURA 6.30. A) AMOSTRA ROCHA VULCÂNICA ALCALINA (ESQUERDA), DO COMPLEXO ALCALINO, AO LADO DE AMOSTRA DO GRANITO RIO CAIAPÓ (DIREITA), AFLORANDO UMA AO LADO DA OUTRA; B) AMOSTRA DE ROCHA PLUTÔNICA ALCALINA, CLINOPIROXENITO ALCALINO ALTERADO, CORPO ARENÓPOLIS. . 108
FIGURA 6.31. A) AFLORAMENTO COM ENCLAVES MÁFICOS E CONTATOS ARREDONDADOS, CORTADO POR DIQUE, NO CONTEXTO DA BORDA DO CORPO ARENÓPOLIS; B) AMOSTRA DA PORÇÃO LEUCOCRÁTICA DA ROCHA, COM FEIÇÕES DE MINGLING; C) AMOSTRA DA PORÇÃO DO DIQUE DE BASANITO. PONTO TF23-II-68. 108
FIGURA 6.32. A) NÍCÓIS PARALELOS, CONTATO ENTRE OS DOMÍNIOS LEUCOCRÁTICO (ESQUERDA) E MÁFICO (DIREITA); B) NICÓIS CRUZADOS, CONTATO ENTRE OS DOMÍNIOS LEUCOCRÁTICO (ESQUERDA) E MÁFICO (DIREITA); C) NICÓIS PARALELOS, DETALHE DO DOMÍNIO MÁFICO COM FENOCRISTAIS DE TITANO AUGITA; D) NICÓIS CRUZADOS, DETALHE DO DOMÍNIO MÁFICO COM FENOCRISTAIS DE TITANO-AUGITA. 109
FIGURA 6.33. A) NICÓIS PARALELOS, TEXTURA CUMULÁTICA, PLAGIOCLÁSIO INTERCRESCIDO ENTRE OS FENOCRISTAIS DE OLIVINA E AUGITA, GABRO ALCALINO DO CORPO ARENÓPOLIS, PONTO TF23-II-67; B) NICÓIS CRUZADOS, TEXTURA CUMULÁTICA, PLAGIOCLÁSIO INTERCRESCIDO ENTRE OS FENOCRISTAIS DE OLIVINA E AUGITA, GABRO ALCALINO DO CORPO ARENÓPOLIS, PONTO TF23-II-67. 110
FIGURA 7.1. ESBOÇO COM CARÁTER MERAMENTE ILUSTRATIVO DEMONSTRANDO O ÂMBITO REGIONAL DO ARCABOUÇO TECTÔNICO, COM DESTAQUE PARA OS LINEAMENTOS TRANSBRASILIANO E MOIPORÁ-NOVO BRASIL, CORRELACIONADOS AO SISTEMA TRANSCORRENTE PIRANHAS. O QUADRÍCULO VERMELHO APRESENTA A REGIÃO APROXIMADA ABRANGIDA PELO PROJETO. 111
FIGURA 7.2. MAPA DE DOMÍNIOS ESTRUTURAIS DO PROJETO ARENÓPOLIS. 112
FIGURA 7.3. ESTEREOGRAMAS DE FOLIAÇÃO (SN) E LINEAÇÃO (LN) REFERENTES AO DOMÍNIO PIRANHAS. MEDIDAS TOMADAS EM TODA ÁREA CONTEMPLADA PELO PROJETO ARENÓPOLIS. 113
FIGURA 7.4. ESTEREOGRAMAS DE FOLIAÇÃO (SN) E LINEAÇÃO (LN) REFERENTES AO DOMÍNIO CAIAPÔNIA. MEDIDAS TOMADAS EM TODA ÁREA CONTEMPLADA PELO PROJETO ARENÓPOLIS. 114
FIGURA 7.5. ESTEREOGRAMAS DE FOLIAÇÃO (SN) E LINEAÇÃO (LN) REFERENTES AO DOMÍNIO ARENÓPOLIS. MEDIDAS TOMADAS EM TODA ÁREA CONTEMPLADA PELO PROJETO ARENÓPOLIS. 115
FIGURA 7.6. ESTEREOGRAMA DE FOLIAÇÕES (SN) REFERENTES AO DOMÍNIO CAIAPÔNIA. MEDIDAS TOMADAS NA ÁREA II. 116
FIGURA 7.7. MAPA ESTRUTURAL DA ÁREA II. 117
FIGURA 7.8. ESTEREOGRAMA DE FOLIAÇÕES (SN) REFERENTES AO DOMÍNIO ARENÓPOLIS. MEDIDAS TOMADAS NA ÁREA II. 118
FIGURA 7.9. BANDAMENTO GNÁISSICO DAS ROCHAS DA UNIDADE GNAISSE ARENÓPOLIS. 119
FIGURA 7.10. FOLIAÇÃO MILONÍTICA EM GRANITO, DA UNIDADE RIO CAIAPÓ EM CONTATO COM ROCHAS DO GNAISSE ARENÓPOLIS. 120
FIGURA 7.11. AFLORAMENTOS EM CAMPO, QUARTZITOS UNIDADE CÓRREGO SANTO ANTÔNIO. 121
FIGURA 7.12. A) DOBRAS TRUNCADAS E TRANSPOSTAS ILUSTRADAS; B) DOBRAS ISOCLINAIS ILUSTRADAS. 121
FIGURA 7.13. A) DIQUE DE DIABÁSIO PRESENTE NAS ROCHAS DO GRANITO RIO CAIAPÓ; B) DIQUE DE DIABÁSIO PRESENTE NAS ROCHAS DO GRANITO SERRA DO IRAN. C) DIQUE APLÍTICO PRESENTE NAS ROCHAS DO GRANITO RIO CAIAPÓ. D) DIQUE ALCALINO PRESENTE NAS ROCHAS DO CORPO ARENÓPOLIS. E) CONTRASTE ENTRE ROCHAS DO GRANITO RIO CAIAPÓ E DOS DIQUES ALCALINOS QUE CORTAM ESTA UNIDADE. 123
FIGURA 7.14. MAPA DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS DA ÁREA II. 123
FIGURA 7.15. DIAGRAMA DE ROSETTAS DE FALHAS, FRATURAS E VEIOS PRESENTES NA ÁREA II. 124
FIGURA 7.16. A) FRATURAS OBSERVADAS EM AFORAMENTO DE ROCHA DO GRANITO RIO CAIAPÓ. B) FALHA DE CISALHAMENTO OBSERVADA EM AFLORAMENTO DE ROCHA PERTENCENTE AO GNAISSE ARENÓPOLIS. 124
FIGURA 7.17. A) VEIOS DE QUARTZO PRESENTES NAS ROCHAS PERTENCENTES À UNIDADE SERRA DO IRAN; B) E C) VEIOS DE QUARTZO COM CONCENTRAÇÕES DE EPIDOTO. 125

FIGURA 8.1. MAPA DE RECURSOS MINERAIS DO PROJETO OESTE DE GOIÁS, COM DESTAQUE PARA A ÁREA DE ESTUDO DO PROJETO ARENÓPOLIS. MODIFICADO DE LACERDA ET AL. (2021). 127
FIGURA 8.2. MAPA DE PROCESSOS MINERÁRIOS POR SUBSTÂNCIA NA ÁREA DO PROJETO ARENÓPOLIS (FONTE: SIGMINE/ANM, NOVEMBRO/2023). 133
FIGURA 9.1. FECHAMENTO DO OCEANO GOIÁS-FARUSIANO COM DESENVOLVIMENTO DOS PRIMEIROS ARRANJOS DE ARCOS INTRA-OCEÂNICOS (CERCA DE 900 A 770 MILHÕES DE ANOS). ADAPTADO DE MARQUES (2017). 138
FIGURA 9.2. DIAGRAMA DE PEARCE (1996) PARA CLASSIFICAÇÃO DO PROTÓLITO DOS ANFIBOLITOS DAS UNIDADES CÓRREGO DA ONÇA E CÓRREGO SANTO ANTÔNIO. FONTE: SGB-CPRM (2021). 140
FIGURA 9.3. MODELO EVOLUTIVO DO ESTÁGIO DE ARCO INTRA-OCEÂNICO NA REGIÃO ENTRE PIRANHAS E ARENÓPOLIS, COM DESTAQUE PARA O MODELO PROPOSTO POR LACERDA-FILHO ET AL. (2021). 141
FIGURA 9.4. DIAGRAMA DE CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE SHAND (ALUMINA-SATURAÇÃO) À ESQUERDA E DIAGRAMA TAS PARA TODAS AS UNIDADES PLUTÔNICAS E METAPLUTÔNICAS DO PROJETO ARENÓPOLIS À DIREITA. FONTE: SGB-CPRM (2021). 142
FIGURA 9.5. MODELO EVOLUTIVO DO ESTÁGIO DE ARCO CONTINENTAL NA REGIÃO ENTRE PIRANHAS E ARENÓPOLIS, COM DESTAQUE PARA O MODELO PROPOSTO POR LACERDA-FILHO ET AL. (2021). 143
FIGURA 9.6. MODELO EVOLUTIVO DO ESTÁGIO PÓS-COLISIONAL NA REGIÃO ENTRE PIRANHAS E ARENÓPOLIS, COM DESTAQUE PARA O MODELO PROPOSTO POR LACERDA-FILHO ET AL. (2021). 146
FIGURA 9.7. MODELO PROPOSTO POR FERREIRA ET AL. (2022) PARA A EVOLUÇÃO DA LITOSFERA FACILITANDO A COLOCAÇÃO DOS MAGMAS TOLEÍTICOS E ALCALINOS DE APROXIMADAMENTE 130 MILHÕES E 80 MILHÕES DE ANOS. ADAPTADO DE FERREIRA ET AL. (2022) 148
FIGURA 9.8. (A) AFLORAMENTO DE ANFIBOLITO DOBRADO PERTENCENTE À UNIDADE CÓRREGO DO SANTO ANTÔNIO (416244E/8190590S), EVIDENCIANDO (B) O PADRÃO DE INTERFERÊNCIA DE DOBRA F2 COM DOBRA F1 E AS RELAÇÕES DE SOBREPOSIÇÃO DAS GERAÇÕES DE FOLIAÇÕES. A FOLIAÇÃO PLANO-AXIAL S2 COMPÕE A FOLIAÇÃO PREDOMINANTE NA ÁREA DO PROJETO, ENQUANTO A FOLIAÇÃO S1 SE MOSTRA TRANSPOSTA E INCLUÍDA NOS PLANOS DE F2. (C) ESTEREOGRAMA MOSTRANDO OS PÓLOS DOS FLANCOS DA DOBRA F2, BEM COMO O SEU PERFIL E SUPERFÍCIE AXIAL, ALÉM DO EIXO 149
FIGURA 9.9. MODELO PROPOSTO PARA A REGIÃO DO PROJETO ARENÓPOLIS. DESTACA-SE O CISALHAMENTO REGIONAL SINISTRAL COM FALHAS ANTITÉTICAS E SINTÉTICAS E AS RESPECTIVAS DIREÇÕES DE ENCURTAMENTO E ESTIRAMENTO. 151
FIGURA 10.1. MAPA GEOLÓGICO DO TF PIRANHAS (UNB, 1973) 156
FIGURA 10.2. MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA PIRANHAS (CPRM, 2020) 156
FIGURA 10.3. MAPA GEOLÓGICO DO PROJETO ARENÓPOLIS (UNB, 2023). 156

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1.1. COORDENADAS UTM VÉRTICES ÁREA II. SIRGAS 2000 22S. 14
QUADRO 1.2. QUADRO RESUMO DAS ATIVIDADES. 16
QUADRO 3.1. QUADRO SÍNTESE DE CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES DO SATÉLITE CBERS-04A. FONTE: INPE. 47
QUADRO 4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS DOMÍNIOS DE ACORDO COM OS PARÂMETROS K, TH, U E COR 58
QUADRO 4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS DOMÍNIOS MAGNETOMÉTRICOS. 60
QUADRO 9.1. ESTÁGIOS DE EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO ARCO MAGMÁTICO DE ARENÓPOLIS REFERENTE ÀS UNIDADES DO PROJETO ARENÓPOLIS 137

1 Introdução

O Projeto Arenópolis-GO contemplou a disciplina de Trabalho de Mapeamento Geológico Final (TF), etapa de conclusão do curso de graduação em geologia pela Universidade de Brasília, realizado entre abril e dezembro do ano de 2023.

A área de estudo está localizada na porção oeste do estado de Goiás (Fig. 1.1), englobando os municípios de Arenópolis e Piranhas, compreendendo cerca de 907 quilômetros quadrados (km^2) mapeados. O Projeto foi dividido em 10 áreas com 80 km^2, exceção as 4 primeiras áreas localizadas mais ao norte, que tiveram seus tamanhos aumentados para 104 km^2(áreas I, II, IV) e 115 km^2(área III).

1.1 Localização e Vias de Acesso

As cidades de Arenópolis e Piranhas estão localizadas a cerca de 500 e 530 quilômetros de distância da Universidade de Brasília (UnB), respectivamente, com acesso pela GO-060. Os alunos, junto ao corpo docente, realizaram a etapa de campo durante os dias 16 de julho e 01 de agosto, com sede na cidade de Piranhas.

Outras rodovias não pavimentadas estão presentes dentro da área do projeto e foram usadas pela equipe, as GO-118 e GO-475, além de estradas não pavimentadas secundárias oriundas da agropecuária latente presente nesses municípios, principalmente no âmbito do plantio de soja.

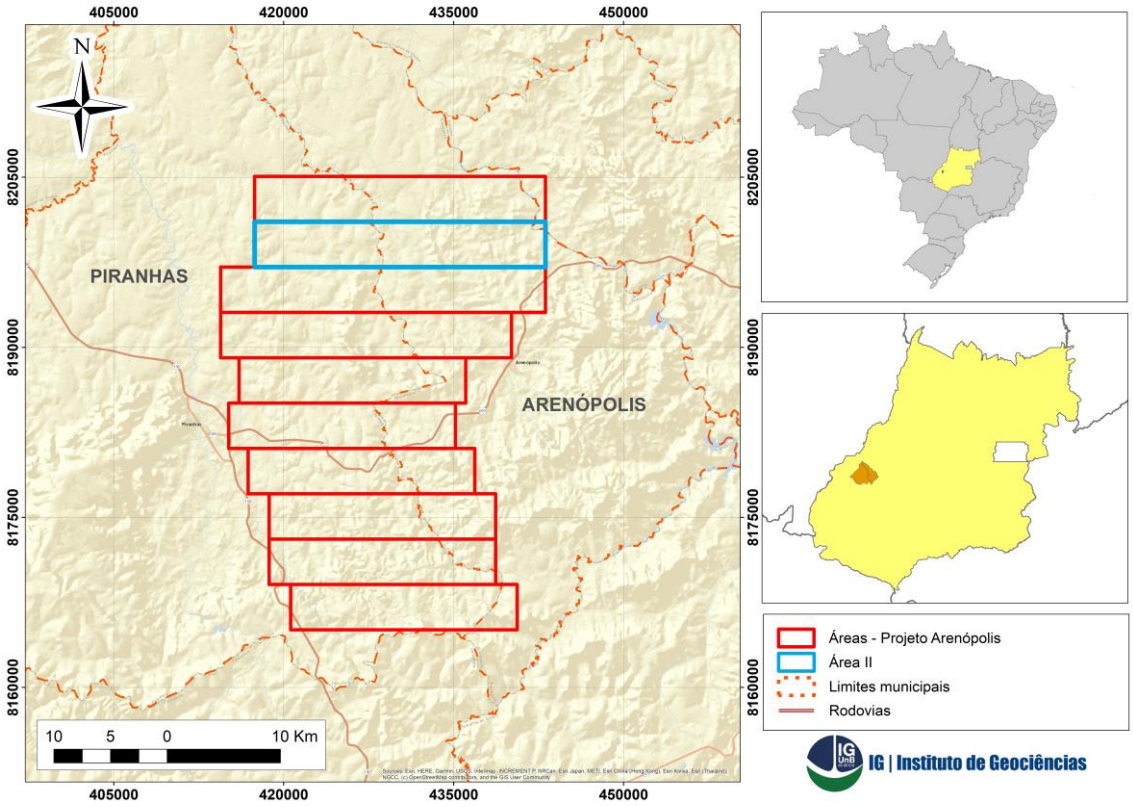


Figura 1.1. *Mapa de localização das áreas do projeto, em estaque área II (em azul).*

Área II - Coordenadas UTM - Fuso 22S		
Vértices	Leste (m)	Norte (m)
NW	417419,9	8201086,1
NE	443103,2	8201085,9
SE	443103,2	8197085,9
SW	417419,9	8197086,1

Quadro 1.1. *Coordenadas UTM vértices área II. SIRGAS 2000 22S.*

1.2 Apresentação do Projeto Arenópolis-GO

O Trabalho de Mapeamento Geológico Final (TF), Projeto Arenópolis-GO, é um trabalho multidisciplinar que visa correlacionar as unidades litológicas presentes na área de interesse, a nível de detalhe, por meio da confecção de um Mapa Geológico Integrado na escala 1:25.000.

A disciplina foi composta por 21 alunos de graduação coordenados pela professora Dra. Natália Hauser, contando com apoio do corpo docente composto pelos professores Dr. Elton Dantas, Dr. Gustavo Viegas, Dr. Caio Santos, Dra. Júlia Curto, Dr. Henrique L. Roig, além do doutorando Ítalo Lopes de Oliveira.

Do ponto de vista geológico, a região de Arenópolis-GO está inserida na Província Tocantins (Almeida et al., 1977), mais especificamente no contexto do segmento sul do Arco Magmático de Goiás (Pimentel, 1985; Pimentel & Fuck, 1987).

1.3 Evolução do conhecimento científico da área

A região que compreende as cidades de Arenópolis e Piranhas teve seus primeiros trabalhos de mapeamento, no que tange à geologia, na década de 1970, revelando a presença de rochas metaultramáficas associadas a possíveis rochas vulcânicas, bem como rochas metassedimentares em uma faixa de direção NW delimitada por rochas graníticas e gnáissicas, a leste e a oeste (Pena & Figueiredo, 1972; Faria et al., 1975). A presença de sulfetos e a aparente semelhança com os terrenos arqueno-paleoproterozoicos do tipo *greenstone belts*, de grande potencial econômico, fomentaram o desenvolvimento de trabalhos científicos na região.

1.4 Materiais e Métodos

O Projeto Arenópolis, desenvolvido durante ano de 2023, teve seu planejamento realizado de maneira integral ao decorrer de todos os meses, podendo ser divido em três etapas: i) pré-campo; ii) campo; iii) pós-campo (Quad. 1.2).

Etapas	Atividades
Pré-campo	Revisão bibliográfica Geologia Regional Sensoriamento Remoto Processamento de dados Geofísicos Mapa Geológico Preliminar
Campo	16/07 a 01/08 Perfis de caminhamento Trabalho de Escritório
Pós-campo	Descrição da Geologia Local Análise Petrográfica Análise Estrutural Evolução Tectônica Mapa Geológico Integrado

Quadro 1.2. *Quadro resumo das atividades.*

Etapa Pré-Campo

As primeiras atividades desenvolvidas tiveram por objetivo o conhecimento prévio da área de trabalho, para elucidar a geologia, preparação e logística de execução de trabalho. Para tal foram realizados levantamentos bibliográficos dos principais trabalhos e referências bibliográficas inseridas no contexto da região, de modo a compreender a geologia e evolução do conhecimento científico referentes a área de estudo. Reuniões com o objetivo de promover aulas e discussões acerca da geologia da área de estudo foram realizadas semanalmente, contando com a presença de alunos, docentes e coordenadores do projeto. Além do estudo dos materiais disponíveis, também foram gerados diversos produtos com o objetivo de observar e interpretar feições geológicas da região, dentre eles mapas aerogeofísicos, mapas base e mapas preliminares de unidades geológicas e geologia estrutural.

Os mapas geofísicos foram processados no *software* Geosoft Oasis Montaj, e nos permitem inferir o comportamento composicional e estrutural. Os mapas base foram elaborados nos *softwares* ArcMap 10.8 e ArcGIS Pro com o objetivo de compreender as principais feições geográficas da região, elucidando os principais acessos e restrições aos locais de estudo, tornando-se essencial em todo o planejamento logístico. As informações primárias contidas no mapa base foram vetorizadas a partir da análise de imagens do satélite CBERS-04A. Por fim, os mapas de unidades geológicas e geologia estrutural, elaborados a partir da integração de dados secundários com técnicas de fotogeologia e sensoriamento remoto nos permitem inferir feições e identificar os principais desafios geológicos a serem trabalhados. Os produtos relacionados à geofísica e sensoriamento remoto e seus respectivos processamentos encontram-se descritos nos próximos capítulos do presente relatório.

Etapa de Campo

A etapa de campo, ocorrida entre os dias 16 de julho e 01 de agosto, contado com 11 dias atividades em campo e 3 dias de atividades em escritório. As atividades em campo consistiram na realização de perfis de caminhamento na área de estudo, executados majoritariamente nas direções E-W, buscando observar a maior variação litológica, uma vez que as camadas se encontram dispostas principalmente na direção NNW-SSE. Ao longo dos perfis foram realizadas descrições macroscópicas, coleta de medidas estruturais, representações esquemáticas e coleta de amostras.

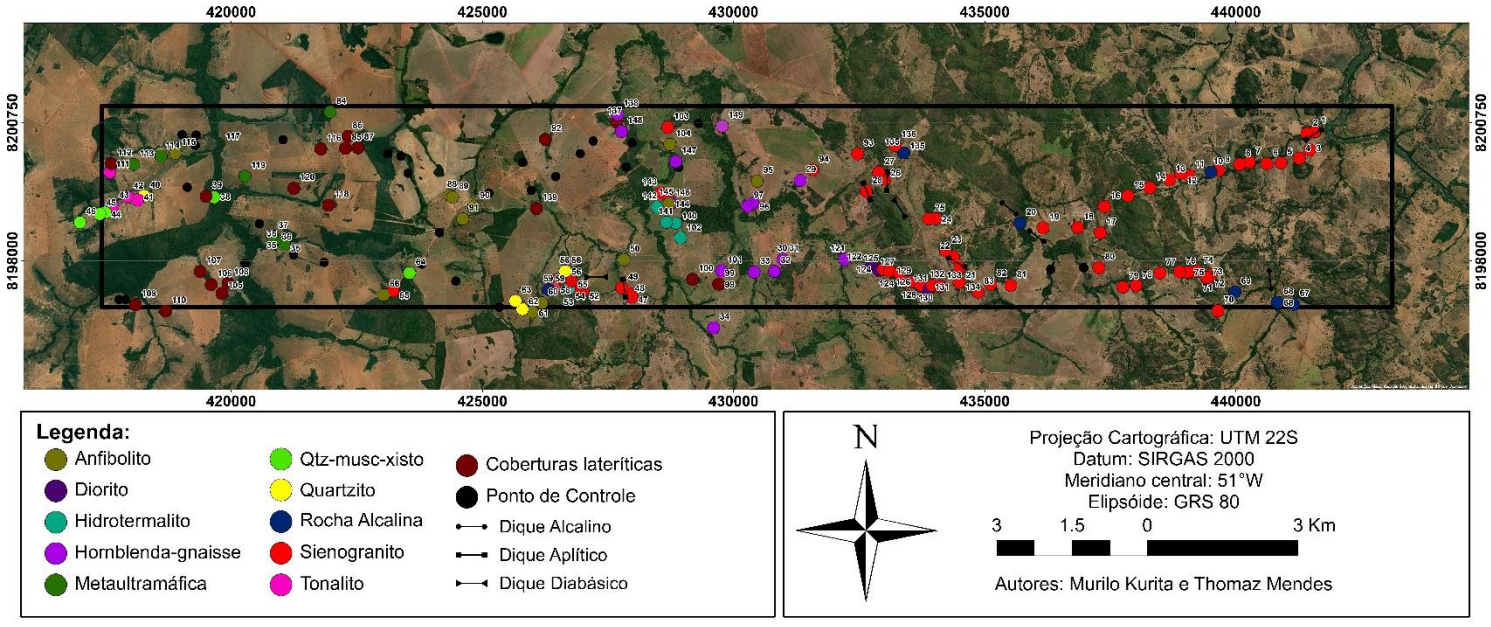


Figura 1.2. *Mapa de pontos da Área II.*

Durante o caminhamento foram utilizados materiais específicos para cada atividade desenvolvida. Para a coleta de dados geológicos foram utilizados mapa de localização impresso da área II, bússola geológica tipo Clar, lupa de bolso, canivete e ácido clorídrico, além de ferramentas digitais para *smartphone* como câmera digital e os *softwares* FieldMove Clino, Avenza Maps. Já para a coleta de dados geográficos foi utilizado o GPS Garmin Etrex-10. As descrições e representações esquemáticas foram feitas em caderneta de campo e as medidas estruturais obtidas em notação *Dip Direction/Dip.* As atividades em campo contaram com o apoio logístico de veículos e motoristas do Instituto de Geociências, e por vezes acompanhadas por professores orientadores. Ao total foram visitados 162 pontos de afloramentos descritos e geolocalizados (Fig. 1.2), além dos pontos de controle realizados com o intuito de respeitar a escala de amostragem do mapeamento em situações em que não havia rochas aflorantes no local.

As atividades em escritório consistiram na atualização e digitalização dos dados levantados em campo, e na integração dos pontos de cada dia ao mapa base integrado, de modo a construir gradualmente o mapa. Reuniões diárias contando com a presença de todas as equipes foram realizadas no intuito de atualizar os andamentos do campo, levantar discussões acerca da geologia observada e melhorar o planejamento e logística para o dia seguinte. Os 2 últimos dias de escritório foram dedicados à elaboração do mapa geológico de campo, contendo as informações coletadas por todas as equipes de maneira integrada. Nos últimos dias também foram analisadas as amostras obtidas por todas as equipes, em que as mais representativas foram destinadas à laminação.

Etapa Pós-Campo

A etapa pós campo, realizada durante os meses de agosto a dezembro de 2023 teve por objetivo a análise, descrição e interpretação dos dados coletados, concomitantemente à elaboração do presente relatório. Os dados e interpretações obtidas na etapa pré-campo foram correlacionados com as informações observadas na etapa de campo. As etapas consequentes consistiram na apresentação e defesa do trabalho em banca examinadora.

A análise petrográfica consiste em um conjunto de processos empregados para a observação, descrição e interpretação de feições das rochas em microescala. O emprego destes processos foca na obtenção de informações detalhadas sobrea a composição

mineralógica, textura, estrutura e processos, possibilitando maior compreensão acerca do significado geológico das amostras. Ao todo foram confeccionadas 102 lâminas delgadas, estas foram observadas em luz transmitida com microscópio petrográfico e descritas em fichas padrão.

A partir da interpretação integral dos dados obtidos fora definida a compartimentação tectono-estrutural do Projeto Arenópolis, com o objetivo de definir os eventos deformacionais e a evolução tectônica da região de estudo.

1.5 Aspectos Fisiográficos

O mapeamento geológico engloba diversas etapas, incluindo uma análise descritiva dos aspectos físicos superficiais da região em estudo. Esses elementos fisiográficos são considerados manifestações diretas e/ou indiretas das características geológicas locais, influenciadas, entre outros fatores, pela interação entre a geologia e o clima da área ao decorrer do espaço-tempo. A seguir, serão explorados os principais aspectos relacionados à fisiografia nas áreas do Projeto Arenópolis, com especial atenção à Área II. Envolvendo a abordagem a respeito do clima, geomorfologia, pedologia, vegetação, hidrografia, bem como o uso e ocupação do solo nessa região.

1.5.1 Geomorfologia

A área central do Brasil foi exposta aos efeitos do ciclo geomorfológico denominado Velhas (Braun, 1970), ocorrido entre o final do Oligoceno e o Pleistoceno inferior. Esse período foi marcado pelo processo de aplainamento e lateritização da superfície. Lacerda Filho et al. (2000), por meio do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, conduzido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), realizaram a segmentação geomorfológica do estado de Goiás em diversas unidades de relevo. As características predominantes dessas unidades derivam de particularidades internas que possibilitam sua distinção.

A área contemplada pelo Projeto Arenópolis se encontra em contexto geomorfológico aplainado, dominado por sistema erosivo (denudacional), representado por relevos de Morros e Colinas (MC) e Superfícies Regionais de Aplainamento (SRA) decorrentes da denudação, sendo está a morfologia predominante na área (Fig. 1.4). Estas segmentações encontram-se descritas a seguir, de acordo com a proporção de ocorrência.

Os relevos do tipo SRAIVC1, predominantes na área de estudo, são caracterizados por relevos muito aplainados, com cotas entre 250 e 400m e apresentando níveis de laterita bem desenvolvidos. Na porção leste e centro-sul ocorrem relevos do tipo Morros e Colinas, representando porções remanescentes de litologias mais resistentes à erosão. Além destes, ocorrem em menor proporção relevos do tipo SRAIIIC, representado por rochas da Bacia do Paraná que desenvolvem superfícies aplainadas com cotas de altitude entre 550 e 750m.

1.5.2 Pedologia

Segundo dados do Sistema Estadual de Geoinformação do Governo do Estado de Goiás (SIEG), a cobertura pedológica da área contemplada pelo Projeto Arenópolis é discriminada em sete tipos distintos de solo, classificados em nível de grupo de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SiBCS), coordenado pela Embrapa Solos (2013), constituindo este o referencial teórico adotado no presente relatório. Os solos, são distribuídos em: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Cambissolo Háplico Distrófico, Latossolo Vermelho Acriférrico, Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Nitossolo Vermelho Eutrófico. Predominam na área do projeto os Latossolos Vermelho Distróficos, em sua porção noroeste, e Argissolo Vermelho Amarelo Distroférrico em sua porção sudeste. As demais classes estão distribuídas de maneira esparsa na área mapeada (Fig. 1.3).

Em âmbito da Área II, ocorrem quatro das sete classes supracitadas, o Latossolo Vermelho Distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Nitossolo Vermelho Eutrófico, segundo a proporção de ocorrência na mesma.

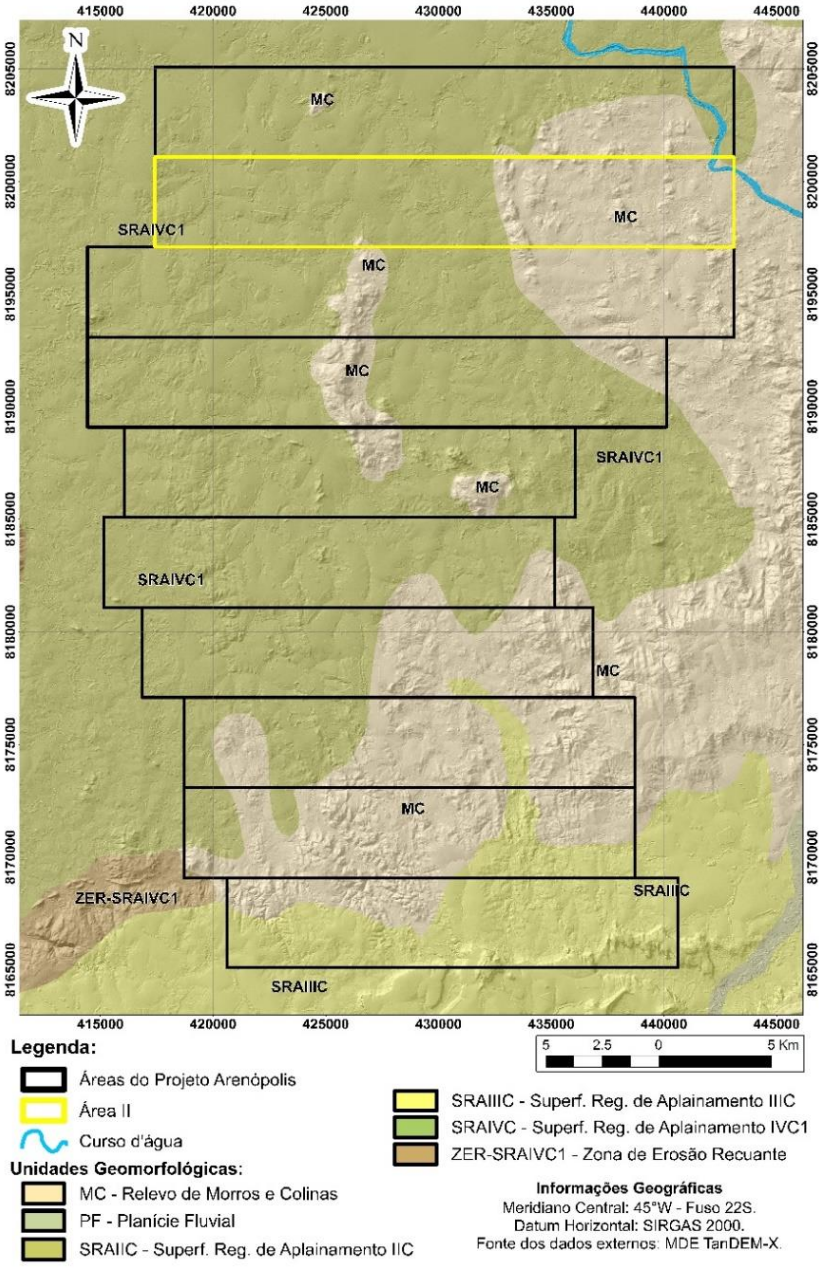


***Figura 1.4**. Mapa Geomorfológico do Projeto Arenópolis. Fonte dos dados utilizados - SIEG-GO.*

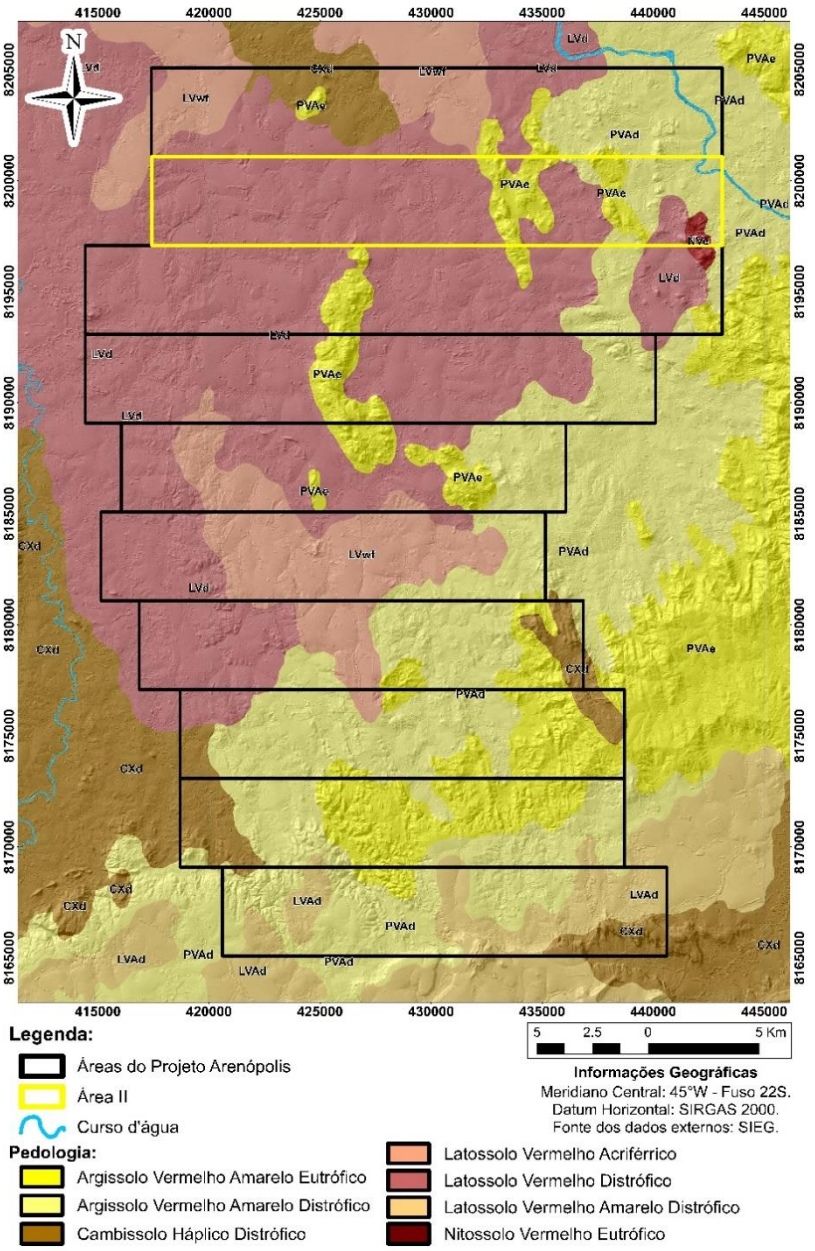


***Figura 1.3**. Mapa Pedológico do Projeto Arenópolis. Fonte dos dados utilizados - SIEG-GO.*

1.5.3 Uso, Ocupação e Cobertura Vegetal

Para análise do uso, ocupação e cobertura vegetal da área abrangida pelo projeto Arenópolis, foram elaborados mapas simplificados a partir das informações disponibilizadas pelo Projeto MapBiomas, relativos ao ano de 2022. O referido programa é responsável por gerir e disponibilizar dados anuais da cobertura terrestre brasileira.

Através da análise do mapa de vegetação e uso e ocupação do solo (Fig. 1.5), pode-se verificar que predominam as coberturas formadas por pastagem e agricultura. Estes fatores dificultam o trabalho de mapeamento geológico, tendo em vista à baixa exposição de afloramentos devido às ações antrópicas.

A vegetação remanescente concentra-se geralmente associada a regiões mais declivosas, em que ocorrem Formações Savânicas do tipo cerrado rupestre, e ao longo de cursos d'água, em que geralmente se manifestam Formações Florestais do tipo mata de galeria.

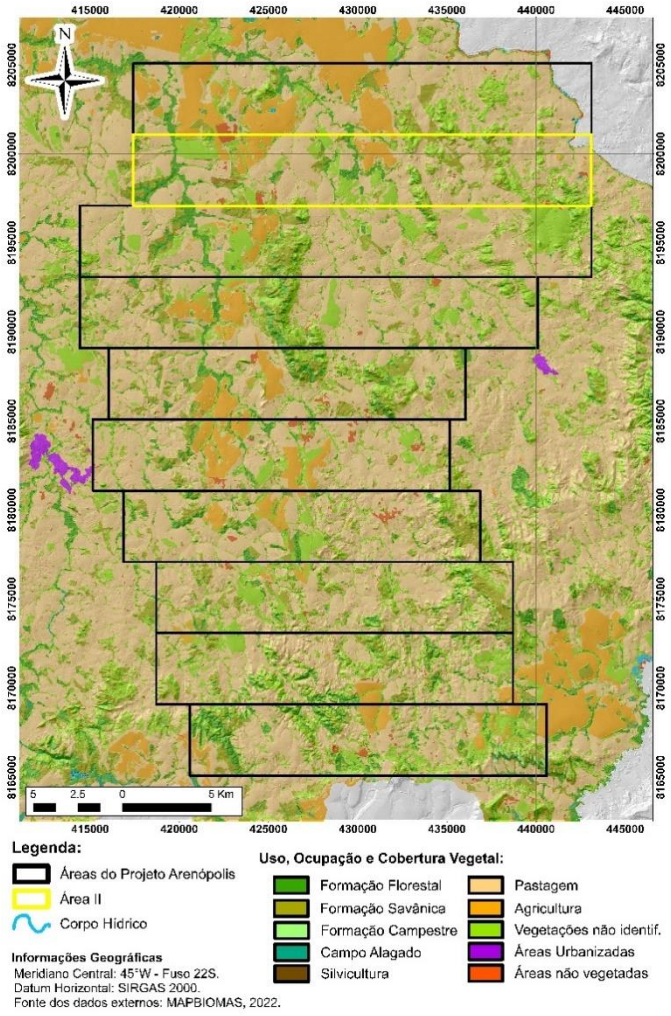


***Figura 1.5**. Mapa de Uso, Ocupação e Cobertura Vegetal do Projeto Arenópolis.*

2 Geologia Regional

A área do Projeto Arenópolis, porção ocidental do estado de Goiás, está inserida, do ponto de vista geológico, na porção sudoeste da Província Tocantins, um sistema orogênico neoproterozoico formado durante a Orogênese Brasiliana/Pan-Africana (Almeida et al., 1977, 1981).

2.1 Província Tocantins e Orogênese Brasiliana

A Província Tocantins (Almeida et al., 1977, 1981; Almeida & Hasui, 1984) é uma entidade orogênica neoproterozoica, de dupla vergência estrutural e direção geral norte-sul, com cerca de 2.000 km de comprimento e até 800 km de largura. Esse sistema orogênico é limitado pelo crátons Amazonas a oeste e São Francisco a leste, além das bacias sedimentares do Parnaíba ao norte e Paraná ao sul, englobando a Faixa de Dobramentos Brasília, bem como o Arco Magmático e o Maciço de Goiás, além das faixas Paraguai e Araguaia (Pimentel & Fuck, 1987).

A geologia do Brasil Central é em grande parte influenciada pela Orogênese Brasiliana, que resultou em uma trama de núcleos cratônicos separados por faixas de dobramentos. Essas faixas foram formadas pelo fechamento do oceano Goiás-Farusiano em decorrência da convergência dos crátons Amazônico, São Francisco-Congo, Kalahari, Rio de La Plata e do Oeste do Cráton Africano, dando origem ao Gondwana Ocidental (Pimentel et al., 2000; Cordani et al., 2013). Ao mesmo tempo, ocorreu o fechamento do oceano Moçambique, decorrente da aproximação dos escudos Núbio, Antártica, Austrália e Índia, formando Gondwana Oriental (Jonhson et al., 2011).

Os crátons e escudos que pertenciam ao Gondwana originaram-se da fragmentação do Supercontinente Rodínia, processo que teve início há cerca de 900 Ma e encerrou-se por volta de 570 Ma. Durante esse processo, complexos acrescionários e possíveis microcontinentes foram incorporados ao cinturão móvel brasiliano-panafricano (Pimentel & Fuck, 1992). Atualmente, partes desse cinturão podem ser encontradas na América do Sul, parte oeste e central da África e parte ocidental do Oriente Médio, e podem ser classificadas esses em duas principais unidades orogênicas.

Uma unidade orogênica antiga, com idades entre 900 e 650 Ma, composta principalmente por faixas de orogênese acrescionária e constituída por rochas sedimentares e magmáticas intraoceânicas com assinatura juvenil, por exemplo o Arco Magmático de Goiás (Pimentel et al, 2000; Laux et al., 2005); E uma unidade orogênica mais recente, com idades entre 700 e 520 Ma, formada pela acresção de faixas orogênicas localizadas nas margens cratônicas, compreendendo o embasamento retrabalhado e os cinturões de dobras e cavalgamentos. Essa unidade orogênica é composta por sequências ofiolíticas, prismas acrecionários e suítes magmáticas com assinaturas de arco continental, por exemplo as faixas de dobramentos Brasília, Araguaia e Paraguai.

Após o estágio colisional, desenvolveu-se uma mega-zona de cisalhamento denominada Lineamento Transbrasiliano (Schobbenhaus, 1975), expressa tanto na América do Sul quanto na África. Este lineamento é composto por diversas zonas de cisalhamento profundas que reutilizaram as zonas de fraquezas litosféricas geradas pelo estágio de colisão continental. Estas zonas de cisalhamento podem se estender até a base da litosfera *(sub-continental lithospheric mantle*-SCLM), agindo como condutos para o manto ascender e fundir o material litosférico, originando um magmatismo bimodal e granitos do Tipo A (Vauchez & Tommasi, 2003; Pirajno, 2010; Marques, 2017), por exemplo o Granito Serra Negra, com idade datada em cerca de 525 Ma (Guimarães et al., 2012).

2.2 Compartimentação da Faixa de Dobramentos Brasília

A Faixa de Dobramentos Brasília, também conhecida como Orógeno Brasília, é o principal cinturão de dobras e cavalgamentos pertencente à Província Tocantins, localizada na margem oeste do Cráton São Francisco. Esse cinturão possui complexas variações longitudinais, e teve sua compartimentação tectônica separada em Zonas Cratônica, Externa e Interna, Arco Magmático de Goiás e microcontinente/Maciço de Goiás (Fuck, 1994) (Fig. 2.1). Essa compartimentação, proposta por Fuck (1994), será a adotada nesse relatório.

Posteriormente, Ulhein et al. (2013) subdividem a Faixa de Dobramentos Brasília tanto em Segmentos Setentrional, com estruturação principal NE-SW, e Meridional, com estruturação predominante NW-SE, quanto em Domínios Cratônico, Externo e Interno. Também observam um aumento progressivo do metamorfismo e da deformação no sentido E-W e vergência contrária, em direção ao Cráton São Francisco.

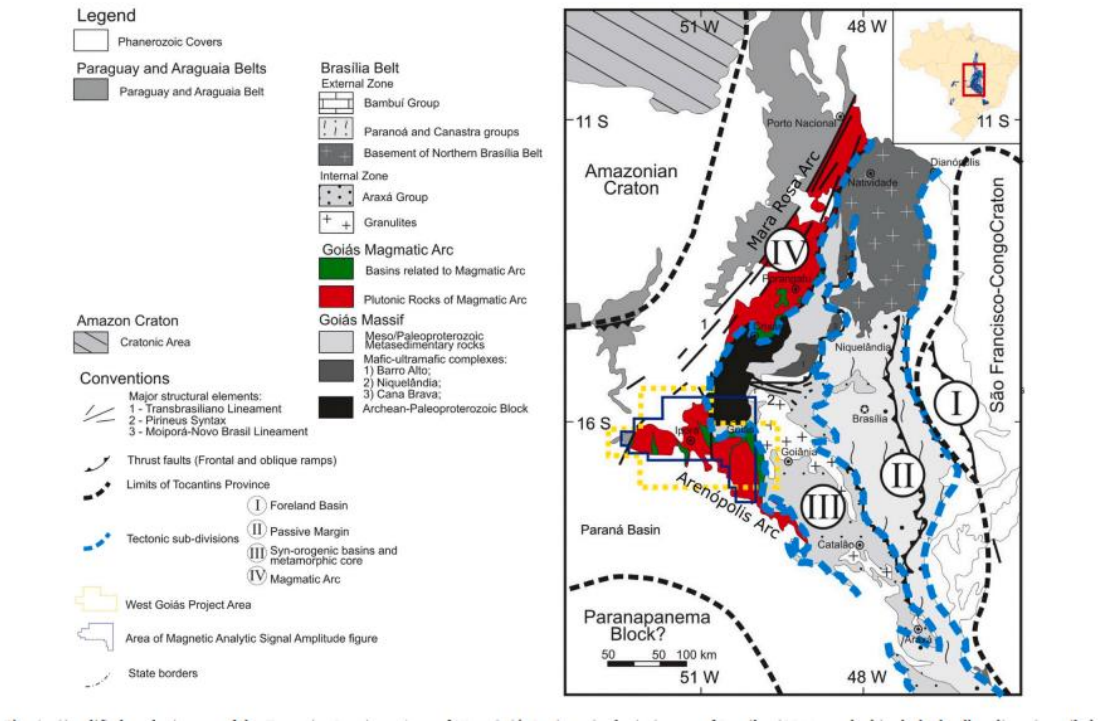


Figura 2.1. *Mapa geológico simplificado da Província do Tocantins. Área do Projeto Oeste de Goiás, Levantamento Geológico do Brasil – CPRM, marcada em linha amarela tracejada. Compilado e modificado de Fuck et al.,1994; 2017; Carneiro, 2021).*

Zona Cratônica

A zona cratônica é formada pôr exposições do embasamento (e.g., São Domingos e Formiga) e extensas coberturas fanerozoicas e pré-cambrianas (e.g., grupos Paranoá e Bambuí). O Grupo Paranoá consiste em sedimentos terrígenos e carbonáticos típicos de margem passiva, expostos ao longo/entre falhas inversas (Alvarenga & Dardenne, 1978; Laranjeira & Dardenne, 1993). O Grupo Bambuí recobre o Grupo Paranoá e pode ser caracterizado pelos depósitos glaciais da Formação Jequitaí, sucedidos por sequência pelítico-carbonatada do Subgrupo Paraopeba e pelo pacote sedimentar da Formação Três Marias, depositados em mar

epicontinental. Já os sedimentos do topo são imaturos e representam restos de cunha clástica depositada em bacia de antepaís (Guimarães, 1993).

Zona Externa

A compartimentação da zona externa é definida por unidades metassedimentares pertencentes aos grupos Paranoá, Canastra e das até então formações Vazante e Ibiá, além de porções do embasamento, ambas estruturadas em um cinturão de dobras e empurrões de antepaís. É importante ressaltar que posteriormente a Formação Vazante foi redefinida passando a ter o status de grupo (Darnenne et al., 1998), assim como o Grupo Ibiá (Pereira et al., 1994).

Na porção norte (setentrional), a cobertura metassedimentar é composta por uma estreita faixa deformada e metamorfizada das unidades psamo-pelíticas e carbonáticas mais superiores do Grupo Paranoá (Marini & Fuck, 1981). O embasamento encontra-se exposto no restante do setor (e.g., terrenos granito-gnáissicos, associações vulcano-sedimentares, Formação Ticunzal, grupos Araí e Serra da Mesa, granitos estaníferos). Mais ao sul dessa porção, região que abrange o Distrito Federal, aumentam as exposições do Grupo Paranoá, compondo um domínio tectônico supracustral com predomínio de dobras flexurais de deslizamento, zonas de cisalhamento rúptil e interferência com sistemas transcorrentes (Fonseca & Dardenne, 1994). A porção norte da zona externa é limitada a oeste por zonas de cisalhamento de baixo ângulo, contexto em que se observa inversão litoestratigráfica, onde as rochas máficas-ultramáficas granulitizadas dos complexos Cana Brava, Niquelândia e Barro Alto cavalgam sobre os terrenos granito-gnaissícos milonitizados que, por sua vez, encontram-se sobrespostos tectonicamente ao Grupo Paranoá.

Já na porção sul da Faixa Brasília (meridional), a zona externa é composta por rochas metassedimentares dos grupos Vazante, Ibiá e Canastra, também estruturadas em um sistema de dobras e cavalgamentos, e pode ser caracterizada por extensas descontinuidades tectônicas longitudinais, com vergência voltada para o cráton. Consiste em um pacote sedimentar típico de margem passiva, incluindo sequências pelíticas e pelitíco-carbonatadas com estromatólitos de barreira recifal (Grupo Vazante) e filitos carbonosos e sequências siliciclásticas (Grupo Canastra) (Silva &

Dardenne, 1994). Essa porção da zona externa é limitada por um *front* de *nappes* e empurrões que coloca tectonicamente o Grupo Araxá sobrepondo os grupos Ibiá e Canastra, respectivamente.

Zona Interna

A compartimentação da zona interna foi associada às unidades alóctones de micaxistos e rochas associadas, atribuídas ao Grupo Araxá, incluindo áreas de exposição do embasamento. Em sua maioria, essas rochas são derivadas de sedimentos distais, com carácter turbidítico, e associadas a atividade vulcânica.

Fuck (1994) trata a estruturação da zona interna como objeto de controvérsias, onde a deformação associada ao Grupo Araxá apresenta a mesma assinatura cinemática reconhecida para as rochas da zona externa. Ao norte, as rochas do grupo Araxá apresentam características de *mélange* ofiolítica (Drake Jr., 1980, Strieder & Nilson, 1992; 1993), e estão associadas a rochas da Sequência Maratá, derivada de materiais ígneos subvulcânicos e vulcânicos de idade toniana.

Na porção a extremo sul, a estruturação é de imbricamento tectônico, expressa pela *nappe* Araxá-Canastra sobreposta ao sistema de cavalgamentos Ilicínea-Piumhi, que por sua vez também foi empurrado sobre o domínio autóctone, representado pelo Cráton São Francisco e sua cobertura (Simões & Valeriano, 1990; Valeriano, 1993). A *nappe* é composta por depósitos de origem plataformais na base (e.g. metapelitos, mármores, quartzitos) passando de modo gradacional para sedimentos mais imaturos (e.g. micaxistos, paragnaisses), intercalados com anfibolitos. Já o sistema Ilicínea-Piumhi trata-se de um conjunto imbricado de lentes tectônicas, com transporte com topo para leste, constituídas por rochas metassedimentares siliciclásticas e seu embasamento, além de rochas do Grupo Bambuí.

2.2.1 Arco Magmático de Goiás

O Arco Magmático de Goiás (AMG) constitui um dos mais importantes componentes da Faixa de Dobramentos Brasília, no Brasil Central. A descoberta de várias unidades juvenis de rochas metavulcânicas e de ortognaisses possibilitou a delimitação da evolução geológica desta porção do Orógeno Brasília (Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel et al., 1997; Viana et al., 1995; Rodrigues et al., 1999). O AMG é uma faixa de acresção crustal neoproterozóica com aproximadamente 100km de direção NNE, formado entre 930 e 600 Ma, em resposta da obliteração oceânica, convergência e colisão continental entre os paleocontinentes Amazônico e São Franscisco-Congo (Pimentel et al., 1997). Os modelos do Arco Magmático de Goiás permitiram a delimitação de dois segmentos: segmento sul do AMC, Arco de Arenópolis (Pimentel, 1985; Pimentel & Fuck, 1992) e segmento norte, Arco de Mara Rosa (Pimentel et al., 2000; Matteini et al., 2010), que, no atual nível de erosão, possuem seu magmatismo representado por rochas metaplutônicas com composições que variam de tonalítica a granodiorítica (Pimentel, 2000).

2.2.2 Maciço de Goiás

O Maciço de Goiás situa-se na região central do Brasil, primeiramente correspondendo a associação dos complexos granito-gnáissicos (TTG) Uvá, Caiçara, Caiamar, Moquém e Hidrolina, com os *greenstone belts* Crixás, Guarinos, Pilar de Goiás, Faina e Serra de Santa Rita (Pimentel et al., 2000). Posteriormente a compartimentação tectônica do Maciço de Goiás passou a englobar quatro domínios distintos, e, essa associação de complexos granito-gnáissicos e *greenstone belts*, citada anteriormente, passou a ser referida como "Domínio Crixás-Goiás", um dos quatro domínios compartimentados. Os demais domínios foram classificados como Domínio Campinorte; Domínio Cavalcante-Arraiais e Domínio Almas-Conceição do Tocantins (Cordeiro, 2014) (Fig. 2.2).

É importante ressaltar que os termos Complexo Basal (Almeida, 1967), Complexo Basal Goiano (Hasui & Almeida, 1970), Complexo Granito-Gnáissico (Cordani & Hasui 1975) e Maciço Mediano de Goiás (Almeida, 1976) são entendidos nesse relatório como sinônimos para Maciço de Goiás (Almeida, 1984).

Os primeiros trabalhos nas regiões de Crixás, Guarinos e Pilar de Goiás classificaram os derrames ultrabásicos e básicos como base do Grupo Araxá,

enquanto o primeiro modelo estratigráfico dos *greenstone belts* foi realizado no Grupo Pilar de Goiás (Danni & Ribeiro, 1978), subdividido posteriormente em formações Córrego do Alagadinho, Rio Vermelho e Ribeirão das Antas (Saboia, 1979).

Esses terrenos arqueno-paleoproterozoicos são fragmentos alóctones exóticos que passaram por uma evolução crustal longa e complexa durante a Orogênese Brasiliana (Fuck, 1994).

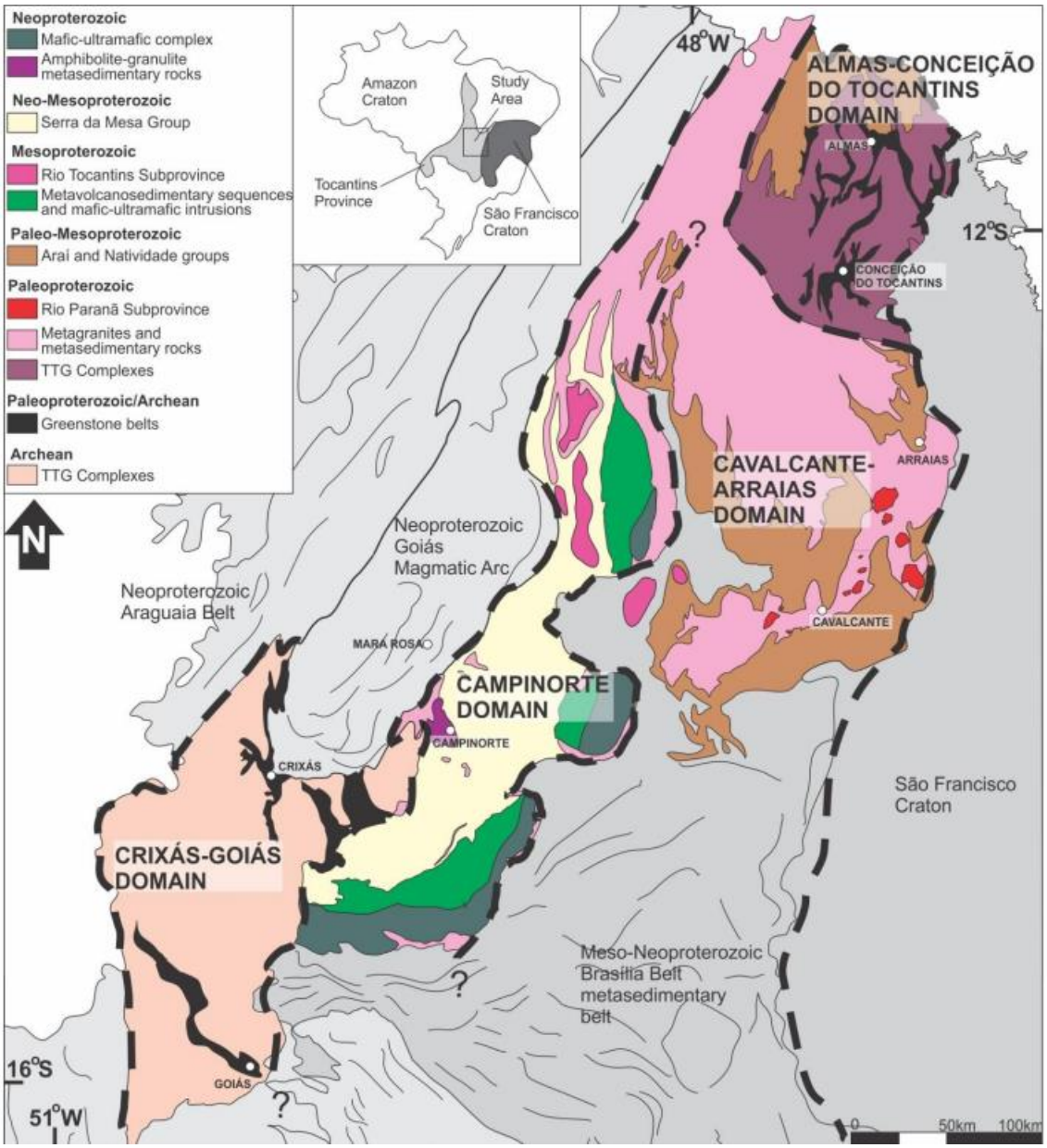


Figura 2.2. *Mapa de domínios do Maciço de Goiás (adaptado de Fuck et al., 2014).*

2.3 Arco Magmático de Arenópolis

O Arco de Arenópolis compreende áreas que vão de Bom Jardim do Goiás até Edéia, composto por ortognaisses cálcio a calcialcalinos, granitos milonitizados e pelas sequências metavulcanossedimentares (Pimentel & Fuck, 1992). As sete sequências metavulcanossedimentares de idades distintas, de oeste para leste são: Bom Jardim de Goiás (ca. 750 Ma), Arenópolis-Piranhas (ca. 929 Ma), Iporá-Amorinópolis (ca. 630 Ma), Jaupaci (ca. 747 Ma), Mossâmedes (ca. 900 Ma), Adelândia (<630 Ma) e Anicuns-Itaberaí (ca. 830 Ma), separadas entre si por rochas metaplutônicas de composição tonalítica a granodiorítica, formadas em ambiente de arcos insulares e continentais (Rodrigues et al., 1999, Laux et al., 2005, Guimarães et al., 2012, Marques, 2017).

As unidades supracrustais e ortognáissicas que constituem este segmento estão justapostas ao longo de uma importante falha *strike-slip* de direção NNE a NNW, pertencente aos lineamentos do Transbrasiliano de escala continental (Schobbenhaus, 1975). Grandes corpos graníticos tardi- a pós-orogênicos, ricos em potássio, intrudiram o arco ao final do Neoproterozoico e início do Paleozoico. Intrudindo as sequências ocorrem diversos *sills*, diques e *stocks*, associados à Suíte Sudoeste de Goiás (Danni & Campos, 1994). Subordinadamente, ocorrem intrusões de corpos alcalinos com orientação preferencial noroeste, que estão associados à Província Alcalina de Goiás (Junqueira & Brod et al., 2004).

Sobrepondo parcialmente as rochas de origem pré-cambriana ocorre uma bacia intracratônica, denominada Bacia do Paraná. A bacia também apresenta vestígios de uma intensa atividade vulcânica fissural, sob a forma de soleiras e diques diabásicos (Milani & Thomaz Filho, 2000).

2.4 Estratigrafia e Unidades abordadas pelo Projeto Arenópolis 2023 (PA-2023)

As unidades abordadas pela área total do Projeto Arenópolis (Figs. 2.4 e 2.5), presentes no contexto do Arco Magmático de Goiás, serão apresentadas nesse capítulo em ordem geocronológica a partir da coluna tectono-estratigráfica (Fig. 2.3), conforme a revisão bibliográfica indicada. As unidades que afloram na área II englobam as rochas das unidades: Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas; Gnaisse Arenópolis; Granito Serra do Iran; Granito Rio Caiapó e Suíte Alcalina de Goiás.

Os terrenos pré-cambrianos da região oeste de Goiás são, de modo geral, constituídos por um conjunto de suítes de rochas metavulcânicas e ortognássicas justapostas ao longo de zonas de cisalhamento verticais e subverticais do tipo *strike-slip* de direção NNE a NNW (Pimentel, 1992).

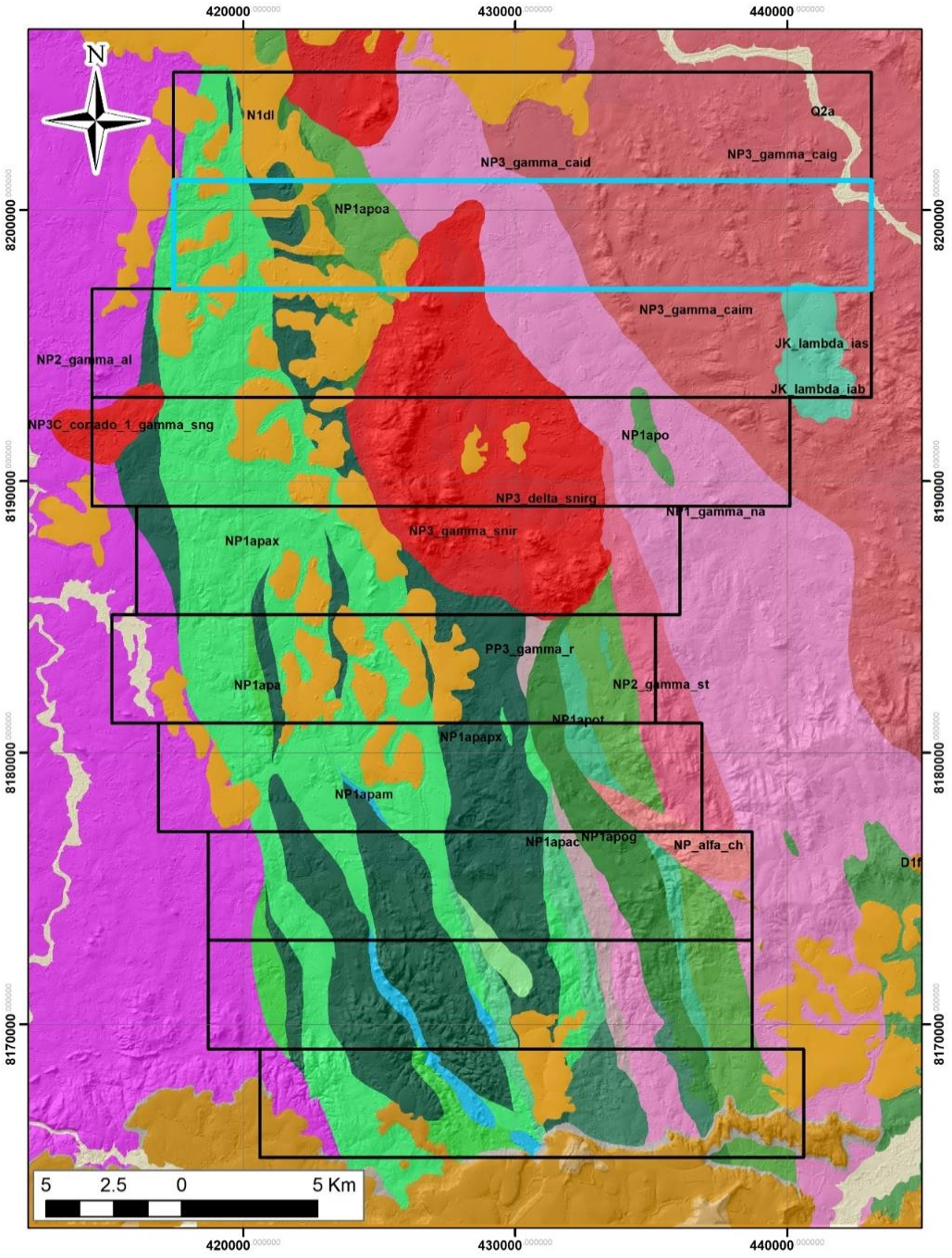


Figura 2.4. *Mapa das Unidades Litoestratigráficas abordadas pelo PA 2023.*

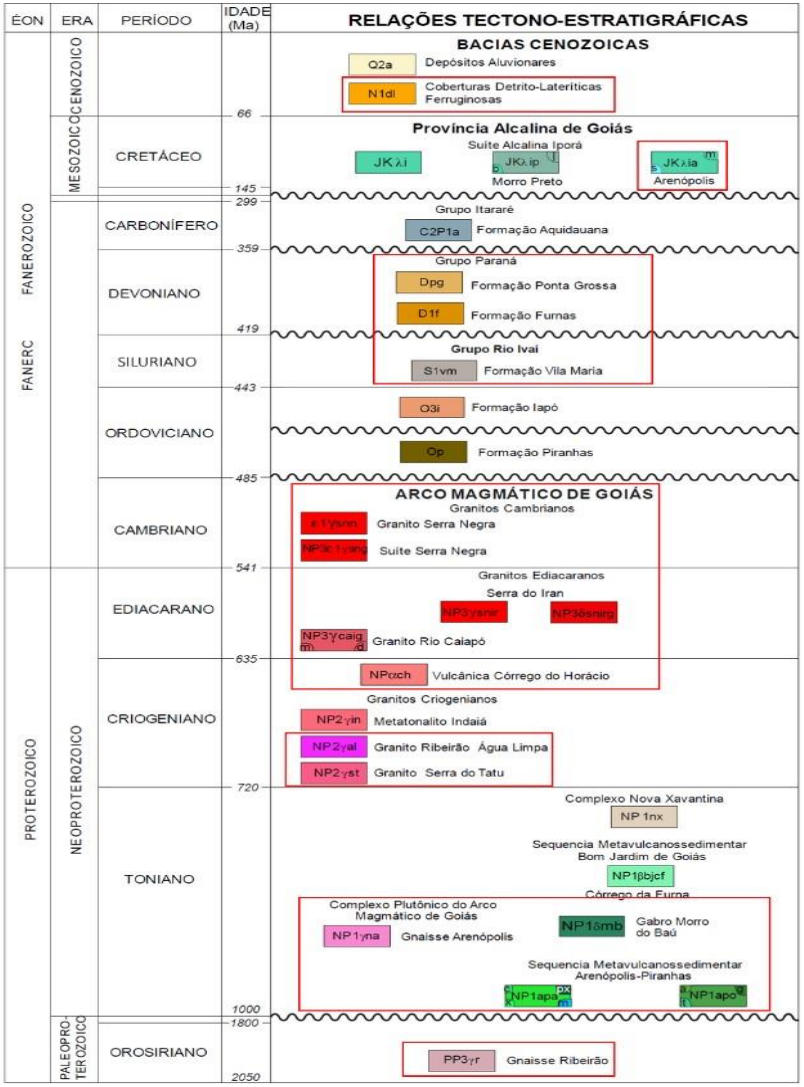


Figura 2.3*. Coluna Tectono-Estratigráfica com as unidades abordadas pelo PA 2023.*

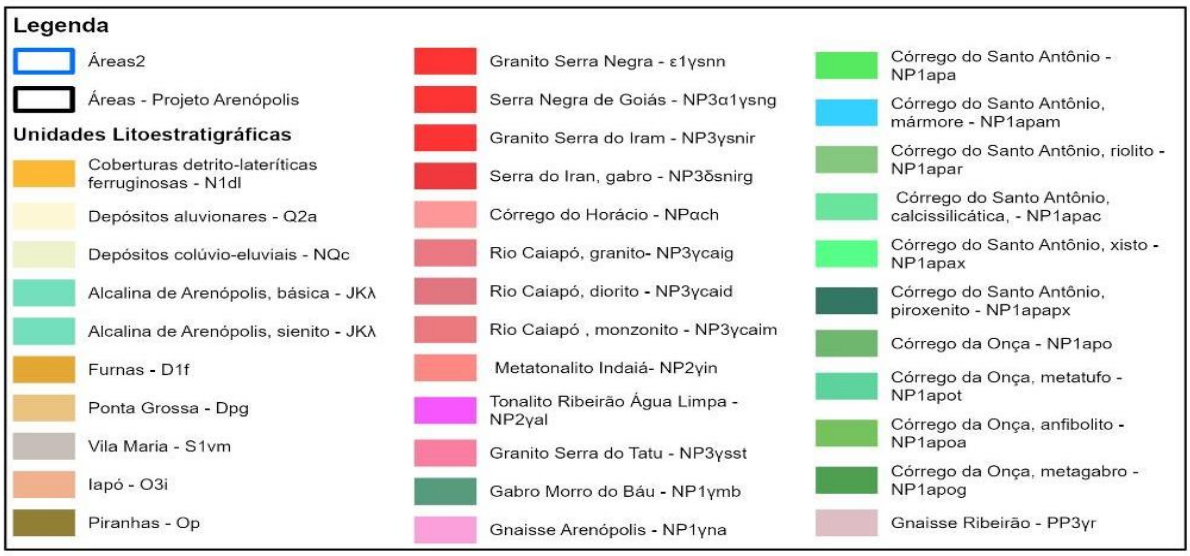


Figura 2.5. *Legenda das Unidades Litoestratigráficas abordadas pelo PA 2023.*

2.4.1 Rochas Orosirianas

Gnaisse Ribeirão

O Gnaisse Ribeirão está exposto ao longo de uma estreita faixa, limitada por falhas, que separa as unidades Córrego da Onça e Córrego do Santo Antônio, da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas (Pimentel, 1985; Pimentel & Fuck, 1987).

Os gnaisses ocorrem como blocos de rocha rosada a cinza-esverdeada, com bandamento fino e localmente migmatizada. São compostos por bandas granoblásticas, constituídas de quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio, intercaladas com níveis lepidoblásticos, localmente porfiroblásticos, marcados por filmes de biotita cloritizada, associada à muscovita e cristais maiores de granada. Sua assembleia mineral é compatível com protólito de muscovita-biotita sienogranito. Exibem ainda aglomerados de epidoto ao longo de palhetas de minerais micáceos. Zircão assinala a fase acessória.

Segundo Pimentel (1992) os isótopos de Sm e Nd indicam que o material original do gnaisse é residente na crosta continental desde épocas arqueanas. Isócronas rocha-total Rb-Sr e Pb-Pb indicam reajuste isotópico desses sistemas no Paleoproterozoico, 1816 ± 110 Ma e 1881 ± 230 Ma, respectivamente, enquanto o sistema Sm-Nd rocha-total revela um evento re-homogeneizador ainda mais jovem, 820 ± 220 Ma.

O re-equilíbrio do sistema Sm-Nd durante o Neoproterozóico é, a grosso modo, contemporâneo com um importante evento tectono-termal caracterizado por intensa atividade magmática em ambientes do tipo arcos-de-ilhas e que originou uma série de unidades vulcanossedimentares e ortognáissicas no oeste de Goiás, como a Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas e o Gnaisse de Arenópolis (Pimentel, 1992).

2.4.2 Rochas Tonianas

Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas

Em um primeiro momento, os xistos e anfibolitos que afloram entre as cidades de Arenópolis e Piranhas foram relacionados ao Grupo Araxá (Pena & Figueiredo, 1972; Pena et al., 1975; Faria et al., 1975). Posteriormente a história deformacional e metamórfica dessas rochas foi correlacionada à de outras sequências, com assinatura de arco magmático, como as de Bom Jardim, Amorinópolis e Iporá (Pimentel, 1985).

A Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas foi dividida em duas unidades separadas por uma faixa de gnaisses expostos ao longo do córrego Ribeirão. A leste afloram as rochas da Unidade Córrego da Onça e, a oeste, da Unidade Córrego do Santo Antônio (Pimentel, 1985; Pimentel & Fuck, 1986).

As rochas da sequência afloram ao longo de uma faixa de direção NNW, a leste estão contato com os granitos da Serra do Tatu e as rochas do Gnaisse Arenópolis, e, a oeste, com os granitos Ribeirão Água Limpa. Os granitos da Serra do Iran intrudem as rochas da sequência, imprimindo metamorfismo de contato e interações metassomáticas do tipo *skarn*. Diques félsicos cortam a porção leste, onde os anfibolitos da sequência estão recobertos pelos tufos da unidade Córrego do Horácio. A sul, este conjunto é recoberto por diamictitos da Formação Vila Maria.

Pelo fato de a região apresentar-se muito arrasada e intemperizada, a exposição de áreas de afloramento é dificultada, especialmente em relação às rochas da Unidade Córrego do Santo Antônio.

Unidade Córrego do Santo Antônio

As rochas da Unidade Córrego do Santo Antônio compõem a porção ocidental da Sequência Arenópolis-Piranhas. A unidade é composta por pacotes de rochas metassedimentares dobradas, representadas por conjuntos de xistos, ocasionalmente intercalados com lâminas de metatufo e lentes de rochas calcissilicáticas.

Corpos máfico-ultramáficos ocorrem entre esses conjuntos metassedimentares, são alongados em direção paralela à foliação principal e compostos por sequências

acamadadas de metapiroxenitos e metaperidotitos, serpentinizados, seguidos por faixas de metagabros e anfibolitos.

O sistema isotópico U-Pb de grãos de zircão de amostra de metagrauvaca, associada à Unidade Córrego do Santo Antônio, indicou distribuição unimodal, com pico na população mais jovem, e idade mínima a de deposição de cerca de 893 Ma. (Pimentel et al., 1991 Pimentel & Fuck, 1992; Pimentel et al., 2003).

Unidade Córrego da Onça

As rochas da Unidade Córrego da Onça compõem a porção oriental da Sequência Arenópolis-Piranhas e são constituídas majoritariamente por rochas vulcânicas. Em sua porção norte, faz contato com os micaxistos da sequência por meio de falha de alto ângulo. As rochas desta unidade, apesar de intensamente foliadas, apresentam a seguinte organização, de leste a oeste: anfibolitos, seguidos de faixas de metatufos intermediários a ácidos, com lentes de rochas metassedimentares expostas na porção mais ocidental.

Já as rochas metaultramáficas, de origem plutônica, afloram em contato tectônico com o Gnaisse Ribeirão e podem representar lascas ofiolíticas.

A análise isotópica K-Ar realizada em anfibolito forneceu idade de 859 ± 43 Ma (Hasui & Almeida, 1970). O método isotópico Pb-Pb, em amostras de zircão, indicou idade de cristalização para o metarriolito de cerca de 877 Ma (Pimentel et. al, 2003).

Gnaisse Arenópolis

Primeiramente, as rochas plutônicas, metamorfizadas em fácies anfibolito, expostas nas proximidades de Arenópolis foram atribuídas ao Complexo Basal (Pena & Figueiredo, 1972; Pena et al., 1975; Faria et al., 1975; Ianhez et al., 1984). Posteriormente, essa faixa de hornblenda gnaisses foi denominada Gnaisse Arenópolis, correlacionando-o com os gnaisses da região de Matrinxã e Sanclerlândia (Pimentel et al., 1991).

As rochas do Gnaisse Arenópolis estão expostas em extensa faixa de direção NNW, com cerca de 60 km de comprimento, em região arrasada. Afloram como blocos isolados, e, por vezes, em pequenos lajeiros em pasto. Ocorrem, a oeste, como corpos intrusivos nos metabasaltos da Unidade Córrego da Onça, com enclaves de anfibolitos. Já a sul, as rochas sedimentares da Bacia do Paraná sobrepõem esses gnaisses.

A oeste, afloram rochas de composição gabróica formadas por hornblenda, plagioclásio e clinopiroxênio, e, por vezes, são intrudidas por rochas graníticas, relacionadas a pulsos magmáticos tardios, resultando em veios potássicos e epidozíticos, eventualmente com halos de alteração hidrotermal. A deformação é marcada por feições de cristalização de subgrãos e migração de borda em plagioclásio, indicando condições de metamorfismo em fácies anfibolito.

A estruturação da Unidade Gnaisse Arenópolis consiste em faixas de gabro e diorito milonitizados, granodiorito estirado e granitos deformados, indicando fracionamento do magma parental, iniciado pela cristalização dos termos mais básicos, com sucessivos pulsos de intrusão cada vez mais ácida, em uma série cálcio-alcalina (Lameyre; Bowden, 1982).

Regressão de análises de isótopos de U e Pb em zircão e titanita forneceu idade de 899 ± 7 Ma, no intercepto superior, e de 637 Ma, no intercepto inferior, entendidas como idades de cristalização e de metamorfismo, respectivamente (Pimentel et al., 1991).

Complexo Intrusivo Máfico-Ultramáfico Morro do Baú

As pequenas intrusões gabróicas nas rochas da Sequência Arenópolis-Piranhas foram descritas por Pimentel (1985). Destaca-se o corpo que aflora próximo ao Morro do Baú, dando o nome dessa feição topográfica à intrusão gabróica (Pimentel et al., 2003).

A área de afloramento dessas rochas está associada a relevos ondulados e solos vermelho argilosos. Ocorrem, de maneira geral, como blocos de gabro a quartzo-diorito melanocráticos, pouco ou não deformados. Enclaves de anfibolitos finos demonstram o caráter intrusivo em relação à Sequência Arenópolis-Piranhas.

Pimentel et al. (2003) analisaram cristais de zircão do Gabro Morro do Baú, os quais forneceram idades concordantes de 890 ± 8 Ma, relacionadas com a idade de cristalização dessas rochas.

2.4.3 Granitos Criogenianos

Granito Serra do Tatu

De maneira similar às rochas da Unidade Gnaisse Arenópolis, as metaplutônicas da Unidade Granito do Tatu foram também, em um primeiro momento, agrupadas no Complexo Basal (Pena & Figueiredo, 1972; Pena et al., 1975; Faria et al., 1975; Ianhez et al., 1984). Posteriormente, Pimentel (1985) individualizou essas rochas, diferenciando-as dos hornblenda gnaisses pertencentes ao Gnaisse Arenópolis.

Essas rochas estão expostas em uma faixa de aproximadamente 13 quilômetros de comprimento e 2 quilômetros de largura, aflorando principalmente como blocos e matacões, relacionados a relevos ondulado e solos de textura arenosa de coloração clara. Apresenta contatos por falhas, a leste, com as rochas do Gnaisse Arenópolis e, a oeste, com os anfibolitos da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. São intrudidos ao norte pelos granitos da Serra do Iran e ao sul cortados e recobertos por tufos ácidos da unidade Córrego do Horácio.

A unidade Granito Serra do Tatu é representada por rochas leucocráticas, acinzentadas, milonitizadas a cataclasadas, e por vezes com bandamento gnáissico. A partir da análise de quatro amostras, pelo método Rb-Sr, Pimentel et al. (1985) calcularam isócrona com idade de 692 ± 110 Ma.

Granito Ribeirão Água Limpa

As rochas dessa unidade também foram inicialmente agrupadas no Complexo Basal (Pena & Figueiredo, 1972; Pena et al., 1975; Faria et al., 1975; Ianhez et al., 1983). Posteriormente, Pimentel (1985) e Pimentel e Fuck (1986) descreveram granitos porfiríticos, levemente deformados e os correlacionaram ao Granito Rio Caiapó.

O Projeto Geologia e Metalogenia da Porção Oeste de Goiás (CPRM) relacionou três conjuntos de granitoide à Unidade Granito Ribeirão Água Limpa: tonalitos a granodioritos leucocráticos, granitos cinza a cinza-esverdeados, e granitos porfiríticos róseo-esverdeados. Estes últimos correspondem aos granitos descritos por Pimentel e Fuck (1986).

A Unidade Granito Ribeirão Água Limpa aflora preferencialmente ao longo do vale do Rio Piranhas, recoberta por espessas camadas de solo, dificultando a observação de suas relações de contato. Todavia, a leste, parecem fazer contato com as rochas da Sequência Arenópolis-Piranhas, por falha, e, a oeste, serem intrudidos pelos granitos da Suíte Serra Negra. A sul, estão cobertas por rochas sedimentares fanerozoicas da Bacia do Paraná.

A análise isotópica, realizada em cristais de zircão de tonalito leucocrático, indicou idade de cristalização de 639 ± 3 Ma e forte contaminação crustal assinalada por cristais mais velhos (Haatingh et al., 2019).

Rochas Vulcânicas e Subvulcânicas Ácidas Córrego do Horácio

Pimentel (1985) e Pimentel e Fuck (1986) são responsáveis pelas primeiras descrições de metatufos riolíticos, pouco ou não deformados, que afloram em meio às rochas da Unidade Córrego da Onça. Apesar da ausência de deformação, os autores individualizaram essas rochas como parte da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, posicionando-a no topo da unidade. O Projeto Geologia e Metalogenia da Porção Oeste de Goiás (CPRM) propõe que essa associação de rochas metavulcânicas e metatufáceas, intermediárias a ácidas, compõe uma unidade particular, denominada de Rochas Vulcânicas Córrego do Horácio.

Os tufos cobrem as rochas da Sequência Arenópolis-Piranhas, Gnaisse Arenópolis e Granito Serra do Tatu. Já Pimentel e Fuck (1986) indicaram que os metarriolitos ocorrem também em diques, intrudindo as rochas da Sequência Arenópolis-Piranhas e do Granito Serra do Tatu.

As rochas da Unidade Rochas Vulcânicas Córrego do Horácio são compostas por granodioritos subvulcânicos e metatufos dacíticos rosados a róseo-esverdeados, por vezes, marcados por intensa venulação epidozítica. Afloram em forma de blocos esparsos em meio ao pasto e ao longo de corte de estradas vicinais, por vezes bastantes intemperizados.

2.4.4 Granitos Ediacaranos

Granito Serra do Iran

Pena e Figueiredo (1972) e Pena et al. (1975) realizaram as primeiras descrições do batólito intrusivo entre as cidades de Piranhas e Arenópolis. Esses autores descreveram granito leucocrático, rosado, isótropo, de granulação média a grosseira, com fenocristais de microclínio róseo com até 3 cm de comprimento, e o denominaram "Granito de Areianópolis", relacionado ao Granito Serra Negra.

Pimentel e Fuck (1987) propõem duas fases composicionalmente distintas para os Granitos Serra do Iran. A primeira, representada por gabros e quartzo-monzodioritos de granulação média e isotrópicos, e, uma fase posterior, em que essas rochas são intrudidas por granitos potássicos, equigranulares, com características texturais e minerais semelhantes ao Granito Serra Negra.

A unidade aflora entre as cidades de Arenópolis e Piranhas, formando uma serra alongada de direção norte-sul (Serra da Margarida ou Serra do Iran). As rochas ocorrem como matacões ao longo da serra e em lajedos, ao longo das drenagens. A intrusão desses granitos nas rochas supracrustais da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas é marcada por metamorfismo de contato e metassomatismo do tipo *skarn.*

Pimentel et al. (1985) geraram isócrona Rb-Sr e obtiveram idade de 564 ± 5 Ma, interpretada como idade de cristalização. Posteriormente, Pimentel et al. (1996) apresentaram idade Rb-Sr de 588 ± 19 Ma para o mesmo corpo.

Granito Rio Caiapó

De maneira similar às intrusões sin-tectônicas descritas no Projeto Arenópolis, granitos Serra do Tatu e Ribeirão Água Limpa, as rochas plutônicas expostas ao longo do vale do Rio Caiapó foram primeiramente agrupadas no Complexo Basal (Pena & Figueiredo, 1972; Pena et al., 1975; Faria et al., 1975; Ianhez et al., 1984). Posteriormente, Pimentel e Fuck (1987) sugeriram que os dioritos, granodioritos e granitos compõem um batólito e registram pelo menos três pulsos magmáticos.

As rochas dessa unidade compõem relevos ondulados a fortemente ondulados, formando feições como as serras do Retiro Velho, do Mosquitão e a Serra Talhada. São expostas principalmente como matacões, mas podem aflorar também em lajedos.

A leste, o batólito faz contato com os metagranitoides Ribeirão Santo Antônio, por falhas, e, a oeste, exibe enclaves de hornblenda gnaisse, sugerindo que o granito seja intrusivo nas rochas do Gnaisse Arenópolis. De maneira posterior, as rochas do Granito Rio Caiapó foram recobertas por arenitos esbranquiçados da Formação Furnas e intrudidas pelas rochas relacionadas ao Corpo Alcalino Arenópolis.

Os principais litotipos do batólito são classificados como sieno e monzogranitos, que intrudem as rochas do Gnaisse Arenópolis, bem como dioritos, possivelmente do próprio Granito Rio Caiapó. Subordinadamente ocorrem quartzo-sienitos e quartzo-monzonitos. Os granitos exibem foliação incipiente, são localmente maciços, e apresentam milonitização nas bordas do corpo.

Hasui e Almeida (1970) analisaram o sistema isotópico K-Ar em biotita e obtiveram idade de 522 ± 16 Ma. Já Pimentel et al. (1985) e Pimentel et al. (1996) realizaram duas análises isotópicas Rb-Sr, que forneceram idades de 568 ± 10 Ma e 587 ± 17 Ma.

2.4.5 Rochas Fanerozoicas

Granitos Cambrianos – Suíte Serra Negra

A Suíte Serra Negra é constituída por uma série de corpos e batólitos graníticos calcio-alcalinos representados principalmente por biotita sienogranitos a monzogranitos, leucocráticos. Essas rochas apresentam coloração rosa claro e foliação milonítica, quando sob influência do Lineamento Transbrasiliano (Ianhez et al., 1983; Pimentel et al., 1987; Lacerda Filho et al., 1994).

O Granito Serra Negra se destaca entre os batólitos da suíte, com aproximadamente 28 Km de extensão, situado nas proximidades de Bom Jardim de Goiás e prosseguindo até a cidade de Piranhas. A geração deste granito, classificado como biotita sienogranito, está relacionada aos estágios finais da evolução do Arco magmático de Goiás (Guimarães, Moura & Dantas, 2012). Ocorre como lajedos e blocos decamétricos, no leito de rios perenes e córregos intermitentes, em corte de rodovias e estradas vicinais.

Pimentel e Fuck (1994) geraram isócrona Rb-Sr e obtiveram idade de 508 ± 18 Ma. Já datações U-Pb em zircão obtiveram idade de cristalização de 538 ± 17 Ma (Guimarães, 2007).

Bacia do Paraná

As primeiras sistematizações da estratigrafia da Bacia do Paraná (BP) são relacionadas a White (1908). Por sua vez, Zalán et al. (1991) reconheceram dois estilos estruturais maiores que influenciaram a deposição dos sedimentos. Primeiramente, uma deformação associada à reativação de tectonismo rúptil com *trend* NW e NE, e uma segunda deformação associada às intrusões ígneas.

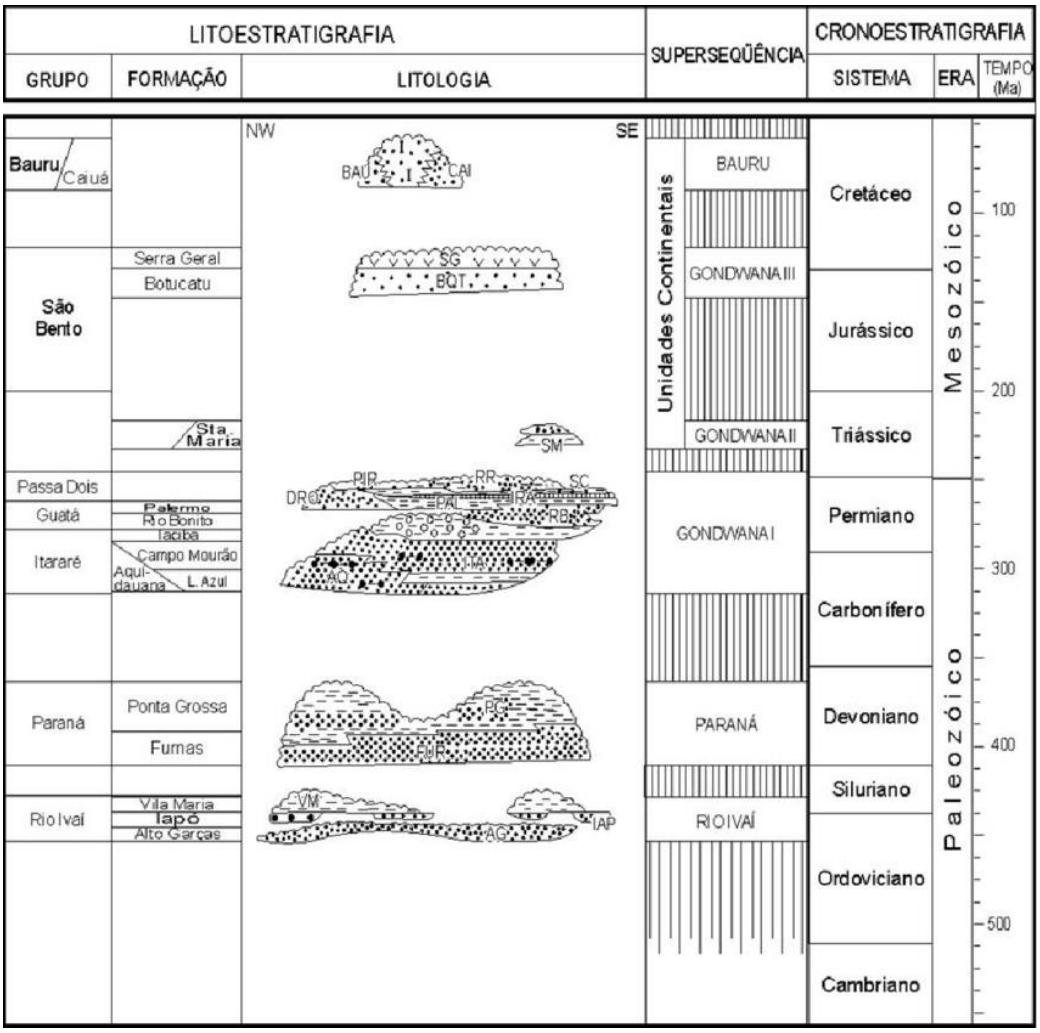


Figura 2.6. *Coluna Estratigráfica da Bacia do Paraná (adaptada de Milani, 1997).*

A BP é uma bacia intracratônica de deposição entre o Ordoviciano e o Cretáceo, possuindo cerca de 7 mil metros de espessura. O pacote registra rochas sedimentar-magmáticas divididas em seis Supersequências (Vail et al., 1997): Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano); Paraná (Devoniano); Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico); Gondwana II (Meso a Neotriássico); Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo) (Fig. 2.6). A bacia apresenta também vestígios de uma intensa atividade vulcânica fissural, sob a forma de soleiras e diques diabásicos (Milani, 1997).

As rochas sedimentares fanerozoicas da bacia estão sobrepostas ao embasamento Pré-Cambriano do Arco Magmático de Goiás, em contato por discordância erosiva e angular (Milani et al., 2007). As unidades sedimentares que ocorrem na área foram depositadas no Neo-Ordovociano, e constituem a primeira unidade que se apoiou num embasamento cratônico, o Grupo Rio Ivaí (Almeida & Hasui, 1984).

O topo do Grupo Rio Ivaí é marcado por uma discordância neossiluriana, originada pela exposição subaérea das unidades previamente acumuladas, significativa remoção erosiva e o estabelecimento de um vasto e regular peneplano (Milani et al., 2007). Retomada a subsidência, depositou-se o Grupo Paraná de idade Devoniana. Sua espessura é variável, uma vez que a porção superior do Grupo Paraná teve sucessivos eventos erosivos superpostos, ocorridos no final do Neodevoniano.

O Carbonífero Inferior (Mississipiano) da Bacia do Paraná é caracterizado pela formação de calotas polares em áreas próximas, e em parte da Bacia, além de grande rebaixamento do nível do mar. Esses fatores inibiram a sedimentação durante longo período que propiciaram o desenvolvimento de discordância regional com hiato de cerca de 50 Ma (Daemon, Casaletti & Ciguel, 1991).

A retomada da sedimentação da bacia, na porção oeste do Goiás, se deu no Neo-Carbonífero, correspondendo à Formação Aquidauana. Esta formação foi depositada sob a influência de clima glacial com forte afluxo sedimentar proveniente das áreas vizinhas expostas pela deglaciação. Posteriormente, com a quebra do supercontinente Gondwana, iniciou-se o magmatismo predominantemente basáltico do Grupo Serra Geral, representado por diques e s*ills* de diabásio e gabros.

Província Alcalina de Goiás

A Província Alcalina de Goiás é formada por pequenos complexos plutônicos e derrames de lavas (e.g. Santa Fé, Montes Claros, Santo Antônio da Barra, Paraúna, Morro Preto e Amorinópolis) com afinidades kamafugiticas localizadas no embasamento do Arco Magmático de Goiás (Danni, 1994; Brod et al., 2000; Sgarbi & Gaspar, 2002; Ferreira, 2022).

As idades K-Ar definem um período entre 94 ± 5 e 74,3 ± 1,6 Ma, com episódios mais jovens em 54,9 ± 1,5 Ma, 40,1 ± 1,2 Ma e 26,3 ± 2,9 Ma, para o magmatismo alcalino na Província (Sonoki & Garda, 1988). As intrusões consistem em kamafugitos, carbonatitos, lamprófiros, basaltos alcalinos e sienitos com enclaves ultramáficos (e.g. dunito, clinopiroxenito, peridotito e gabro alcalino) que ascenderam preferencialmente sobre o lineamento tectônico-magmático NW (Junqueira & Brod et al., 2002; 2005).

Suíte Alcalina Iporá – Corpo Arenópolis

A Suíte Alcalina de Iporá, localizada na porção norte da Província Alcalina de Goiás, correspondendo a um conjunto de corpos de rochas alcalinas cretáceas de natureza pluto-vulcânica distribuídas em uma área alongada em sentido NW, coincidente com grandes estruturas regionais (Junqueira & Brod et al., 2002).

Foi definida por Guimarães, Glaser e Marques (1968) como Grupo Iporá, englobando apenas os corpos plutônicos aflorantes na Folha Iporá. Faria et al. (1975) detalharam a cartografia do corpo alcalino de Arenópolis, enquanto Danni, Fuck e Leonardos (1976) apresentaram dados petrológicos para o corpo, indicando que as rochas se cristalizaram a partir de um magma picrítico.

O corpo de Arenópolis compõe um diatrema ovalado, alongado em direção N-S, intrudindo os granitos do Batólito Rio Caiapó e exibindo restos de teto de arenitos, atribuídos à Formação Furnas, com feições de metamorfismo de contato (Danni; Fuck & Leonardos, 1976).

O corpo alcalino é composto por um núcleo de peridotitos e piroxenitos, uma zona central predominante onde afloram gabros e subordinadamente ijolitos, melteigitos e piroxenitos, uma zona externa de nefelina-sienito e diques de lamprófiros, fonolitos e tinguaitos. Essas rochas exibem bandamento magmático, bem como textura cumulática (Danni; Fuck & Leonardos, 1976).

As intrusões subvulcânicas (e.g. diques, *plugs* e *sills)* de composição picrítica são comuns. Os diques têm, em geral, poucos metros de largura e dezenas de metros de extensão, e preenchem fraturas de direção NW e NE no embasamento pré-cambriano. Os *sills* normalmente estão alojados em estratos de rochas da Bacia do Paraná, sem evidências visíveis de diferenciação. Os *plugs* são cilíndricos e com diâmetro de até 200m (Danni, 1994; Junqueira & Brod et al., 2002).

3 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto é um conjunto de técnicas e métodos de obtenção de imagens da superfície terrestre a partir da detecção e medição das respostas da interação entre a radiação magnética e os materiais terrestres (Meneses & Almeida, 2012). Estas técnicas nos permitem ter informações do objeto sem a necessidade do contato físico.

A grande revolução do Sensoriamento Remoto se deu no início da década de 70, com o lançamento de satélites para monitorar recursos naturais, e desde então segue em constante desenvolvimento. Existem hoje muitos sensores orbitais em operação, majoritariamente voltados para estudos dos recursos naturais terrestres e monitoramento ambiental. A partir de dados obtidos por meio dos sensores CBERS-4A e TanDEM-X, foram extraídas informações importantes como elementos texturais, estruturais e geomorfológicos, além da elaboração de diversos produtos que permitem melhor análise e interpretação prévia da área abrangida pelo Projeto Arenópolis.

3.1 CBERS-04A

O satélite CBERS 04A, lançado em dezembro de 2019 é o quinto satélite do Projeto CBERS (*China Brazil Earth Resources Satellite*) um programa de cooperação bem-sucedido entre o Brasil e a China, com o objetivo de desenvolver tecnologia espacial e promover a cooperação internacional em ciência e tecnologia.

O CBERS 04A é equipado com três sensores, sendo estes: câmera multiespectral (MUX), câmera de campo largo (WFI) e a câmera multiespectral e pancromática de ampla varredura (WPM), sendo esta a principal inovação do satélite, fornecendo imagens com resolução panorâmica de 2m (Quad. 3.1). Ao todo, conta com 16 bandas espectrais englobadas pelas 3 câmeras, e além das câmeras imageadoras o satélite possui um sistema de coleta de dados e monitoramento ambiental.

Características das câmeras do CBERS 04A			
Característica	WPM	MUX	WFI
Bandas Espectrais	0,45-0,52µm (B) 0,52-0,59µm (G) 0,63-0,69µm (R) 0,77-0,89µm (NIR) 0,45-0,90 µm (PAN)	0,45-0,52µm (B) 0,52-0,59µm (G) 0,63-0,69µm (R) 0,77-0,89µm (NIR)	0,45-0,52µm (B) 0,52-0,59µm (G) 0,63-0,69µm (R) 0,77-0,89µm (NIR)
Resolução	2 m 8 m	16,5 m	55 m
Largura da Faixa Imageada	92 km	95 km	684 km
Visada Lateral de Espelho	não	não	não
Revisita	31 dias	31 dias	5 dias
Quantização	10 bits	8 bits	10 bits
Taxa de Dados Bruta	1800.8 Mbps 450.2 Mbps	65 Mbps	50 Mbps

Quadro 3.1. *Quadro síntese de características dos sensores do satélite CBERS-04A. Fonte: INPE.*

3.2 TanDEM-X

O satélite TanDEM-X, lançado em 2010 pelo Centro Espacial Alemão (DLR) tem por objetivo coletar dados para gerar um modelo digital de elevação da terra com uma precisão sem precedentes. Este satélite encontra-se em órbita junto a outro satélite com características idênticas, o TerraSAR-X, lançado em 2007 também pelo Centro Aeroespacial Alemão (DLR).

O imageamento a partir de duas receptores diferentes em mesma órbita permitem a obtenção de um dado mais preciso, alcançando precisão vertical absoluta de 10m e resolução espacial de aproximadamente 12,0 m.

3.3 Processamento de dados

As imagens CBERS-04A encontram-se disponíveis no catálogo digital do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de forma pública e de livre acesso. Os dados CBERS foram processados digitalmente através do software ArcMap 10.8, licenciado pela Universidade de Brasília, inicialmente foi realizado o empilhamento das diversas bandas (*layerstacking*) em um único arquivo, contendo as bandas 1/2/3/4 e possibilitando diferentes composições de bandas. Após o empilhamento das bandas, a camada gerada foi fusionada (*pansharpening*) com a banda pancromática, de modo a reamostrar as bandas 1 a 4, inicialmente com 8 metros de resolução em uma imagem multiespectral com 2 metros de resolução (Fig. 3.1).

Os dados obtidos através do satélite TanDEM-X foram processados através de algoritmos de sombreamento de relevo (*hillshade*) e de extrações de curvas de nível (*contour*). A partir dos referidos processamentos foram obtidos dois produtos principais, um dado matricial de relevo sumulado e um dado vetorial de elevação do terreno com as curvas de nível (Fig. 3.2).

3.4 Produtos e Interpretações

A partir dos dados gerados através de processamentos, podem ser extraídas informações relevantes acerca das principais características morfológicas da área de estudo, como topografia, relevo e cobertura superficial. As áreas do Projeto Arenópolis encontram-se em superfície abatida, com cotas altimétricas que variam em geral entre 350 e 550m, podendo atingir à cota de 650m em regiões mais elevadas que ocorrem de maneira localizada. A Área II apresenta relevo majoritariamente aplainado em suas porções oeste e central, e em sua porção leste é possível observar a ocorrência de maiores desníveis de relevo, chegando à cota máxima de 500m de elevação.

As imagens multiespectrais CBERS 04A de alta resolução (2m), obtidas através do processamento, foram utilizadas principalmente na análise logística da etapa de campo, permitindo inferir feições determinantes na definição de caminhamentos, como a densidade de vegetação e presença de cursos d’água, e na definição de pontos de encontro, como vias de acesso não pavimentadas e sedes de fazendas.

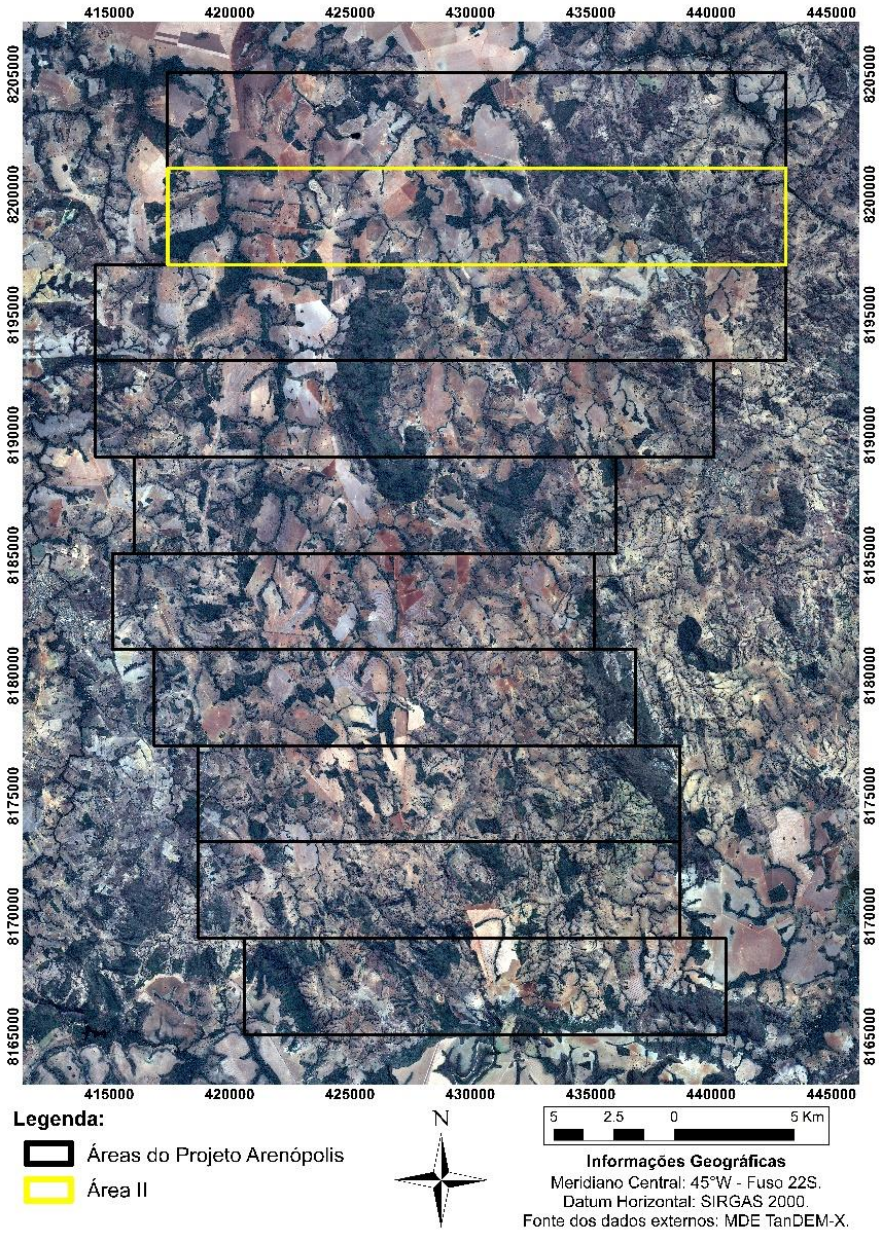


Figura 3.1. *Carta Imagem do Projeto Arenópolis. Imagem: CBERS-04A.*

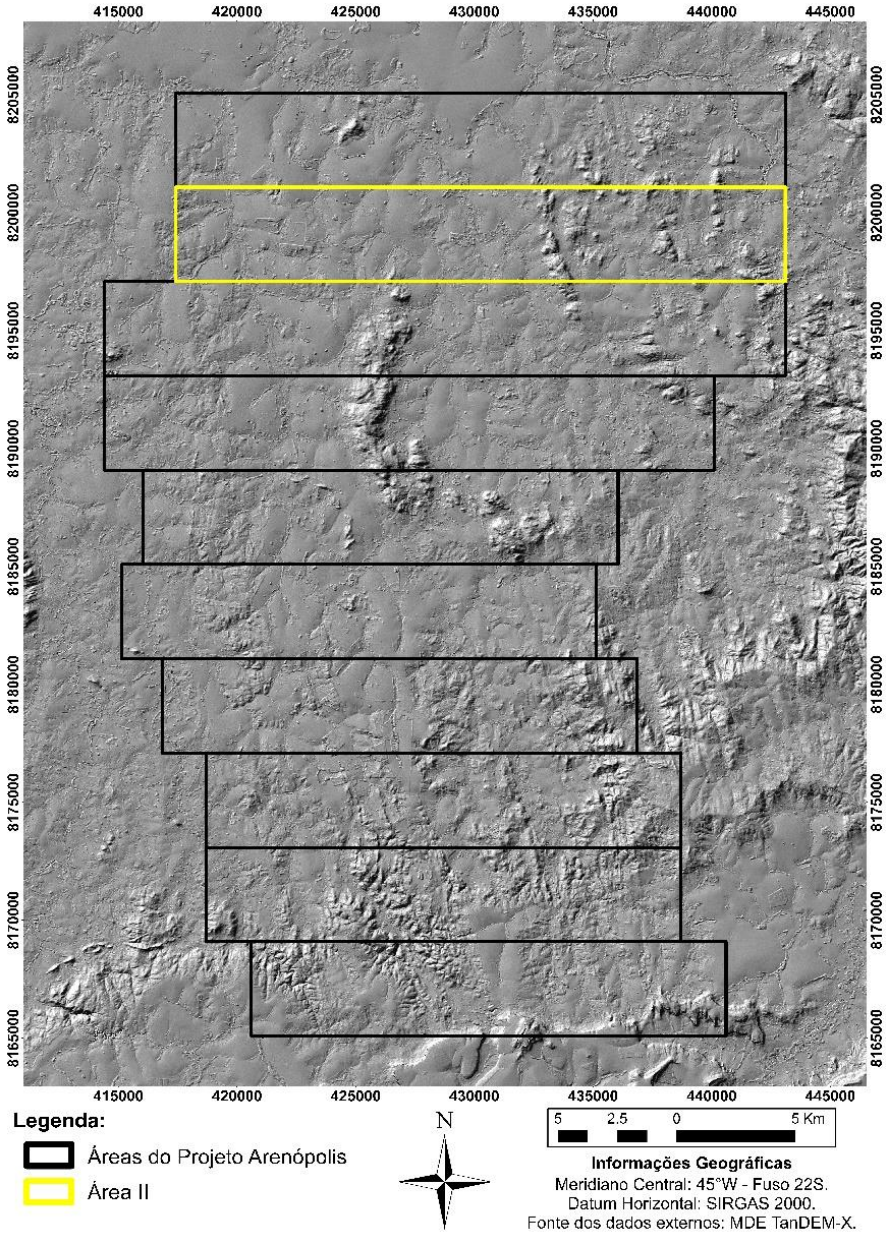


Figura 3.2*. Mapa do Modelo Digital de Elevação do Projeto Arenópolis. Fonte dos dados utilizados: TanDEM-X.*

4 Geofísica

A gamaespectrometria e a magnetometria são técnicas geofísicas amplamente utilizadas para inferir características composicionais e estruturais das rochas, comumente aplicadas em estudos de mapeamento geológico e exploração mineral. Esses métodos, quando coletados por meio de aerolevantamento, oferecem uma abordagem eficiente e abrangente para investigar grandes áreas de maneira não invasiva.

A partir de dados oriundos do Levantamento Aerogeofísico do Estado de Goiás – 1ª Etapa: Arco Magmático de Arenópolis (2006), foram empregadas técnicas de processamento e interpretação de dados aerogeofísicos com o objetivo de obter uma visão abrangente e integrada das características geológicas da região que compõe o Projeto Arenópolis. As descrições do levantamento, assim como dos dados utilizados e das técnicas de processamento empregadas encontram-se descritas a seguir.

4.1 Características do Aerolevantamento

O Levantamento Aerogeofísico do Estado de Goiás foi realizado através do convênio entre a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGMTM), Ministério de Minas e Energia (MME), Secretaria de Indústria e Comércio (SIC), Secretaria de de Geologia e Mineração (SGM) e o Fundo de Fomento à Mineração (FUNMINERAL), no ano de 2004. Os dados recobrem uma área aproximada de 59.000 km² (LASA, 2006) (Fig. 4.1).

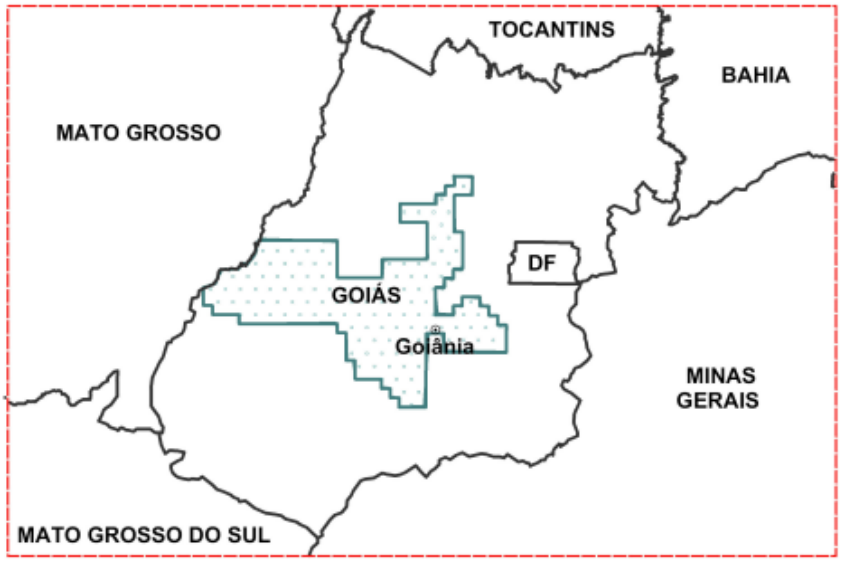


Figura 4.1. *Localização da área do projeto de aerolevantamento. Fonte: LASA.*

O trabalho foi realizado pela empresa Lasa Engenharia e Prospecções S/A, em que foram realizadas etapas de campo para coleta de dados aerogeofísicos e etapas de escritório em que foram elaborados diversos produtos, dentre eles, mosaicos e folhas planimétricas. Dentre os produtos elaborados a partir do projeto Arco de Arenópolis – Sequência Juscelândia, encontram-se relatórios e mapas geofísicos gamaespectrométricos e magnetométricos coloridos na escala de 1:100.00 e 1:500.000 em formato digital e impresso.

As linhas de voo tiveram orientação N-S, com espaçamento de 0,5 km, com linhas de controle a cada 5,0 km em orientação E-W. O voo foi realizado a uma altura de 100m, com intervalo de medições magnéticas de 0,1 s e intervalo de medições gamaespectométricas de 1,0 s. A velocidade média de voo durante a aquisição foi de 290 km/h.

Aquisição dos dados Aerogamaespectométricos

O equipamento utilizado na aquisição foi o gamaespectrômetro EXPLORANIUM GR-028, com 256 canais espectrais, em que cada espectro é analisado individualmente, permitindo a determinação precisa dos foto picos. Foi aplicada uma correção linear, de modo a manter o espectro permanentemente alinhado.

Aquisição dos dados Magnetométricos

Os equipamentos utilizados na aquisição foram os aeromagnetômetros Scintrex CS-2 e Geometrics G-822, ambos magnetômetros de vapor de césio, instalados na cauda da aeronave.

4.2 Processamento de Dados

4.2.1 Gamaespectrometria

Os produtos gamaespectrométricos foram gerados a partir do método de interpolação por curvatura mínima, com célula de 125 m.

Através da interpolação dos dados fornecidos pelos canais radiométricos originais, foram elaborados os mapas de Contagem Total (CT), Percentual de Potássio (K%), Tório Equivalente (eTh) e Urânio Equivalente (eU) (Fig. 4.2).

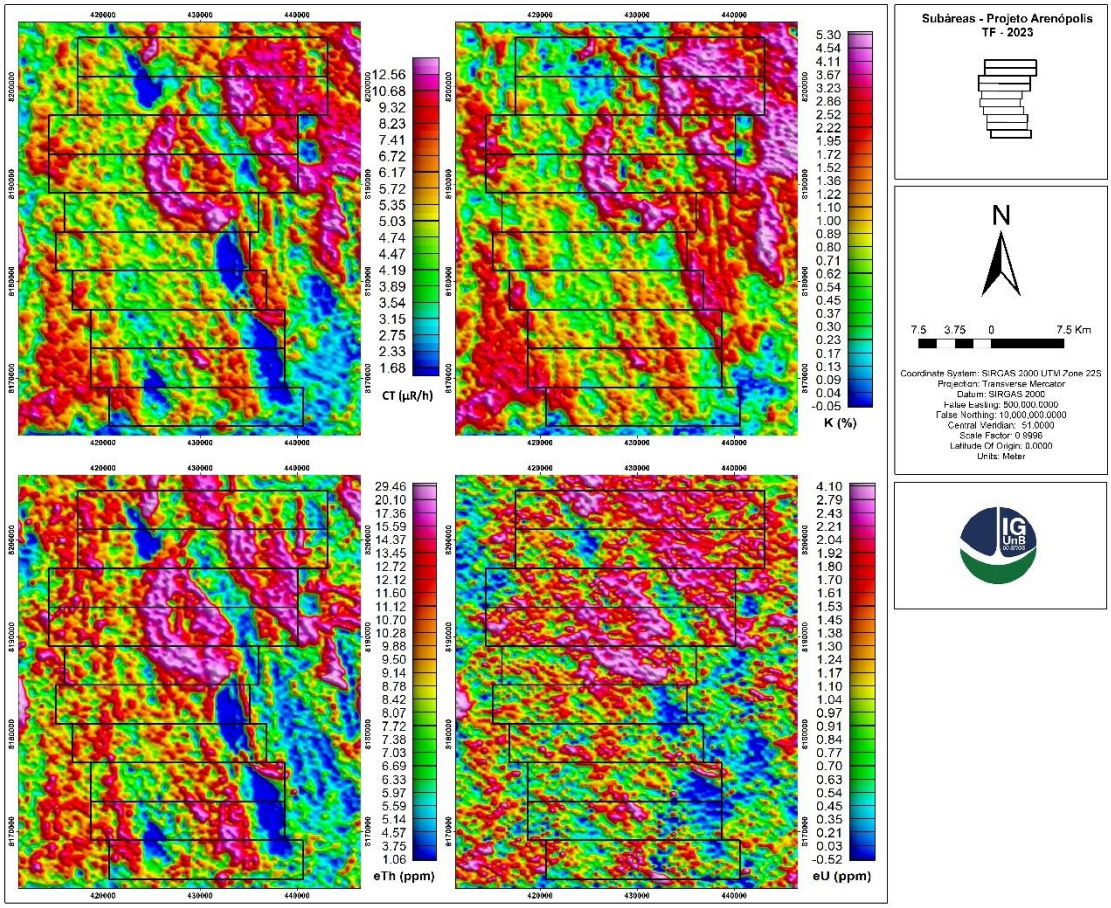


Figura 4.2. *Produtos gamaespectrométricos do Projeto Arenópolis. A) Contagem Total B) Percentual de Potássio C) Tório Equivalente D) Urânio Equivalente.*

Contagem total

Os sinais de radiação gama obtidos são fruto da desintegração dos elementos radioativos Potássio 40, Urânio 238 e Tório 232, em que a radioatividade total é representada pela medida de todos os raios captados pelo gamaespectrômetro em um intervalo (janela energética) definida para a contagem total.

Canais Individuais

Os mapas que representam a percentagem de potássio (K%), Tório Equivalente (eTh) e Urânio Equivalente (eU) foram amostrados de maneira que as variações registradas pelo gamaespectrômetro variam em um único canal, com uma variação em K% entre 0.05 e 5.3%, em eTh entre 1.06 e 29.46 ppm e em eU entre 0.52 e 4.10 ppm. A representação em canais individuais é importante pois permite a observação isolada de um parâmetro específico.

Mapa de Composição Ternária

O mapa ternário RGB foi elaborado a partir da associação da composição dos elementos a um canal de cor específico, em que o canal vermelho é associado ao Percentual de Potássio (K%), o canal verde ao Tório Equivalente (eTH) e o canal azul ao Urânio Equivalente (eU) (Fig. 4.3).

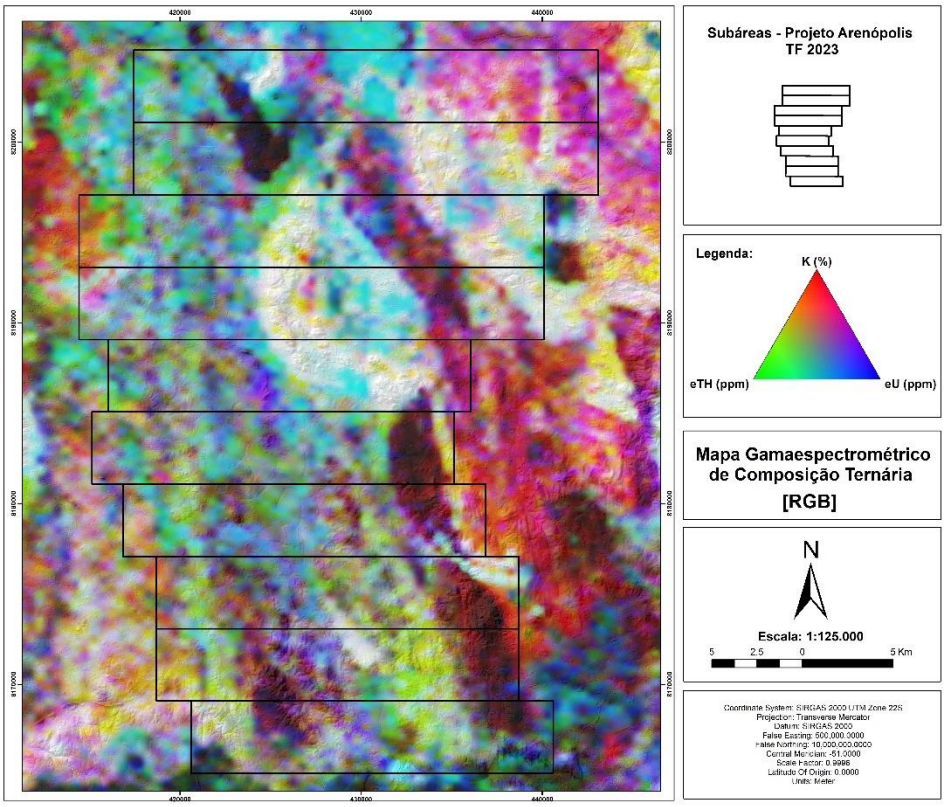


Figura 4.3. *Mapa gamaespectrométrico de composição Ternária do Projeto Arenópolis*.

O mapa de composição ternária possibilita a análise da concentração dos três elementos de maneira simultânea, fornecendo um panorama que não seria alcançado a partir da análise dos outros produtos. As regiões de coloração mais clara representam picos de contagem em ambos os 3 elementos, enquanto colorações mais escuras indicam baixas contagens (Ribeiro et al., 2014).

4.2.2 Magnetometria

Os produtos elaborados a partir dos dados aeromagnetométricos foram gerados através da interpolação em malha regular pelo método spline bidirecional (*Bigrid*). A partir do Campo Magnético Anômalo (CMA) foram gerados os produtos Derivada Vertical (DV1), Gradiente Horizontal Total (GHT) e Derivada TILT (Fig. 4.4), além Amplitude do Sinal Analítico (ASA).

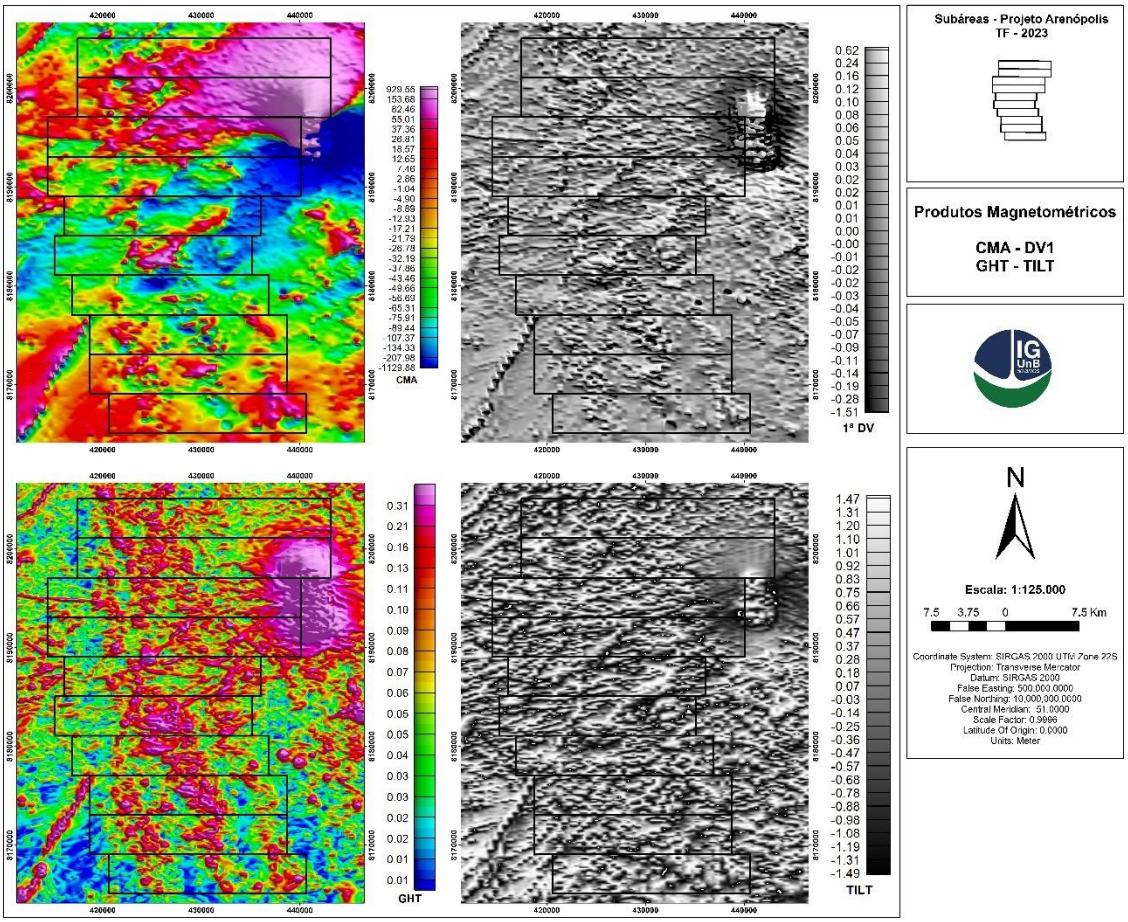


Figura 4.4. *Produtos magnetométricos do Projeto Arenópolis. A) Campo Magnético Anômalo B) Primeira Derivada Vertical C) Gradiente Horizontal Total D) Derivada TILT.*

Derivada Vertical (DV1)

A Derivada Vertical tende a realçar altas frequências, permitindo a observação de informações sobre feições mais rasas, uma vez que é equivalente à taxa de variação do CMA em relação à distância vertical da fonte causadora (Blakely, 1996). A DV1 é um produto que evidencia feições estruturais, como lineamentos, descontinuidades e contatos, logo torna-se importante para identificar e caracterizar parâmetros de contrastes entre propriedades físicas. Geralmente a primeira ou a segunda derivada acentuam os gradientes nas bordas de corpos magnéticos rasos (Davis, 1986; GEOSOFT, 1994).

Gradiente Horizontal Total (GHT)

O Gradiente Horizontal total é obtido a partir das derivadas horizontais em X (dx) e Y (dy), e são eficazes na definição de contatos estruturais, uma vez que seu efeito gera um realce provocando máximo nas bordas e mínimos nos centros dos corpos geradores de anomalias magnéticas. (Cordell & Graunch, 1985).

O GHT indica variações laterais das propriedades físicas das derivadas horizontais, e sua tendência é revelar picos acima das fontes causadoras de anomalias (Blum, 1999). Sua magnitude é dada por:

$$h(x,y) = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial G_z(x,y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial G_z(x,y)}{\partial y}\right)^2\right]}$$

Equação 4.1.

Derivada TILT

A Derivada TILT tende a igualar as amplitudes medidas pelos campos magnéticos anômalos de modo que essas anomalias se manifestem de maneira semelhante (Verduzco et al, 2004). Este resultado é dado através da natureza da função arco tangente que rege o resultado da equação que define a Derivada TILT, sendo esta:

$$TDR = \tan^{-1}\left[\frac{\left(\frac{\partial B}{\partial z}\right)}{THDR}\right]$$

Equação 4.2.

Em que $(\frac{\partial B}{\partial z})$ representa a derivada vertical de primeira ordem e THDR o Gradiente Horizontal Total. Todos os valores convergem a um resultado restrito entre $-\pi/2$ e $\pi/2$, homogeneizando os sinais anômalos registrados.

4.3 Interpretação dos Dados Aerogeofísicos

4.3.1 Dados Gamaespectrométricos

A gamaespectrometria detecta a radiação gama resultante da desintegração dos elementos radioativos Potássio 40, Urânio 238, Tório 232 e seus respectivos isótopos filhos, comumente presentes na composição da maioria das rochas (Ferreira et al, 2016). Deve-se atentar ao fato de que as informações coletadas no levantamento são relativas a fontes rasas (até 50 cm de profundidade), logo este método não deve ser utilizado para caracterizações em profundidade, mas aliado ao conhecimento geológico da área de estudo nos permitem mapear o arcabouço aflorante (Ribeiro et al., 2013). A análise destes radioelementos também nos permite uma interpretação acerca do intemperismo superficial, uma vez que estes elementos se mostram suscetíveis aos processos envolvidos no intemperismo (Ferreira et al., 2016) (Fig. 4.5).

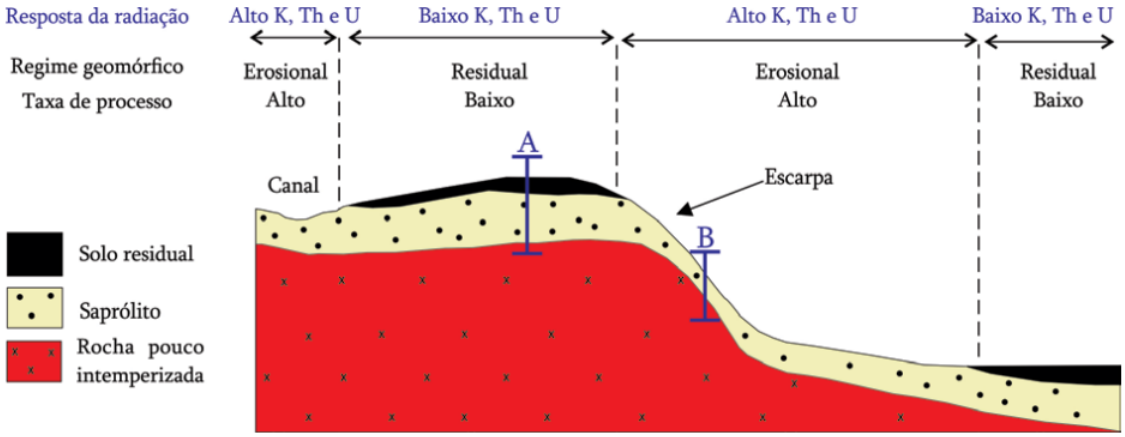


***Figura 4.5**. Influência dos processos geomorfológicos na emissão de radiação gama (Ferreira et al., 2016).*

Para a interpretação dos dados gamaespectrométricos foi elaborado um mapa de domínios utilizando como principal fonte a imagem ternária RGB (Fig. 4.6), associada a informações obtidas através da observação dos demais produtos descritos anteriormente. Ao apresentar a combinação dos registros de potássio tório e urânio em um único mapa, as imagens de composição ternária nos permitem discriminar as variações composicionais atreladas às unidades geológicas presentes na área (Soares, 1999).

Foram discriminados 13 domínios de assinaturas gamaespectrométricas distintas para a área do Projeto Arenópolis. Estes foram individualizados a partir de suas características tônicas e pela diferença de concentração dos radioelementos K, e equivalentes de Th e U (Quad. 4.1).

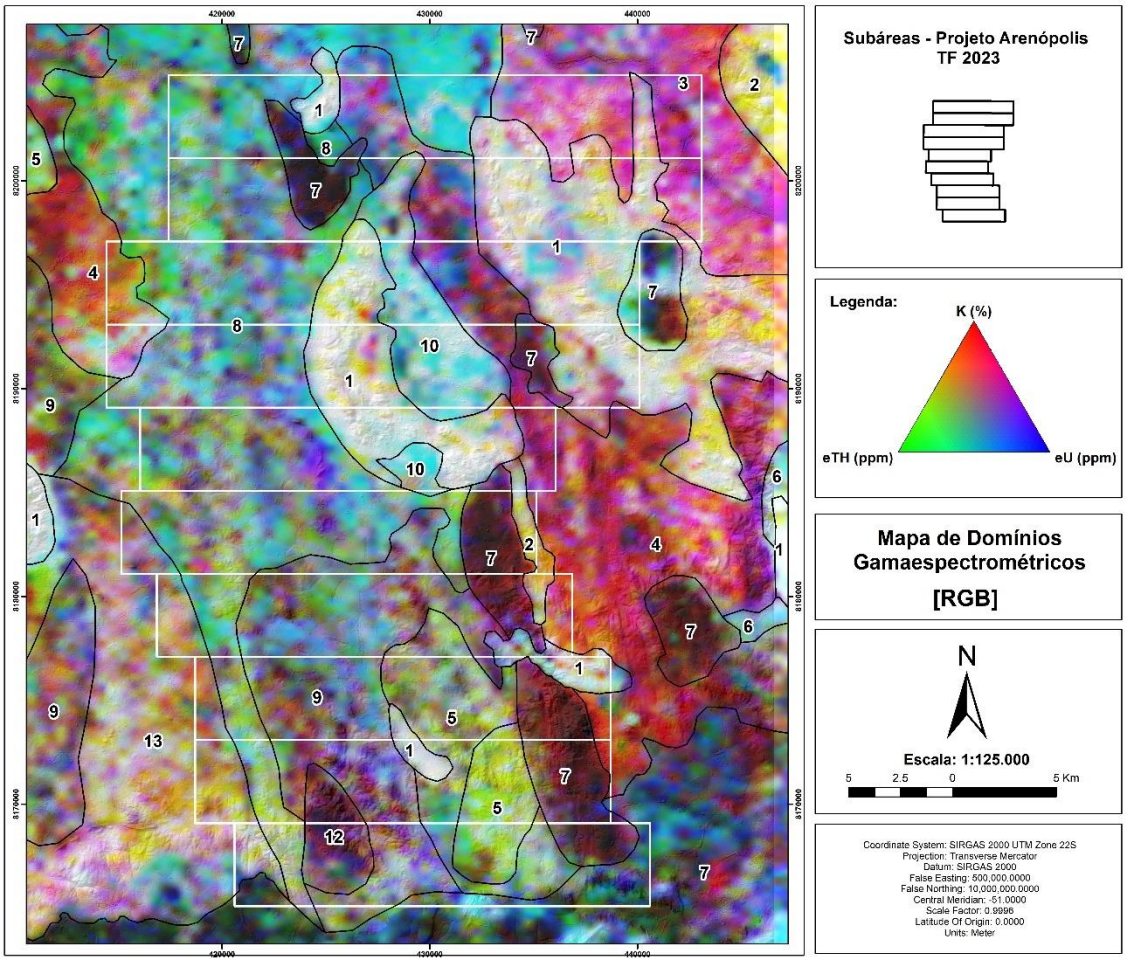


Figura 4.6. *Mapa de domínios gamaespectrométricos em composição ternária RGB.*

Domínio	K	Th	U	Cor
1	Alto	Alto	Alto	Branco
2	Alto	Alto	Baixo	Amarelo
3	Alto	Baixo	Alto	Magenta
4	Alto	Moderado	Baixo	Vermelho
5	Baixo	Alto	Baixo	Verde
6	Baixo	Alto	Moderado	Ciano
7	Baixo	Baixo	Baixo	Preto
8	Baixo	Moderado	Alto	Ciano
9	Moderado	Baixo	Moderado	Violeta
10	Moderado	Alto	Alto	Ciano
11	Moderado	Alto	Moderado	Verde
12	Baixo	Baixo	Moderado	Preto
13	Moderado	Moderado	Moderado	Vermelho claro

Quadro 4.1. *Caracterização dos domínios de acordo com os parâmetros K, Th, U e Cor.*

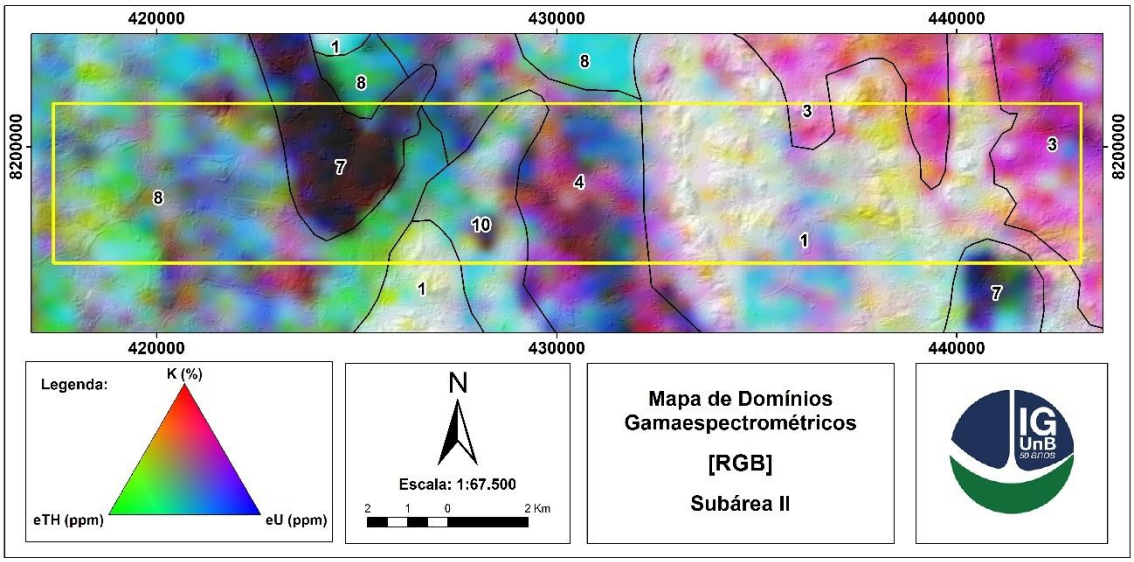


Figura 4.7. *Mapa de Domínios Gamaespectrométricos da Área II.*

4.3.2 Dados Magnetométricos

Os dados magnetométricos são o somatório do Campo Magnético Externo (CME, Campo Magnético Interno (CMI) e do Campo Magnético Crustal (CMC), corrigidos de maneira a eliminar os efeitos de fontes magnéticas externas ao planeta e das correntes elétricas do núcleo externo da Terra (IGRF) (Kearey et al., 2009). A magnetometria é um método potencial capaz de medir variações da intensidade do campo magnético terrestres, estas por sua vez são geradas pelo contraste entre a suscetibilidade magnéticas de diferentes rochas e solos em subsuperfície.

Para a interpretação dos dados magnetométricos foi utilizada a Amplitude do Sinal Analítico (ASA), dada através da combinação entre os gradientes vertical e horizontal de uma anomalia magnética, sendo sua fórmula:

$$|\mathrm{A}\,(x,y)| = \sqrt{\left(\frac{dT}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dT}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dT}{dz}\right)^2}$$ ***Equação 4.3.***

Em que A(x,y) corresponde a amplitude do sinal analítico no ponto (x,y) e T corresponde à anomalia magnética de intensidade total no ponto (x,y) (Blakely, 1996). A ASA permite mapear as bordas dos corpos pois seu efeito tende a concentrar a anomalia magnética no centro do corpo fonte.

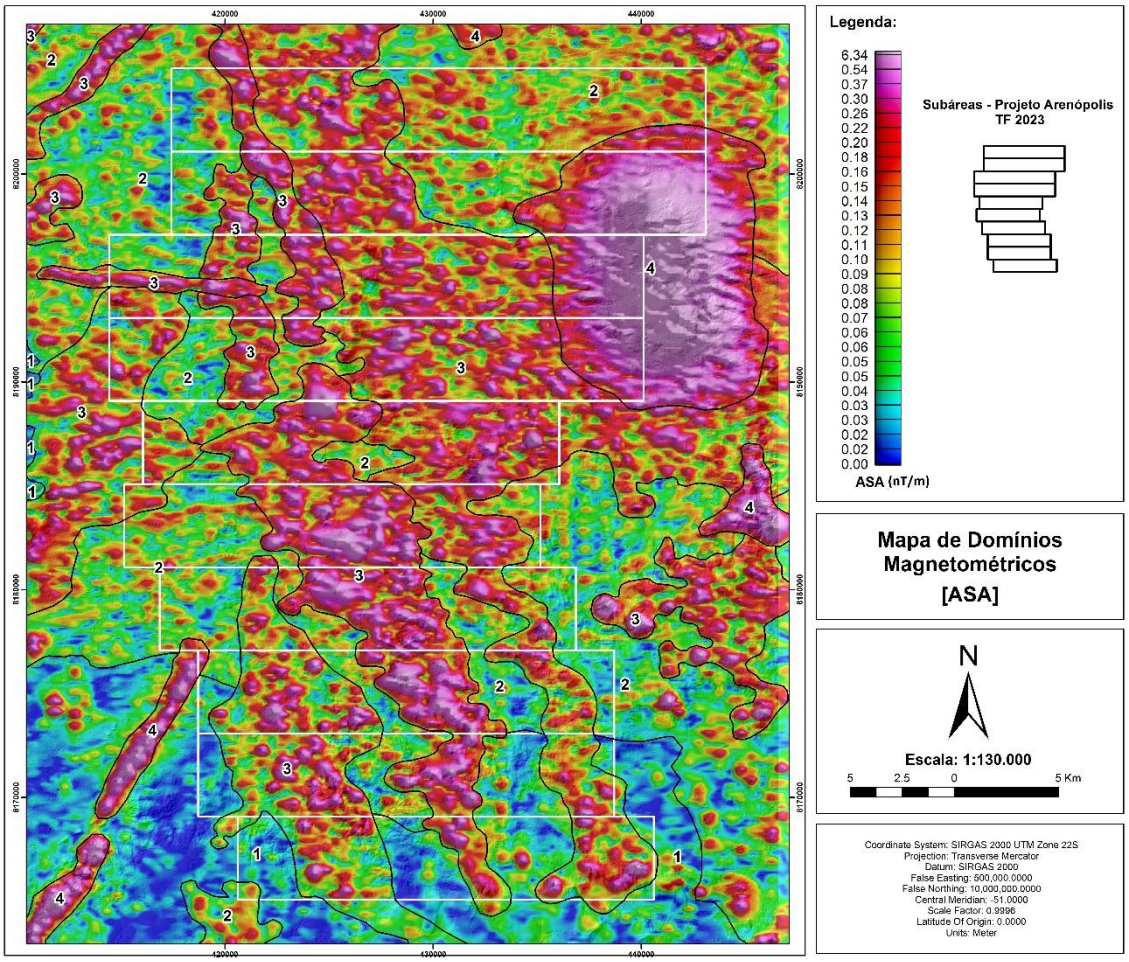


Figura 4.8. *Mapa de Domínio Magnetométricos do Projeto Arenópolis.*

A partir da imagem de Amplitude do Sinal Analítico foi elaborado um mapa de domínios magnéticos (Fig. 4.8). Rochas com maior quantidade de minerais magnéticos em sua composição irão acarretar um maior gradiente magnético, que será por sua vez captado pelo magnetômetro. Foram individualizados 4 domínios em função da intensidade da resposta magnética e da textura. Estes domínios estão representados no quadro abaixo:

Domínio	Intensidade	Relevo
1	Baixa	Liso
2	Média	Rugoso
3	Alta	Rugoso
4	Muito Alta	Rugoso

Quadro 4.2. *Caracterização dos domínios magnetométricos.*

Os dados obtidos através do sensoriamento remoto foram integrados aos de geofísica, no intuito de se obter um mapa geológico preliminar da área de estudo (Fig. 4.9). Para tal, foram analisadas as espacializações dos domínios gamaespectrométricos e magnetométricos em correlação às características petrofísicas das unidades previamente mapeadas pela CPRM no Projeto Oeste Goiás, apresentadas na Folha SE.22-V-B-II Piranhas.

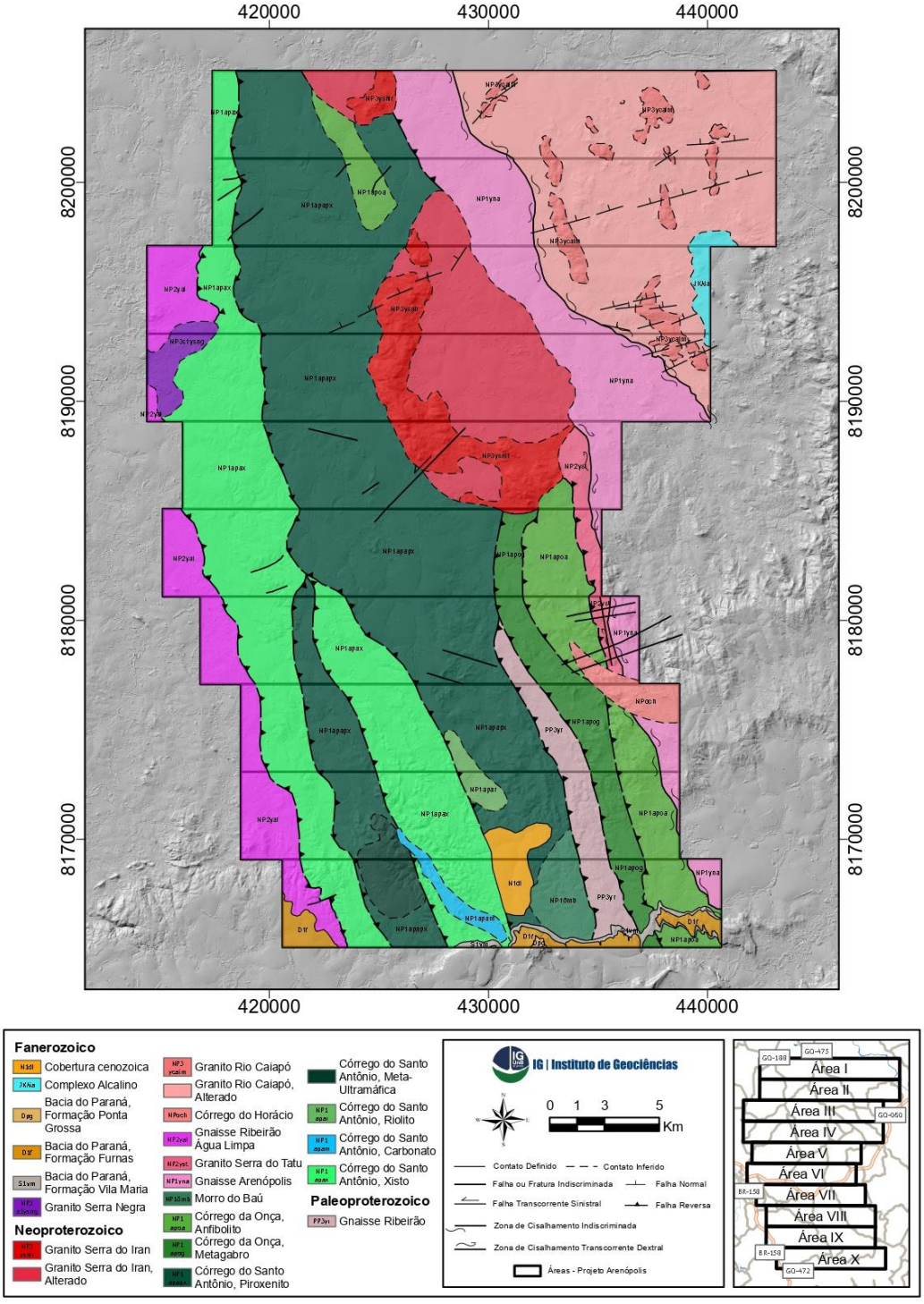


***Figura 4.9**. Mapa Geológico-Geofísico Preliminar do Projeto Arenópolis.*

5 Geologia do Projeto Arenópolis

O presente capítulo tem por objetivo apresentar de maneira integrada e sucinta todas as unidades mapeadas pelo Projeto Arenópolis, assim como suas litologias e exposições rochosas mais representativas. As atividades realizadas permitiram a identificação de unidades cuja formação, deformação e metamorfismo são atrelados à evolução da Orogênese Brasiliana durante o Neoproterozóico (Pimentel, 2016). Foram identificadas principalmente rochas neoproterozóicas do Arco Magmático de Goiás, mas também rochas paleoproterozóicas, representadas pelo Gnaisse Ribeirão, além de rochas sedimentares paleozóicas, da Bacia do Paraná, e rochas plutônicas e subvulcânicas mesozóicas, pertencentes à Província Alcalina de Goiás (PAGO). A estruturação é caracterizada por foliações normalmente subverticais, com uma direção preferencial NNW-SSE a N-S. Foram também compartimentadas, de oeste para leste, 3 sistemas de zonas de cisalhamento transcorrentes, de cinemática sinistral - sendo elas denominadas, respectivamente: Zona de Cisalhamento Piranhas, Zona de Cisalhamento Ribeirão e Zona de Cisalhamento Córrego da Areia.

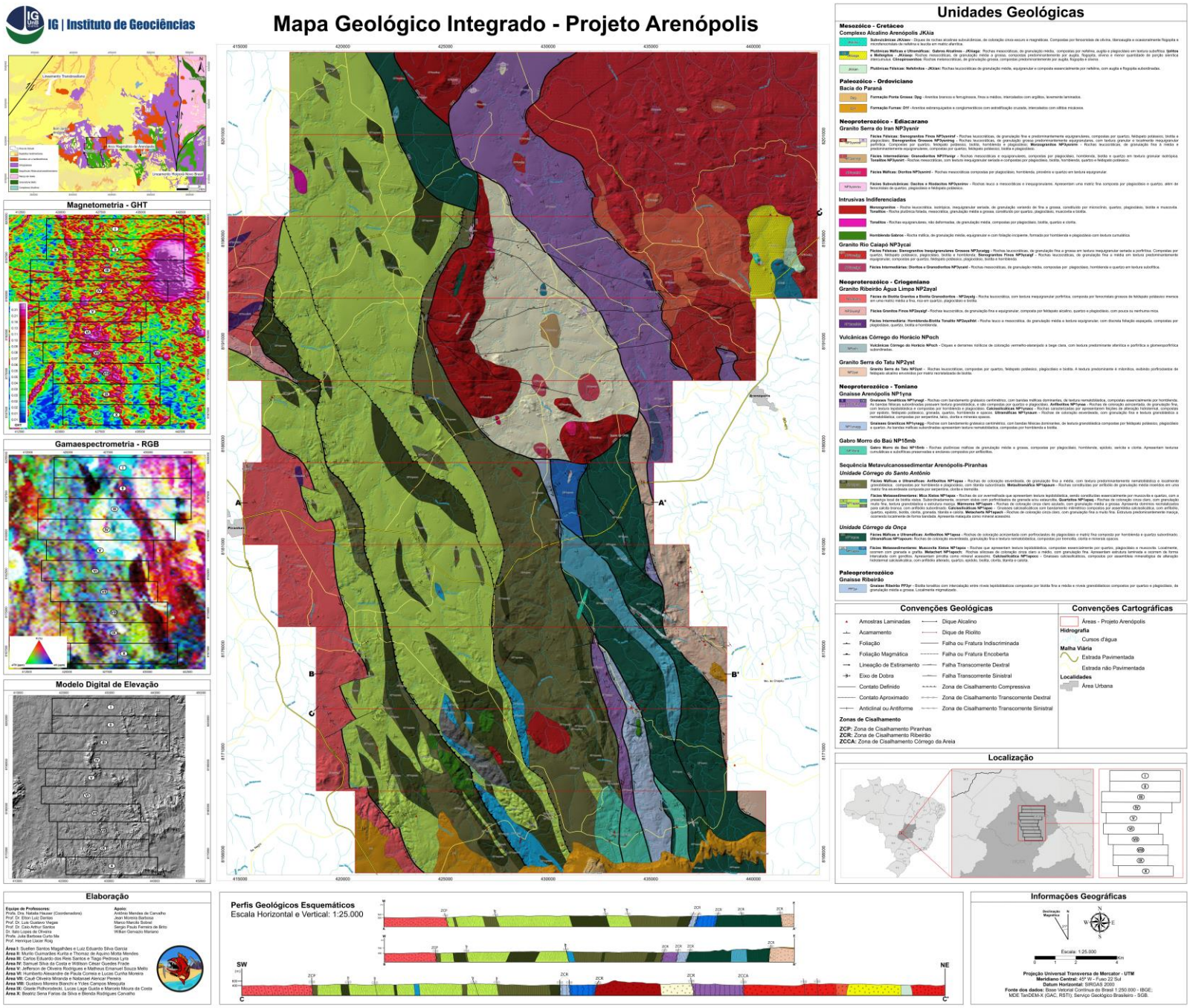


Figura 5.1: *Mapa Geológico Integrado do Projeto Arenópolis.*

5.1 Embasamento

A unidade representativa do embasamento é denominada de Gnaisse Ribeirão (Pimentel, 1992). Idades isócronas Rb-Sr e Pb-Pb indicaram uma idade aproximada de 1,8 Ga (Pimentel, 1990). Não obstante, métodos mais precisos e acurados devem ser aplicados para determinar com precisão a verdadeira idade desta unidade. O Gnaisse Ribeirão apresenta-se em contato com as unidades Córrego da Onça, da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, à leste, e com o Gnaisse Arenópolis à oeste, ambos através de zonas de cisalhamento com cinemática sinistral relacionados com a Zona de Cisalhamento Ribeirão. O Gnaisse Ribeirão aflora em porções restritas nas áreas VI, e aparece de forma contínua nas áreas VIII, IX e X. As melhores exposições encontram-se na área VIII.

Litologicamente, é composto por biotita tonalitos, intensamente deformados e foliados, com presença local de migmatitos o qual evidencia a existência de processos de fusão parcial. Em termos mineralógicos, apresenta quartzo, plagioclásio (andesina, An_{37}) e como mineral máfico, biotita. A feição que mais destaca é o bandamento gnáissico de granulação grossa, e de granulação fina - marcados por concentrações modais variáveis de biotita. Ademais, foi possível identificar feições deformacionais, como foliação anastomosada, foliação S-C e leucossomas rompidos conforme pode ser observado na figura abaixo (Fig. 5.2).

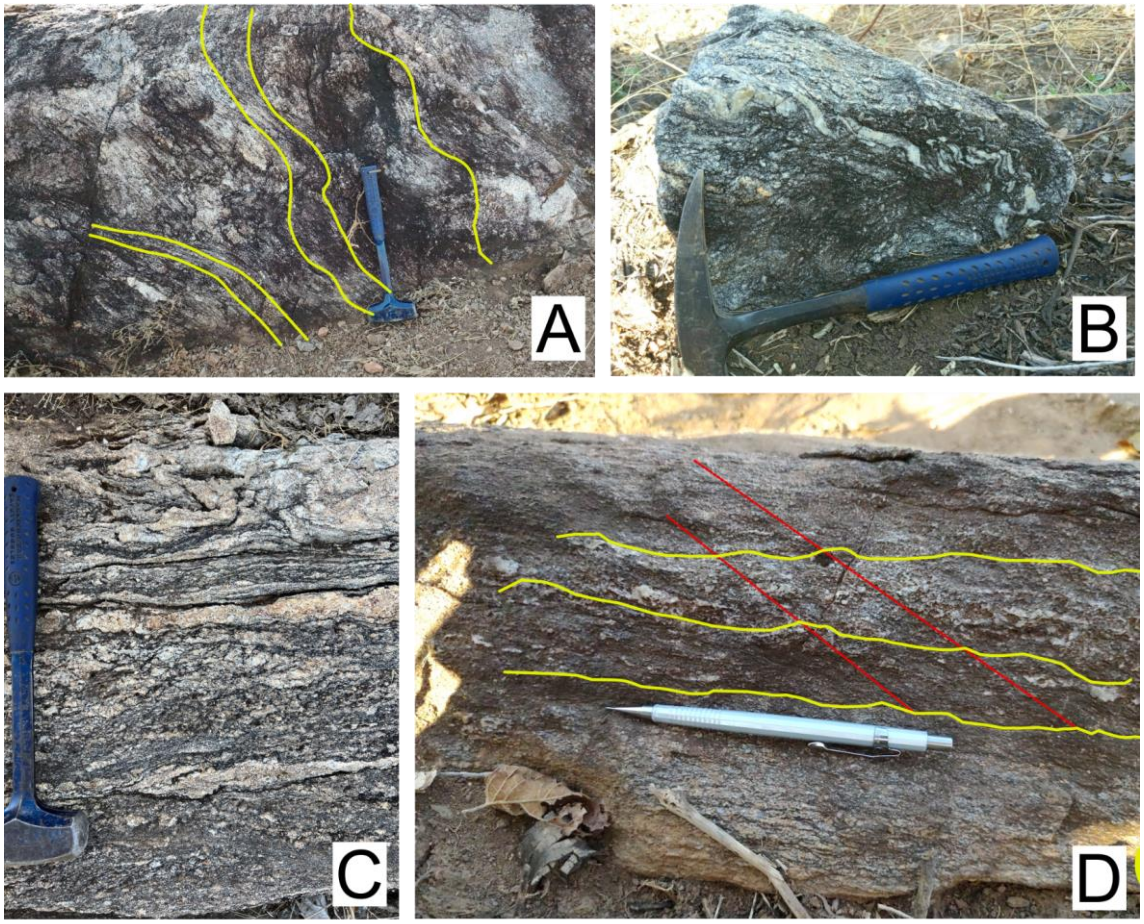


Figura 5.2. *Feições de deformação no gnaisse Ribeirão, observadas no afloramento-tipo, inserido na área VIII (Coordenadas: 22S 434053 E 8173182 N). Em A, foliação anastomosada, truncada por fraturas; em B, leucossomas rompidos; em C, leucossomas em migmatito exibindo pinch-and-swell incipiente na porção inferior da imagem; já em D, foliação S-C, onde as linhas amarelas representam o plano S, ao passo que as linhas em vermelho representam o plano C.*

5.2 Arco Magmático Goiás

O Arco Magmático Goiás - Segmento Arenópolis - corresponde a cerca de 95% de toda a área do Projeto Arenópolis mapeada. É representado pela associação de rochas graníticas a intermediárias, com composição que varia entre dioritos e tonalitos, metamorfizadas em fácies xisto-verde a anfibolito. Estas são correspondentes ao estágio de arco de ilha. Também são encontradas rochas metavulcânicas e metassedimentares das bacias de trincheira e de *forearc*; bem como intrusões graníticas de caráter calci-alcalino dos estágios vulcânico e colisional. Estudos geocronológicos mostram um conjunto de idades entre cerca de 900 Ma (Sequência MVS Arenópolis-Piranhas) e 587 Ma (Granito Rio Caiapó). As unidades pertencentes ao Arco são estruturadas conforme uma orientação principal NW-SE em um sistema dominantemente transcorrente, sobre o qual foram gerados sistemas de zonas de cisalhamento, com cinemática sinistral.

5.2.1 Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas

Entre as sequências metavulcanossedimentares dos segmentos Arenópolis e Anicuns-Itaberaí, a Sequência Metavulcanossedimentar de Arenópolis-Piranhas representa as exposições de rochas supracrustais mais antigas (Carneiro, 2019). Na área do Projeto Arenópolis, esta sequência está em contato tectônico, através da Zona de Cisalhamento Piranhas, com a unidade do Granito Ribeirão Água Limpa a oeste, e através da Zona de Cisalhamento Ribeirão com o Gnaisse Arenópolis (Áreas I e II) e Granito Serra do Tatu (Áreas V até X) a leste. Esta sequência é intrudida pelo Granito da Serra do Iran, de aproximadamente 588 Ma (Pimentel *et al.*, 1996) e por rochas dioríticas a graníticas indiferenciadas (e.g. Área IX). Para o sul (Área X), se encontra encoberto em discordância angular pelos arenitos da Formação Furnas (Devoniano) da Bacia do Paraná. A seguir, serão descritas as duas unidades que compõem a sequência.

Unidade Córrego do Santo Antônio

A Unidade Córrego do Santo Antônio compreende uma intercalação de rochas metassedimentares (siliciclásticas e químicas), anfibolitos e rochas metaultramáficas. Seus limites a oeste e leste se dão por zonas de cisalhamento transcorrentes sinistrais, sendo elas, respectivamente, a Zona de Cisalhamento Piranhas e a Zona de Cisalhamento Ribeirão.

As rochas são estruturadas com direção preferencial NNW-SSE e mergulho subvertical. Mostrando o mesmo comportamento, são observadas zonas de cisalhamento transcorrentes e empurrões que cortam as rochas dentro de seu domínio.

A fácies metassedimentar é representada principalmente por xistos metapelíticos, metamorfizados em fácies anfibolito e com retrometamorfismo em fácies xisto verde. São observados também ocasionalmente lentes de metachert, mármore, quartzito e gondito. Os xistos são representados por micaxistos e biotita-xistos, com ocasionais porfiroblastos de granada e estaurolita. Os porfiroblastos de estaurolita e granada estão rotacionados e evidenciam cinemática sinistral. Intercalados aos xistos, ocorrem anfibolitos e rochas metaultramáficas, as quais formam faixas e lentes de dimensões variáveis. No extremo leste da unidade, ocorre uma espessa faixa contínua de direção NNW-SSE composta por anfibolitos, os quais apresentam paragênese de hornblenda verde, plagioclásio (An_{35} - andesina), epidoto e ocasionalmente titanita, o que indica metamorfismo de fácies anfibolito. A fácies metaultramáfica é composta por talco-clorita-tremolita serpentinitos.

Além disso, é interessante comentar que as rochas metaultramáficas afloram preferencialmente associadas à porção metapelítica, a oeste; ao passo que os anfibolitos afloram predominantemente na porção leste da unidade.

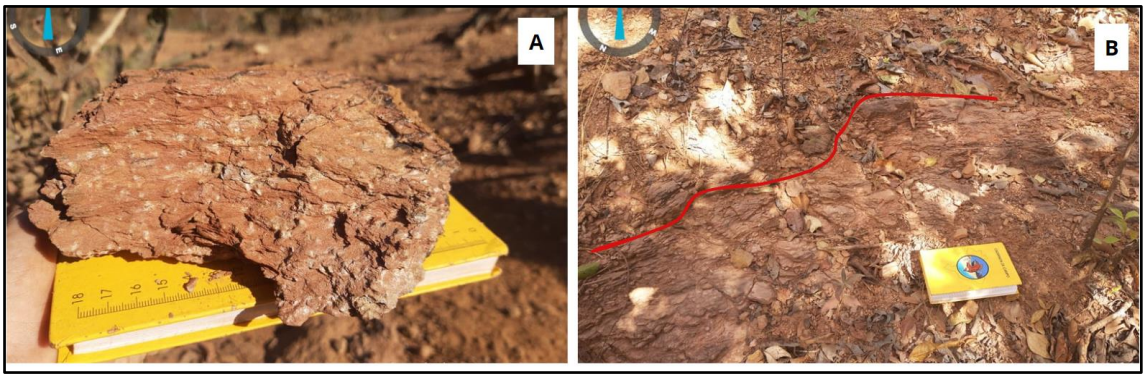


Figura 5.3. *(A) Rocha alterada de coloração vermelha-amarelada e granulação média a grossa, textura lepidoblástica, foliação do tipo xistosidade Composta por quartzo, muscovita, granada e pseudomorfos de estaurolita de hábito prismático que deforma a xistosidade: TF23-X-106 430682E 8166457S. (B) Afloramento in situ evidenciando foliação: TF23-X-181 428702E 81680537S.*

.

Unidade Córrego da Onça

A Unidade Córrego da Onça ocorre entre as áreas I a II e nas áreas V a X, sendo caracterizada por rochas metassedimentares, anfibolitos, rochas ultramáficas e gnaisses calcissilicáticos. A unidade é limitada a oeste pela Zona de Cisalhamento Ribeirão e a leste pela Zona de Cisalhamento Córrego da Areia. As rochas apresentam estruturação N-S a NNW-SSE com mergulhos subverticais. Também foi possível identificar fitas de

quartzo estirado, foliação S-C, milonitos e estruturas do tipo dominó com cinemática sinistral, concordantes com a cinemática regional.

As rochas metassedimentares são representadas por quartzitos micáceos e muscovita xistos, por vezes, contendo grafita. Os anfibolitos apresentam textura nematoblástica, sendo constituídos por plagioclásio (An_{34} - andesina), hornblenda e quartzo, sendo ocasionalmente observado clinopiroxênio em equilíbrio. De maneira subordinada, principalmente nas proximidades com zonas de cisalhamento, são observados anfibolitos hidrotermalizados, com presença de epidoto, biotita, clorita e actinolita.

Figura 5.4. *Afloramento tipo de anfibolito do Córrego da Onça exibindo foliação subvertical de direção N-S. Área VI, ponto 187 (X: 434722,9973; Y: 8181581,737).*

São observadas também rochas calcissilicáticas, com trama dúctil, localizadas a sul do Granito Serra do Iran, na Área VI. Estas foram classificadas como gnaisses calcissilicáticos, uma vez que exibem bandamento gnáissico e uma mineralogia indicativa de que a rocha passou por alteração hidrotermal calcissilicática. Esta assembleia é marcada por minerais ricos em Si, Ca e Mg, com anfibólio, quartzo, epidoto, clorita, biotita, calcita e titanita. Esse domínio, o qual foi associado à unidade Córrego da Onça, faz contato a oeste com o Gnaisse Ribeirão e a leste com anfibolitos da unidade da sequência MVS. Os contatos se dão por zona de cisalhamento transcorrente (Zona de

Cisalhamento Ribeirão), com alguns indicadores de cinemática sinistral, sendo observados mergulhos subverticais e dobras fechadas a isoclinais de eixos e planos axiais subverticais (Figura 5.4).

Figura 5.5. *Área VI, ponto 120 (X:431498,7736; Y: 8182539,859). Afloramento em lajedo mostrando gnaisses calcissilicáticos afetados pela Zona de Cisalhamento Ribeirão.*

5.2.2 Gabro Morro do Baú

A Unidade Morro do Baú corresponde a gabros intrusivos na Sequência Metavulcanosedimentar Arenópolis-Piranhas, principalmente na Área X e parte da Área IX. Se apresenta em dois domínios; um corpo oval e de maior tamanho para oeste e um corpo alongado na direção NNW-SSE para leste. Apresenta foliação predominante no sentido NNW-SSE e NNE-SSW, com mergulhos moderados a altos para oeste e leste, resultado de deformação dúctil. O corpo oeste é cortado por uma zona de cisalhamento na direção NNW-SSE.

O afloramento-tipo encontra-se no corpo oval da Área X. Esta unidade é composta por gabros de textura granular média a grossa. A mineralogia principal inclui plagioclásio e hornblenda, e minerais opacos como acessórios. Evidências de alteração, como cloritização nos cristais de hornblenda, saussuritização nas bordas dos cristais de plagioclásio e sericitização na matriz, são observadas. Por vezes a unidade aparece com sua mineralogia e textura originais preservadas, com textura cumulática.

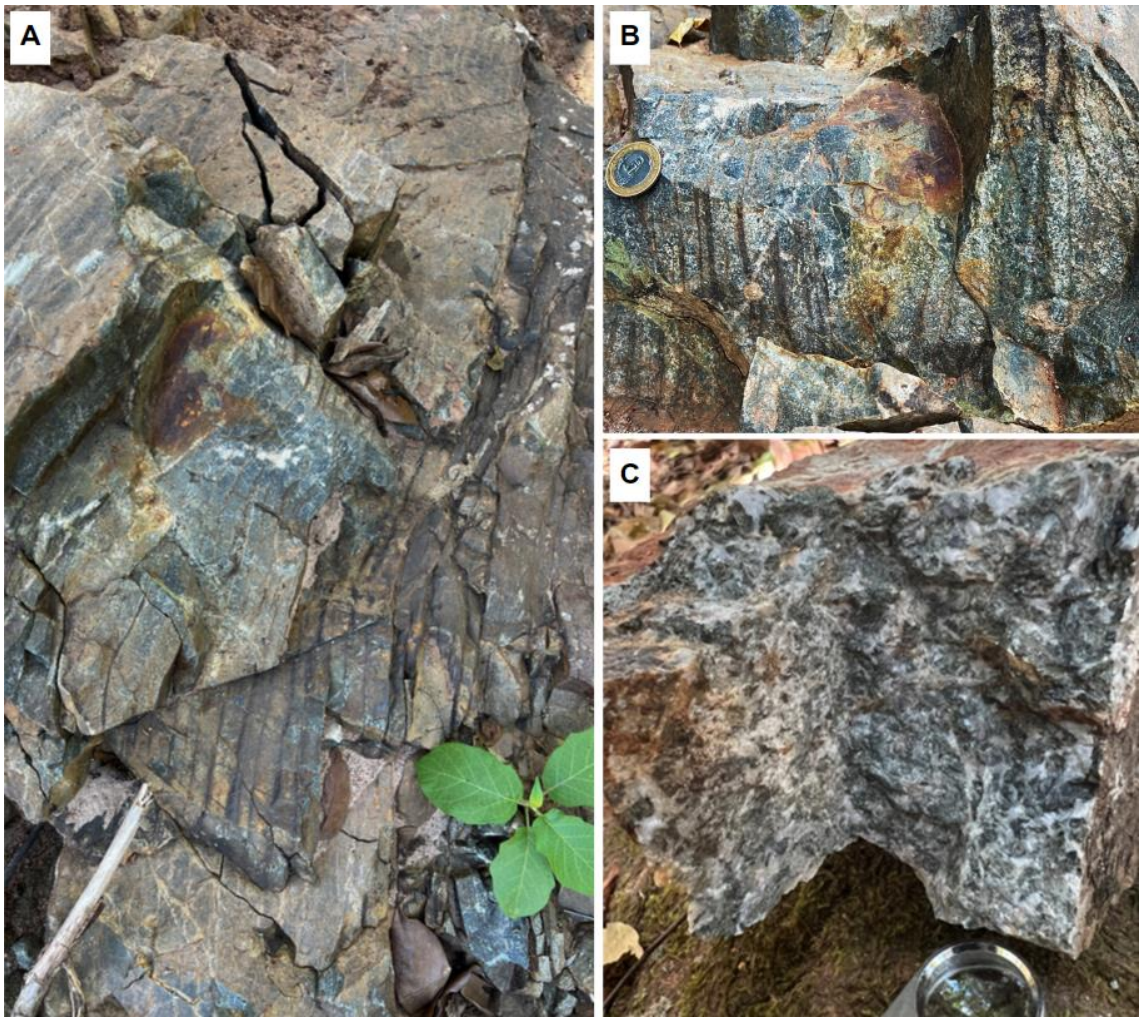


Figura 5.6. *(A) TF23-X-12 432984E 8166649S: Aspecto de afloramento da unidade Gabro Morro do Baú no corpo arredondado. (B) TF23-X-12 432984E 8166649S: Detalhe do gabro deformado com bandamento centimétrico e veios leucocráticos discordantes (C) TF23-X-13 433304E 8166548S: Gabro Morro do Baú com textura cumulática.*

5.2.3 Gnaisse Arenópolis

Na região do Projeto Arenópolis, o Gnaisse Arenópolis é encontrado entre o Granito Serra do Iran a oeste e a Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas a leste, nas áreas I até IV. No sul, nas áreas VIII até a X, ele se encontra em contato com os anfibolitos da Unidade Córrego do Santo Antônio para oeste e com Gnaisse Ribeirão para leste.

Trata-se de gnaisses tonalíticos a graníticos com fácies anfibolíticas subordinadas que ocorrem como blocos e lajedos métricos. Bandamento gnáissico com direção NW-SE representa a foliação predominante. Apresenta mergulhos subverticais, e uma lineação de estiramento mineral paralela ao bandamento, com baixo caimento na direção NW. A foliação milonítica, caracterizada por porfiroclastos de plagioclásio envoltos por lamelas de biotita, é encontrada principalmente perto do contato entre o Gnaisse Arenópolis e o Granito Rio Caiapó (Áreas III e IV). Ao longo das áreas do projeto, percebe-se uma variação composicional em membros tonalíticos predominando nas áreas mais ao norte, e membros mais félsicos mais ao sul. Na área V, lentes ultramáficas associadas ao Gnaisse Arenópolis ocorrem em pequenos morrotes que se sobressaem na topografia, compondo afloramentos de blocos métricos *in situ.* São encontrados serpentinitos, cloritítos e xistos ultramáficos.

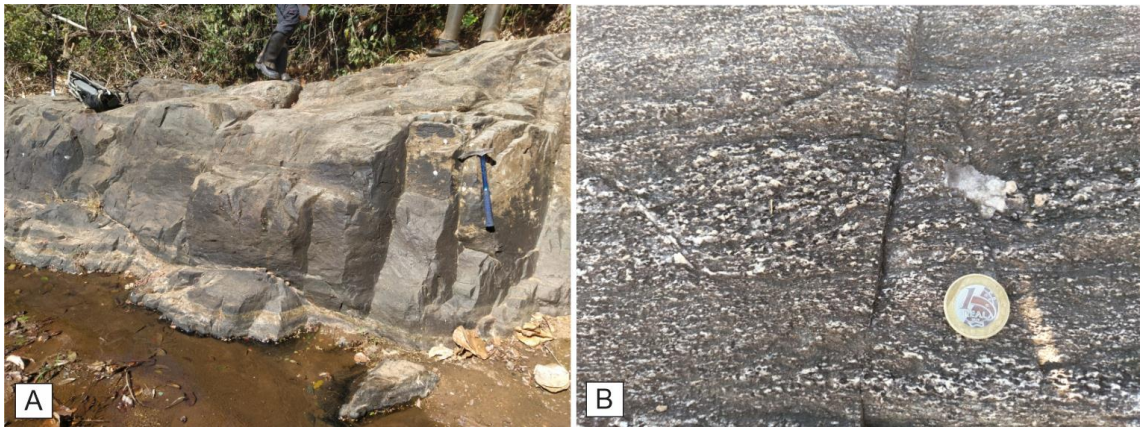


Figura 5.7. *Área III - TF23-AIII-P106 (Coordenadas X: 434953,57; Y: 8193673,35). A - Afloramento em lajedo no leito do Córrego da Areia composto por gnaisse tonalítico milonitizado. B - Detalhe da foliação milonítica apresentada pela unidade.*

5.2.4 Intrusões sin-tectônicas

Na área do Projeto Arenópolis, ocorrem duas unidades inseridas no contexto de intrusões sin-tectônicas: Granito Serra do Tatu e Granito Ribeirão Água Limpa. Essa classificação se deu através de observações de campo, em macroescala e em microescala através de identificação de microestruturas. Ambas as unidades se apresentam deformadas, com foliação bem pronunciada nas bordas e no centro dos corpos, além de ocorrer uma série de zonas de cisalhamentos associadas a um sistema anastomosado de direção preferencialmente NE-SW e NW-SE no Granito Serra do Tatu e Granito Ribeirão Água Limpa, respectivamente. Em termos de microestruturas, foram identificados mecanismos de recristalização dinâmica de baixa a média temperatura, além de estruturas como *ribbons*, fraturas e rotação de porfiroclastos.

Granito Serra do Tatu

A unidade Granito Serra do Tatu ocorre na porção leste da área do projeto, estendido em direção NNW-SSE nas Áreas V até X e com largura de aproximadamente de 2 km. Sua ocorrência está relacionada à Serra do Tatu, que deu nome a unidade. É limitada a leste e oeste pelas unidades Gnaisse Arenópolis e Córrego da Onça respectivamente, sendo que o contato em ambos os casos ocorre por zonas de cisalhamento transcorrente sinistral. São observados afloramentos em lajedo (Fig. 5.7B) e em blocos soltos.

As rochas desta unidade são leucocráticas e compostas por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e biotita, além de minerais opacos, titanita, epidoto e apatita como minerais acessórios. A textura observada é marcadamente milonítica, exibindo porfiroclastos de feldspato potássico envolvidos por biotita. A foliação milonítica é em geral subvertical, enquanto os porfiroclastos mostram-se estirados de maneira sub-horizontal e direção NNW-SSE, com cinemática sinistral (Fig. 5.7A).

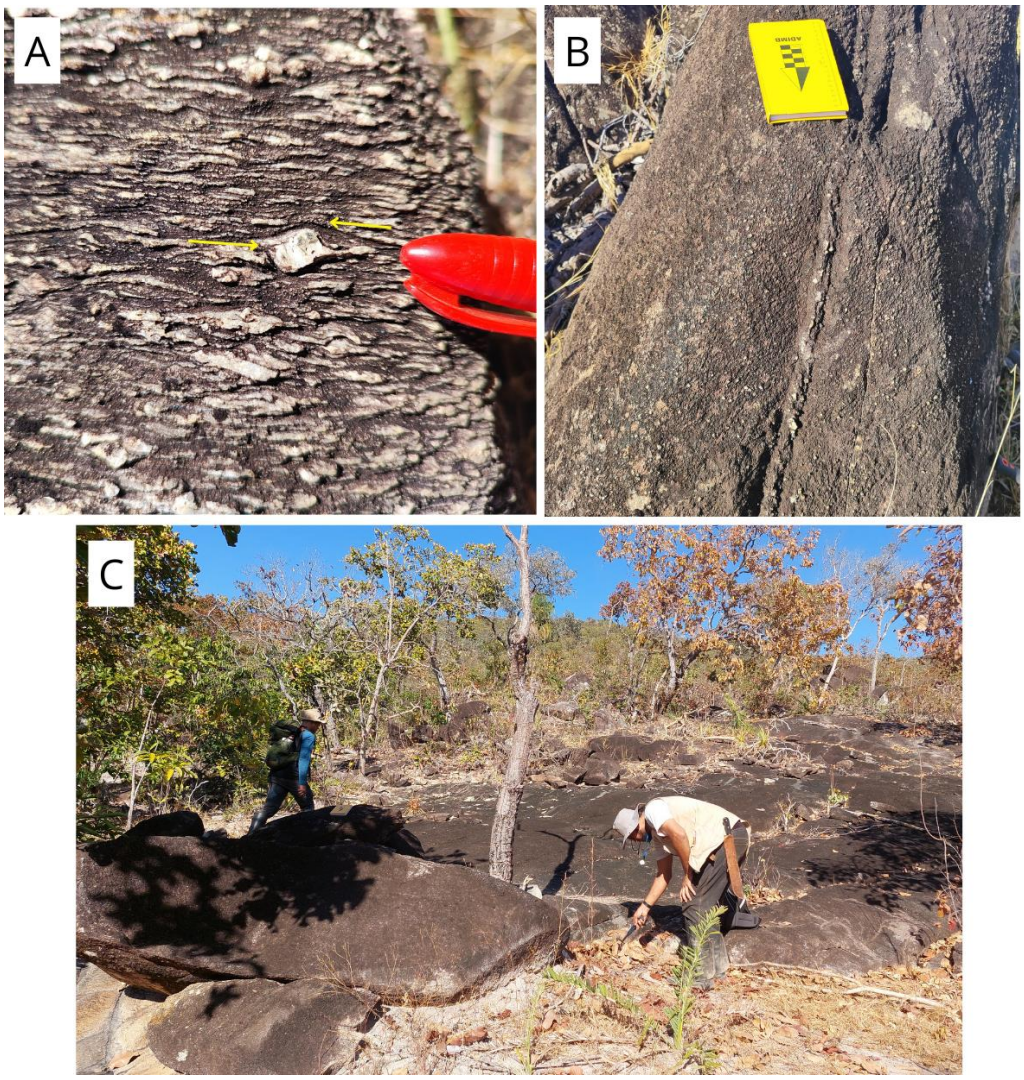


Figura 5.8. *(A) Porfiroclasto sigmoidal de feldspato potássico, exibindo rotação sinistral (destacada por setas amarelas) em meio a textura milonítica do biotita granito milonítico. Área VI, ponto 102 (X: 434548,8895; Y: 8184140,845). (B) Afloramento em lajedo de biotita granito milonítico do Granito Serra do Tatu. Área VI, ponto 102 (X: 434548,8895; Y: 8184140,845). (C) Área VII - TF23-VII-79 (X: 437028; Y: 8179502). Afloramento em blocos rolados e em lajedo de biotita granito*

Granito Ribeirão Água Limpa

O Granito Ribeirão Água Limpa aflora no extremo oeste das áreas III a X do Projeto Arenópolis. Foram descritas rochas leucocráticas, de coloração róseo-esverdeadas, e composições granodioríticas a graníticas, granulação variável de fina a grossa e texturas primárias porfiríticas e equigranulares, às quais frequentemente sobrepõe-se milonitização. Em geral, é observada biotita subordinada e, em menor abundância, muscovita. Mais raramente, ainda foram descritas rochas com hornblenda e rochas com granada sin-tectônica. A deformação milonítica é mais intensa conforme aumenta a proximidade à Zona de Cisalhamento Piranhas, que marca o contato leste da

unidade com a Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Por vezes é observado bandamento gnáissico. Além disso, ocasionalmente, na Área III, foram observadas estruturas indicativas de fusão parcial, classificadas como feições de migmatização (Figura 5.8A). Essa grande heterogeneidade composicional e textural das rochas abarcadas pela unidade indica a possível existência de variadas fontes magmáticas durante o período colisional.

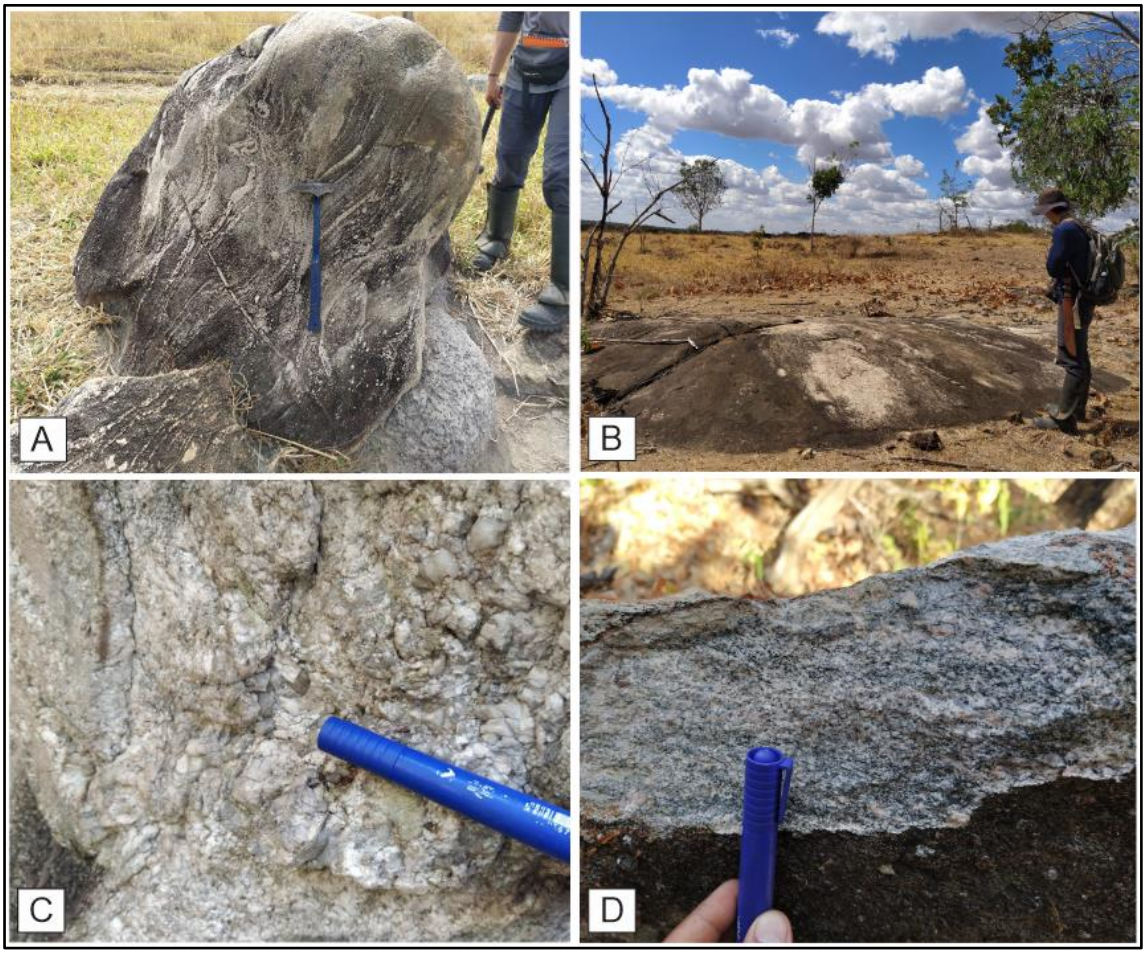


Figura 5.9. *Afloramentos do Granito Ribeirão Água Limpa. (A) Matacão de rocha com bandamento gnáissico e composição granítica com evidências de fusão parcial - migmatitos. (B) Afloramento em lajedos, muito comum nos afloramentos da Área III. (C) Fácies granítica isotrópica, com granulação grossa, classificado como pegmatítica. (D) Fácies de composição granodiorítica foliada e ocasionalmente bandada.*

5.2.5 Intrusões tardi-tectônicas

As unidades que representam intrusões tardi-tectônicas incluem os Granitos Serra do Iran e Rio Caiapó de aproximadamente 588 Ma (Pimentel *et al.*, 1996). São corpos limitados por zonas de cisalhamento, com foliação milonítica subordinada nas bordas e núcleos com feições ígneas bem preservadas no centro. As características estruturais identificadas em campo corroboram com as idades sugeridas para as unidades, que indicam um contexto pós-orogênico para o alojamento dos plútons.

Granito Serra do Iran

O Granito Serra do Iran ocorre como um corpo intrusivo tardi-tectônico situado na porção central da área abarcada do projeto, de aproximadamente 15 km de extensão e 7.5 km de largura, com exposições nas áreas I até VI. Intrude as rochas da Unidade Córrego do Santo Antônio (a oeste) e Unidade Córrego da Onça, Granito Serra do Tatu e Gnaisse Arenópolis (para leste). Este granito sobressai na topografia, resultando em relevos variando de fortemente a levemente ondulados, formando as Serras da Margarida e da Cruz, notáveis por sua cobertura densa de vegetação arbórea. Os afloramentos do Granito Serra do Iran assumem formas como lajedos (Fig. 5.9A), blocos *in situ*, em leitos de drenagem e matacões. Enquanto as bordas do corpo exibem leve deformação e fraturamento, o centro permanece preservado e isotrópico.

Diferentes fácies foram definidas dentro da Unidade Granito Serra do Iran, entre elas: 1) fácies félsicas: sienogranitos de granulação grossa (Fig. 5.9B) e fina, e monzogranitos; 2) fácies intermediárias: tonalitos, quartzo-dioritos e granodioritos; 3) fácies máficas: gabros e dioritos; 4) fácies subvulcânicas: dacitos e riodacitos. A partir desta variação composicional, foram observadas também evidências de mistura magmática, *Mixing-Mingling*. Em escala de campo, foi observado *Mingling* com a presença de dois extremos composicionais (Figs. 5.9C e 5.9D), e a partir da petrografia foi evidenciado o *Mixing*, com a presença de híbridos composicionais.

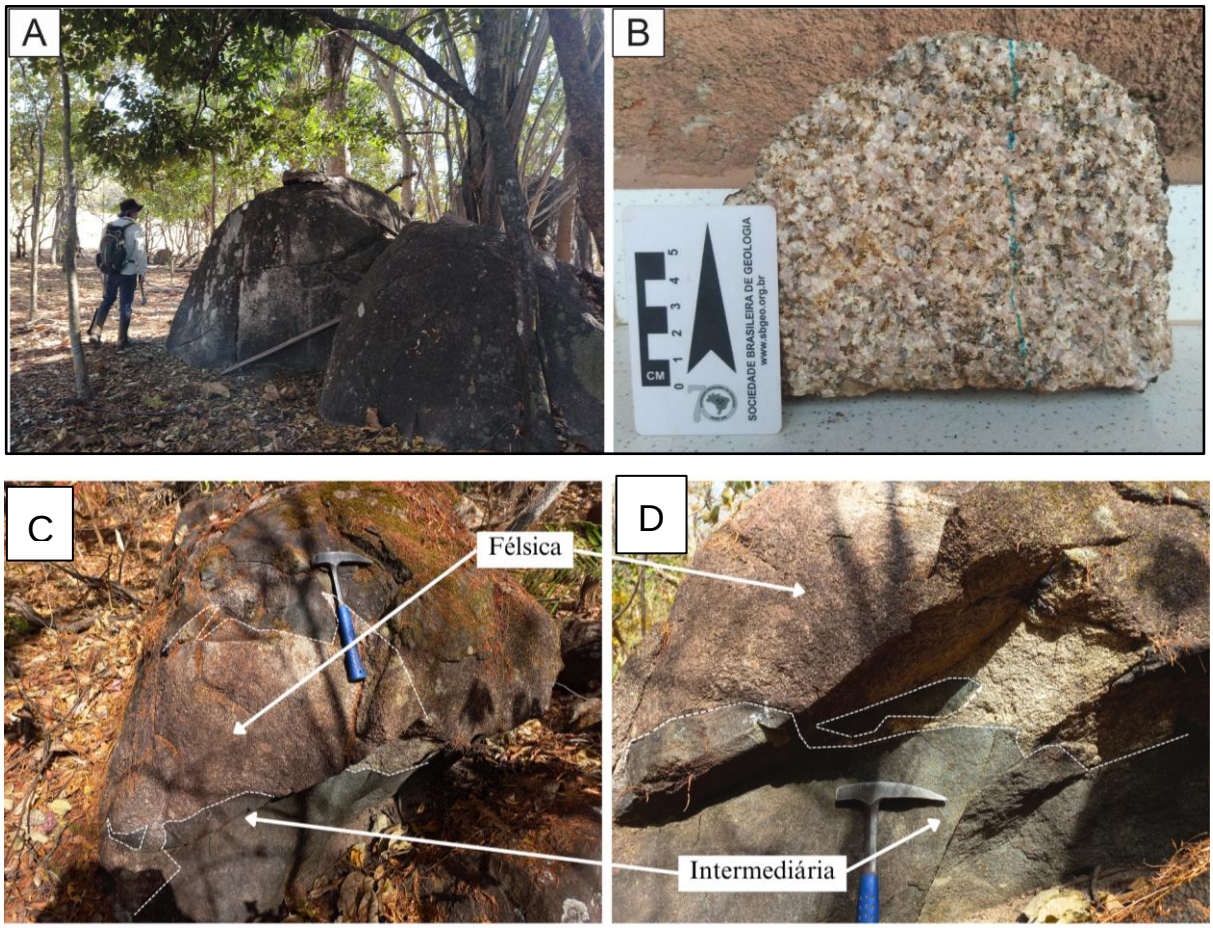


Figura 5.10. *(A) Afloramento em bloco do Granito Serra do Iran. Os blocos podem alcançar 2 metros de altura como na figura, muito comum nas proximidades da Serra da Margarida. (B) Amostra de mão representativa da fácies do Granito Serra do Iran de granulação grossa e textura equigranular. (C - D) Feições de mixing-mingling em afloramento em blocos métricos da Unidade Granito Serra do Iran no ponto (TF23-AV-P141, coordenadas: 431309E 8187001S).*

Granito Rio Caiapó

O Granito Rio Caiapó ocorre na porção nordeste do Projeto Arenópolis, e limita-se a oeste com o Gnaisse Arenópolis e a leste com o Corpo Arenópolis da Província Alcalina de Goiás. É dividido em dois domínios geomorfológicos com base, principalmente, na granulação das rochas, além de incluir uma fácies granodiorítica. Os afloramentos são caracterizados predominantemente por grandes blocos isolados e lajedos associados à Serra do Retiro Velho. O outro domínio, compreendido pela fácies granítica fina apresenta um relevo aplainado e afloramentos mais restritos.

A unidade compreende uma variedade composicional de rochas graníticas, incluindo sienogranitos, em maior parte, e granodioritos com algumas variações texturais e granulométricas. A principal textura identificada na unidade é a porfirítica, marcada por

megacristais de feldspato potássico que, ocasionalmente, apresentam texturas pertíticas. Essa fácies porfirítica ocorre, de maneira restrita, associada a diques sin-plutônicos de composição tonalítica. Por vezes, as rochas da unidade apresentam foliação bem definida pela orientação dos grãos lamelares de biotita e estiramento de feldspatos, indicando uma deformação influenciada por zonas de cisalhamento.

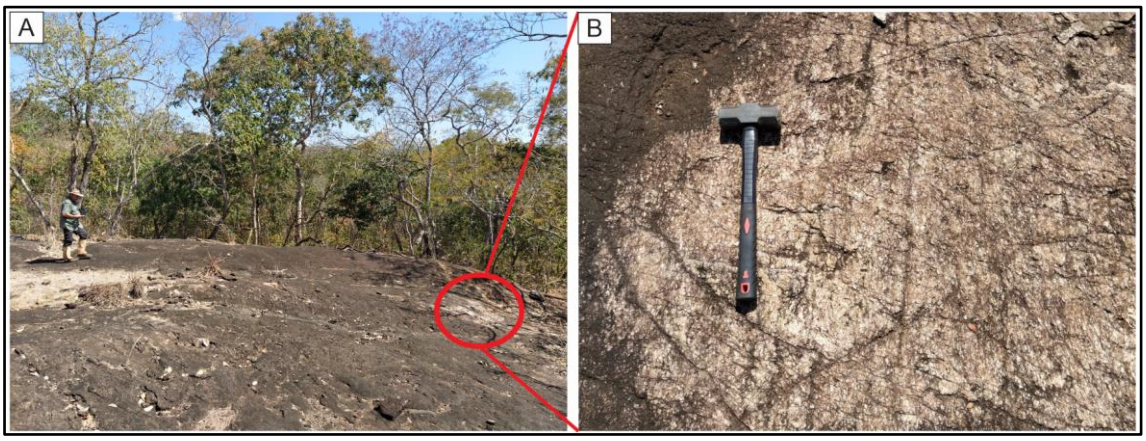


Figura 5.11. *TF23-AIII-P15 (Coordenadas X: 439660,33; Y: 8195281,30) - (A) Lajedo de dimensão métrica do Granito Rio Caiapó. (B) Detalhe para a fácies inequigranular seriada com megacristais de feldspato potássico, classificada como granito porfirítico, e fraturas de direção NW-SE.*

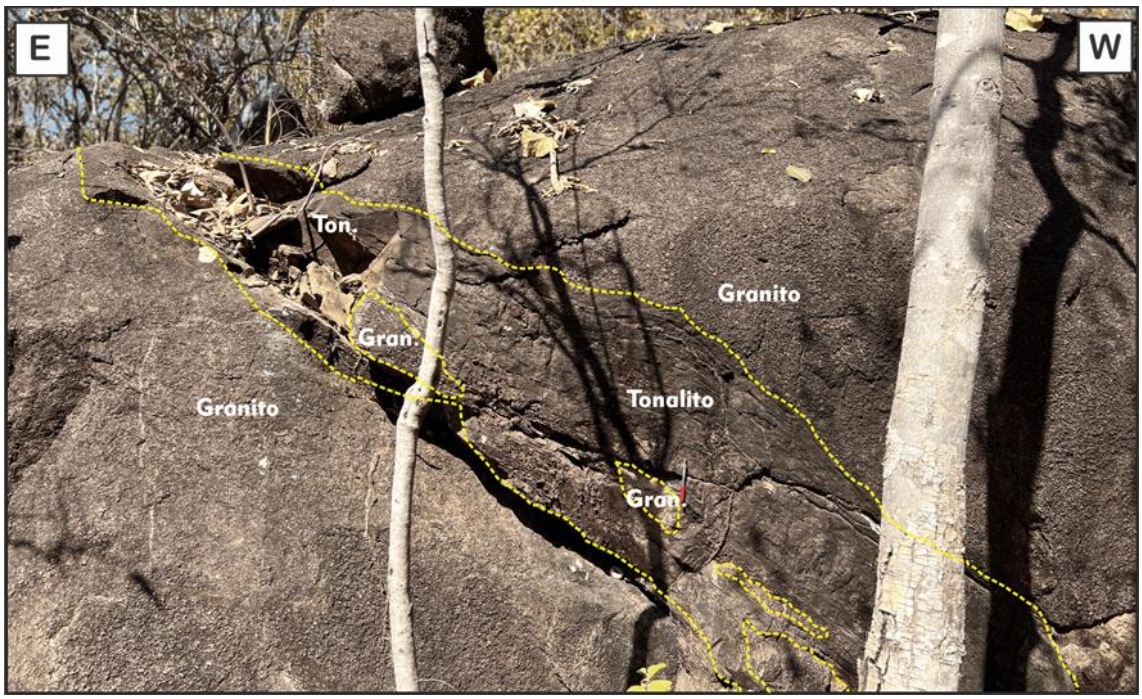


Figura 5.12. *Diques sin-plutônicos de tonalito, hospedados pela fácies granito porfirítico grosso, observados no ponto TF23-II-27 (Coordenadas X: 432888; Y: 8199463).*

Rochas Vulcânicas Córrego do Horácio

Ao longo dos extremos sudeste da área VII e nordeste da área VIII, ocorrem uma série de diques riolíticos alongados segundo *trend* NW-SE. Esses diques intrudem os anfibolitos da unidade Córrego da Onça e o Granito Serra do Tatu. Apresentam foliação subvertical, dobras e fraturas de cisalhamento. Sua distribuição, de modo geral, está associada à zona de cisalhamento ao longo do Granito Serra do Tatu, possivelmente havendo correlação entre o alojamento do plúton com as intrusões ácidas.

São rochas de composição riolítica, de coloração avermelhada a bege claro com bandamento de fluxo e evidências de devitrificação de alta temperatura, como esferulitos. Apresentam textura afanítica a porfirítica/glomeroporfirítica, definida por fenocristais de quartzo e feldspato potássico.

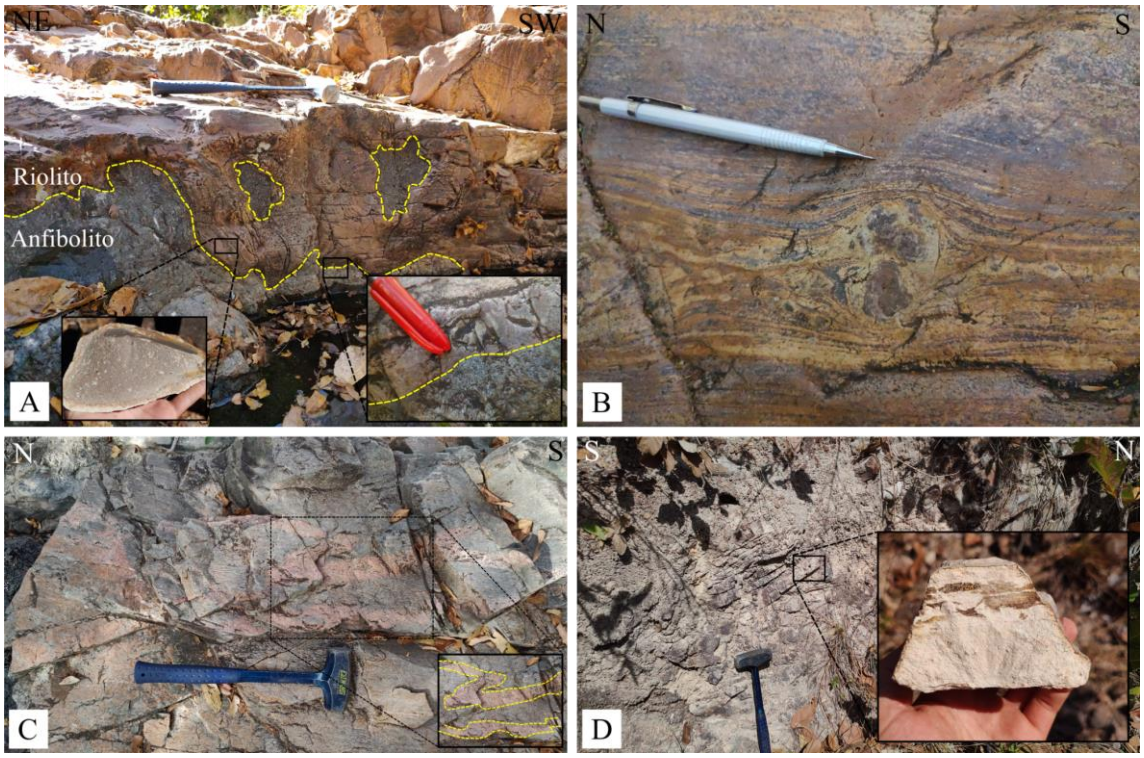


Figura 5.13. *Derrames riolíticos característicos da unidade, em afloramento-tipo (A e B) localizado na área VII (Coordenadas: 22S 434487 E 8177659 N). (A) Derrame riolítico avermelhado, sob anfibolito fino com enclaves dele. Além disso, é possível observar no detalhe, amostra de riolito de coloração bege de textura glomeroporfirítica de quartzo e feldspato. (B) Clasto rotacionado ao ser incorporado no fluxo riolítico, com esferulitos visíveis na porção superior da imagem. (C) (Coordenadas: 22S 435676 E 8177906 N), diques decimétricos de riolito cortando tonalito milonitizado do Granito Serra do Tatu. Em D (Coordenadas: 22S 437572 E 8176637 N), afloramento de riolito alterado para caulinita, com texturas primárias de fluxo fracamente preservadas.*

5.3 Bacia do Paraná

A Bacia do Paraná abrange a totalidade da porção sul da Área X (Figura 5.13) e se manifesta de forma pontual na Área VIII. O grupo geológico predominante nessa região é o Grupo Paraná, que é representado pelas formações Furnas e Ponta Grossa.

A Formação Furnas prevalece na área do Projeto Arenópolis e cobre integralmente a extremidade sul da Área X, abrangendo parte das unidades mencionadas anteriormente. Essa formação exibe um relevo de escarpa com uma orientação aproximada E-W e altitude variando entre 620 metros e 740 metros. Ela é composta principalmente por arenitos de tonalidade esbranquiçada, intercalados com arenitos conglomeráticos e siltito micáceo. Caracteriza-se por apresentar estruturas de estratificação cruzada tabular, acanalada e plano-paralela.

Quanto à Formação Ponta Grossa, ela está restrita à porção centro-sul da área, especificamente no Morro da Mesa. Essa formação é composta por arenitos de coloração esbranquiçada e ferruginosa, alternando-se com camadas argilosas.

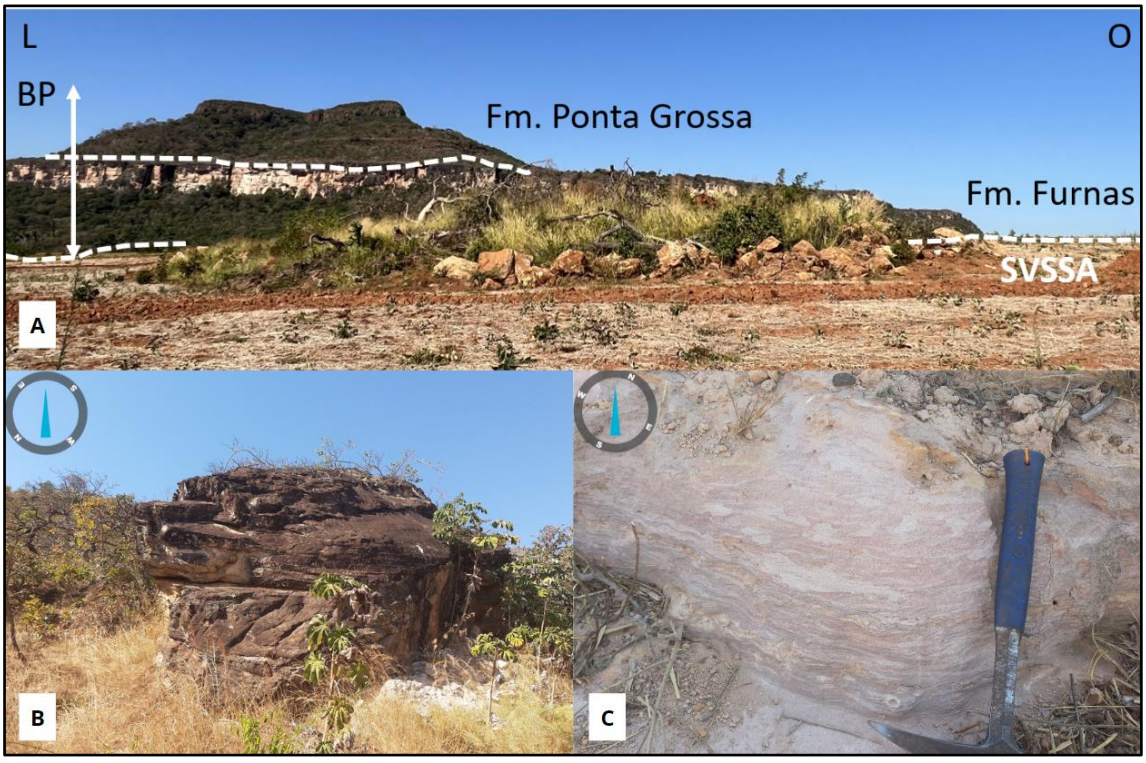


Figura 5.14. *(A) Vista panorâmica das rochas da Bacia do Paraná e da Sequência Metavulcanossedimentar Córrego Santo Antônio na área X. (B) Arenito conglomerático com estratificação cruzada (Ponto TF23-X-67 437339E 8166225N). (C) Arenito fino com estratificação cruzada (Ponto TF23-X-79 431804E 8164059N)*

5.4 Província Alcalina de Goiás

As rochas da Província Alcalina de Goiás (PAGO), identificadas na área do Projeto Arenópolis, correspondem a 1) conjunto de diques de basanito e basanito fonolítico sem uma direção preferencial intrudidos nas diferentes unidades; e 2) um corpo plutônico denominado de Complexo Alcalino Plutônico de Arenópolis, intrudido no Granito Rio Caiapó.

Rochas subvulcânicas

De modo geral, são encontrados na forma de blocos escuros alinhados ou ao longo do leito de drenagens. São rochas de elevada resposta magnética, em função da presença abundante de magnetita na matriz. Podem apresentar textura afanítica ou porfirítica, sendo possível identificar fenocristais de olivina, clinopiroxênio e, ocasionalmente, flogopita, nefelina ou leucita.

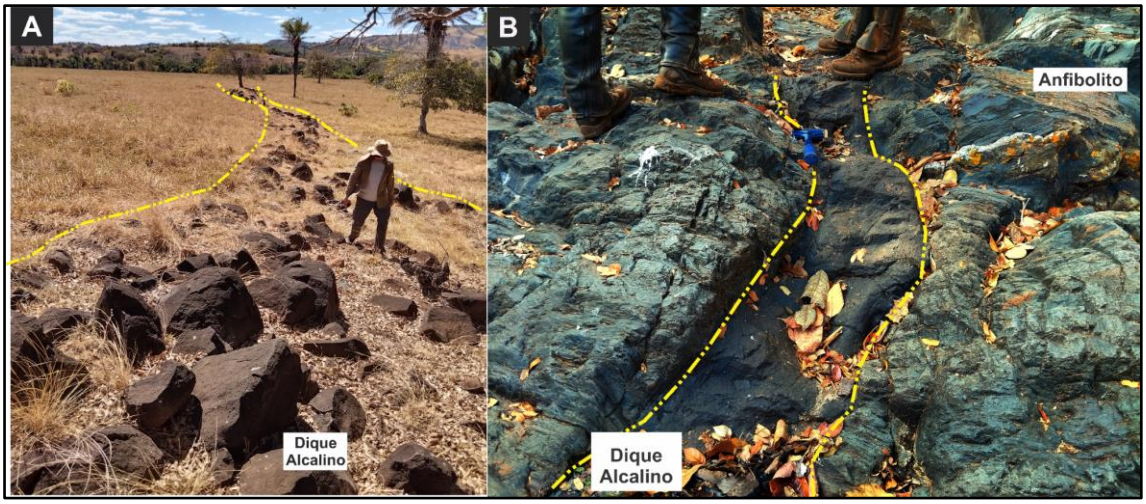


Figura 5.15. *A) Blocos submétricos a métricos de basanito, alinhados em pasto, indicando a presença de dique alcalino na Área VII (Coordenadas X: 431410; Y:8177514). Em B, dique alcalino cortando anfibolitos máficos da Unidade Córrego da Onça (Coordenadas: 22S 434922 E 8177863 N).*

Complexo Alcalino Plutônico de Arenópolis

As rochas intrusivas do Complexo Arenópolis, ocorrem no extremo leste da Área III, onde encontram-se intrudidas no Granito Rio Caiapó e compreendem uma associação de rochas ultramáficas (clinopiroxenitos), gabros, e sienitos nefelínicos e nefelinitos. A nefelina representa o feldspatoide comum em todas as rochas do complexo, juntamente com a flogopita, indicando se tratar de uma associação com afinidade sódica, caracterizada pela série ijolítica. Além disso, foram encontrados veios carbonatíticos (Fig. 5.15C) e brechas magmáticas (Fig. 5.15D).

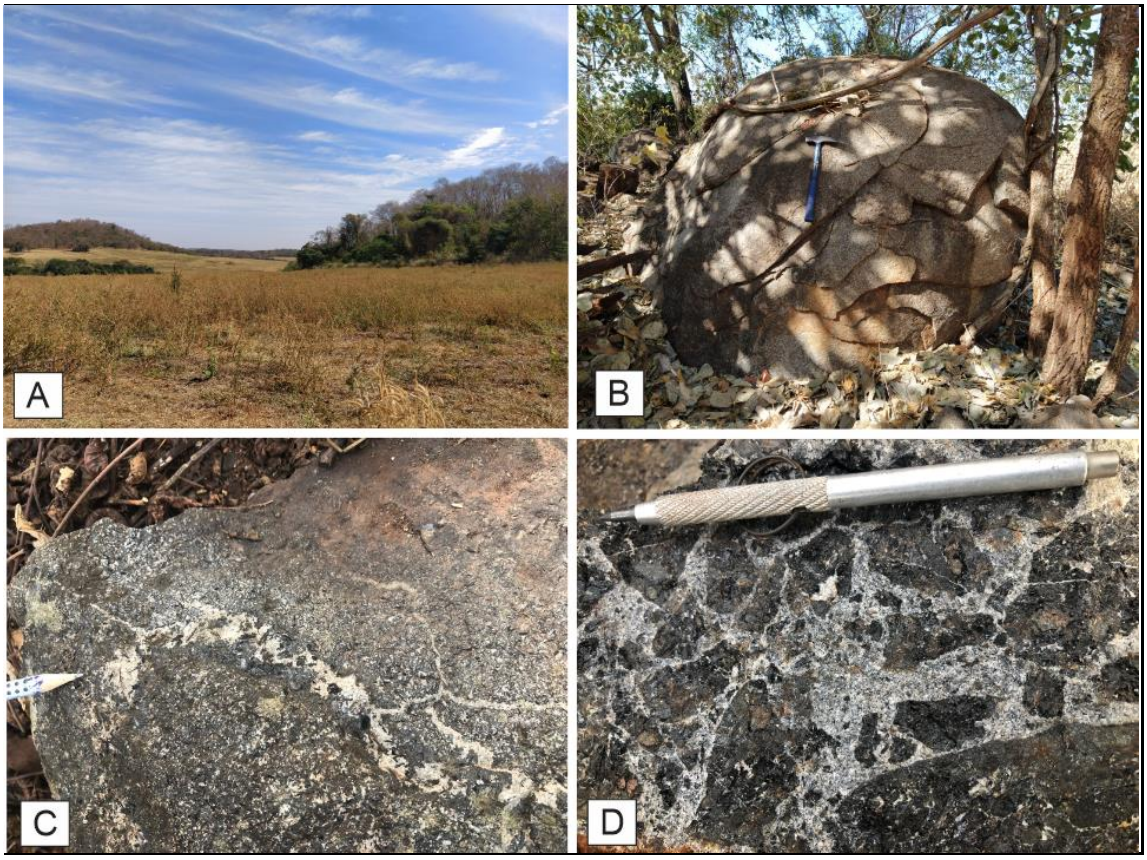


Figura 5.16. *(A) Foto panorâmica destacando o relevo encontrado no Complexo Arenópolis. Os melhores afloramentos encontram-se nos morros, enquanto a porção arrasada é dominada por pasto e plantações com perfis de solo avermelhado. (B) Afloramento com esfoliação esferoidal em nefelinito (TF23-AIII-P8 Coordenadas X: 440273,5; Y: 8194759,3). (C) Veio carbonatítico alojado em melteigitos. (D) Feições de brechas com clastos de clinopiroxenitos em meio a cimentação de matriz fina de composição félsica rica em feldspatoides.*

6 Geologia Local

O mapeamento geológico realizado pelo Projeto Arenópolis, em escala 1:25.000, classificou as unidades com base em suas associações petrográficas, geocronológicas, deformacionais e metamórficas. Os dados observados em campo em conjunto às interpretações geofísicas e fotogeológicas permitiram a elaboração do mapa geológico da área de estudo (Fig. 6.1).

A área II situa-se na porção norte do Projeto Arenópolis, contemplando rochas graníticas das unidades Granito Rio Caiapó e Serra do Iran, gnáissicas do Gnaisse Arenópolis, metavulcanossedimentares da Sequência Arenópolis-Piranhas e alcalinas referentes ao Corpo Arenópolis, além de diques cretáceos e granitoides indiferenciados pós-orogênicos. As unidades serão apresentadas conforme afloram na área, de leste a oeste, conforme o caminhamento preferencial adotado durante a etapa de campo.

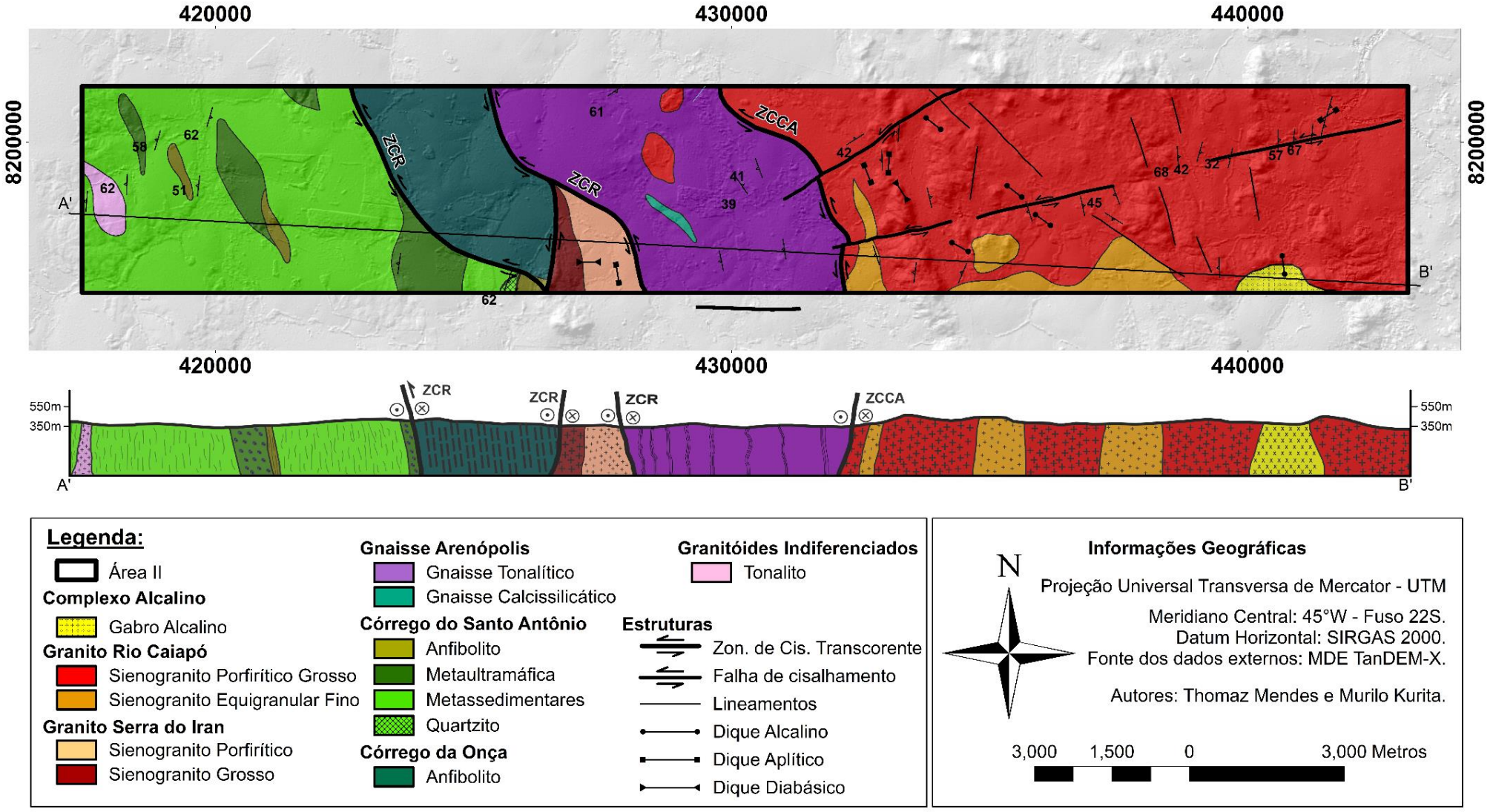


Figura 6.1. *Mapa Geológico Área II.*

6.1 Granito Rio Caiapó

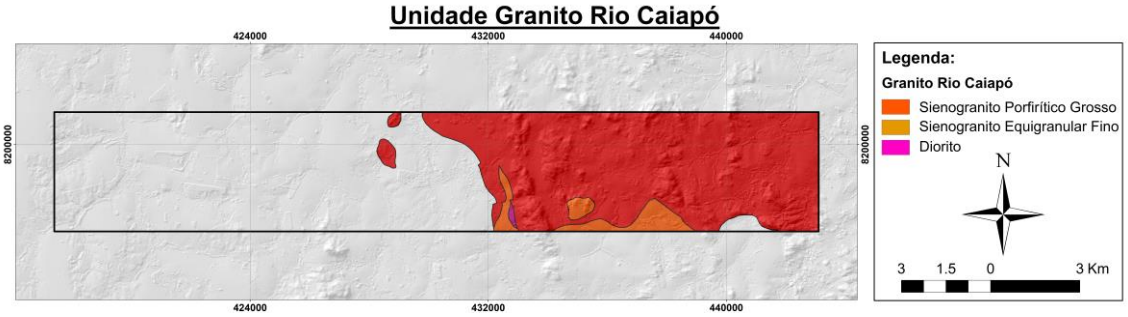


Figura 6.2. *Mapa Litológico Reduzido referente à área em que afloram as rochas da Unidade Granito Rio Caiapó.*

O Granito Rio Caiapó ocorre em grande extensão na área II, ocupando cerca de 42% da área em sua porção limítrofe a leste (Fig. 6.2), em que afloram rochas plutônicas de composição diorítica a granítica. As rochas do Granito Rio Caiapó limitam-se a oeste por falhamentos transcorrentes que as colocam em contato com rochas metamórficas do Gnaisse Arenópolis. Em sua porção sudeste esta unidade é intrudida por rochas do Complexo Alcalino de Goiás, que também têm presença marcante através de diques alcalinos distribuídos por toda a área abrangida por esta unidade. Diques aplíticos também foram reportados em campo, porém apresentam distribuição limitada.

Os granitoides exercem grande controle no relevo, comumente desenvolvendo padrões ondulados, e em algumas porções desenvolvem relevos fortemente ondulados, formando as principais serras da região que se estendem a NNW. A área abrangida por esta unidade apresenta afloramentos frequentes, e a exposição mais comum destes se dá através de matacões e lajedos.

Nos produtos aerogeofísicos essa unidade pode ser discretizada em função de sua assinatura gamaespectrométrica caracterizada por altos valores em K, Th e U, resultando em coloração rosa claro quando em composição ternária (RGB) (Fig. 4.7).

Durante a etapa de campo foram discriminadas variações composicionais, com granitos e dioritos, além de variações granulométricas, com grãos de tamanho fino e grãos de tamanho grosso. Essas características permitiram discriminar a unidade em três diferentes fácies, Sienogranito Porfirítico Grosso, Sienogranito Equigranular Fino e Diorítica, as quais encontram-se detalhadas a seguir.

Em âmbito de projeto, o Granito Rio Caiapó pôde ser dividido em três diferentes fácies, das quais apenas a fácies diorítica ocorre de maneira restrita na área II, não entrando em escala de mapa.

Sienogranito Porfirítico Grosso

É a fácies predominante da unidade e aflora em blocos métricos que, quando intemperizados, apresentam coloração acinzentada e superfícies irregulares oriundas da alteração dos cristais de feldspato potássico. Quando frescos apresentam coloração rosa claro, em geral encontram-se pouco alterados (Fig. 6.3).

A fácies é definida por rochas leucocráticas de granulação grossa e textura porfirítica. A mineralogia primária é composta por fenocristais de feldspato potássico (46%) em matriz de quartzo (25%), plagioclásio (18%) e biotita (10%), sendo classificado como sienogranito porfirítico grosso. Apresentam foliação incipiente a N-S, definida pelo alinhamento da biotita. Ao limite oeste do corpo observa-se foliação milonítica, onde encontra-se em contato com o Gnaisse Arenópolis.

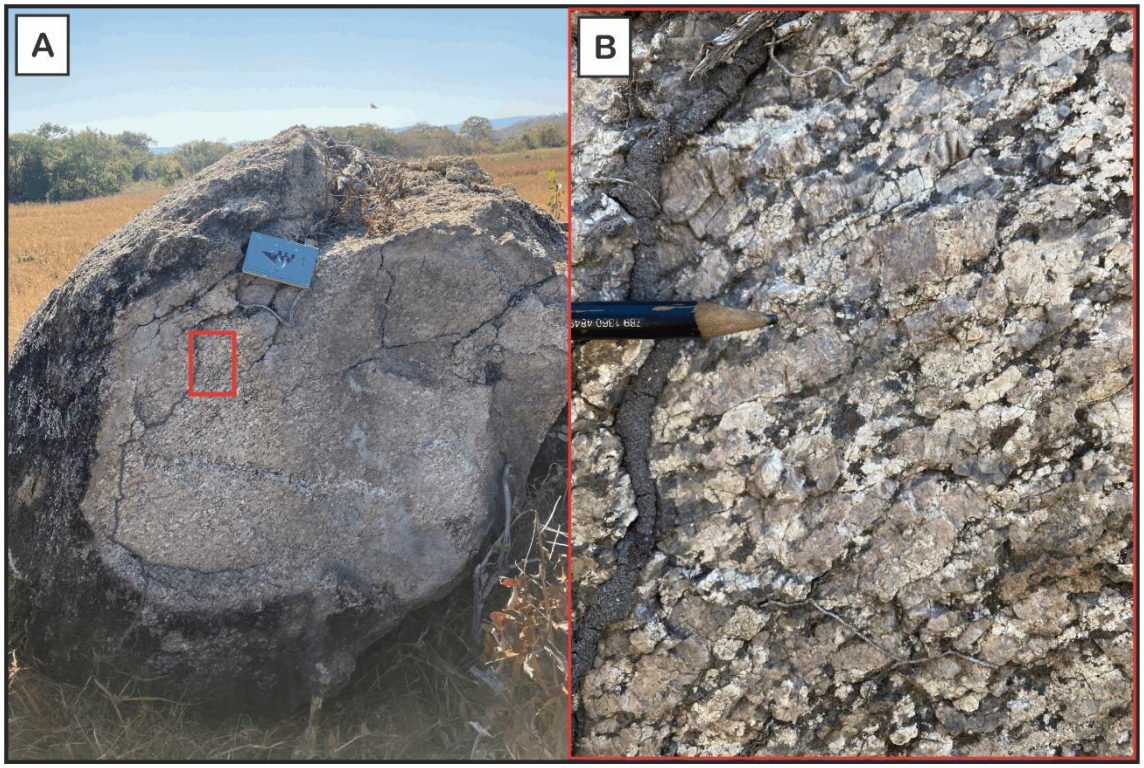


Figura 6.3. *A) Afloramento in situ, blocos métricos, Granito Rio Caiapó granulação grossa. A seta da caderneta indica o Norte; B) Detalhe do mesmo afloramento.*

Esta fácies apresenta-se como hospedeira de diques sin-plutônicos com composição tonalítica. Estes diques, em conjuntura com as demais fácies observadas constituem-se como indicadores claros de mistura entre dois magmas durante sua atividade plutônica, *Mixing e Mingling;* um magma félsico, representado pelos sienogranitos, e um magma máfico, representado por dioritos.

O dique sin-plutônico intrude o granito hospedeiro, expressando-se através de contatos irregulares nas bordas, em formas sinuosas e por vezes cúspides. Além disto, observa-se porções graníticas inclusas no dique e a presença de interdigitações localizadas, evidenciando o caráter ainda líquido das duas fácies contemporâneas (Fig. 6.4).

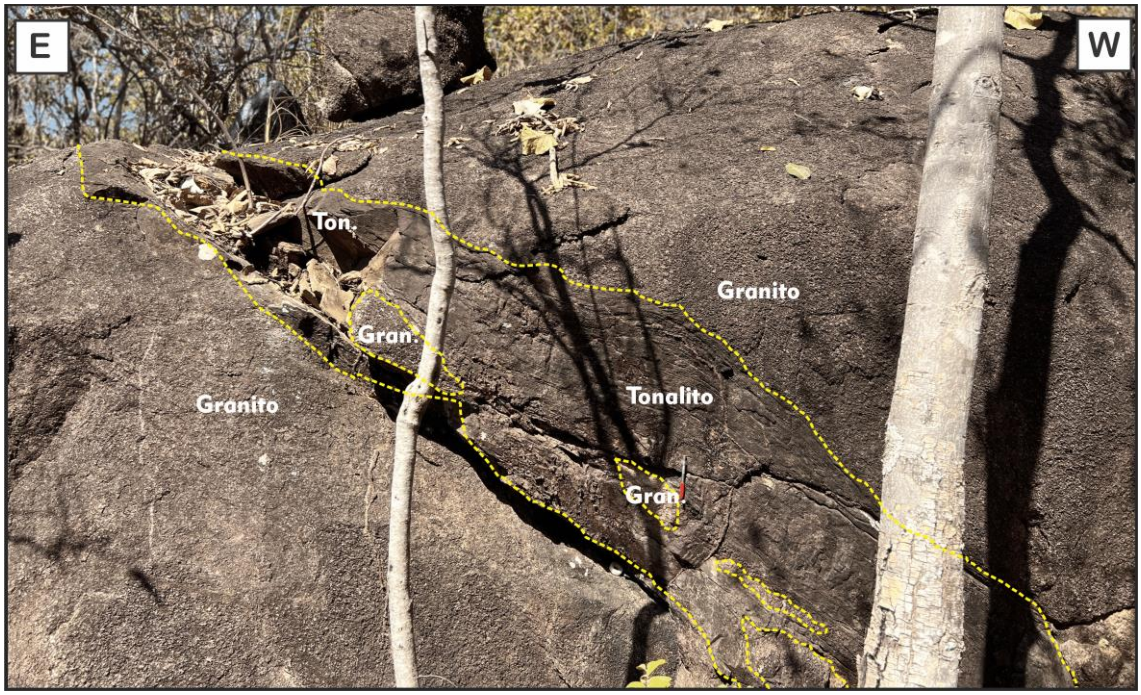


Figura 6.4. *Diques sin-plutônicos de tonalito, hospedados pela fácies granito porfirítico grosso, observados no ponto TF23-II-27 (Coordenadas X: 432888; Y: 8199463).*

Em análise petrográfica dos diques sin-plutônicos foi possível observar dois domínios distintos, ponto TF23-II-27 (Fig. 6.5). O domínio 1 é félsico, de granulação grossa representando o total de 40% da lâmina e o domínio 2, intermediário, de granulação fina, que representa 60% do total da lâmina.

O domínio 1 é caracterizado por possuir granulação grossa e textura porfirítica, com fenocristais de feldspato potássico (36%) em matriz composta por quartzo (34%), plagioclásio An-12 (23%) e biotita (5%). Apatita e opacos (1%) apresentam-se como

minerais acessórios. A composição mineralógica permite classificar a rocha como sienogranito.

O domínio 2 é caracterizado por possuir granulação fina e textura inequigranular, marcada pelo alinhamento dos cristais de biotita. A rocha é composta por biotita (33%), plagioclásio (32%), quartzo (19%), titanita (7%) e anfibólio (3%). Óxidos (4%) e apatita (1%) apresentam-se como minerais acessórios. A composição mineralógica permite classificar a rocha como tonalito, e embora a biotita seja desconsiderada no Digrama Streckeisen sua presença indica um caráter potássico para seu magma formador.

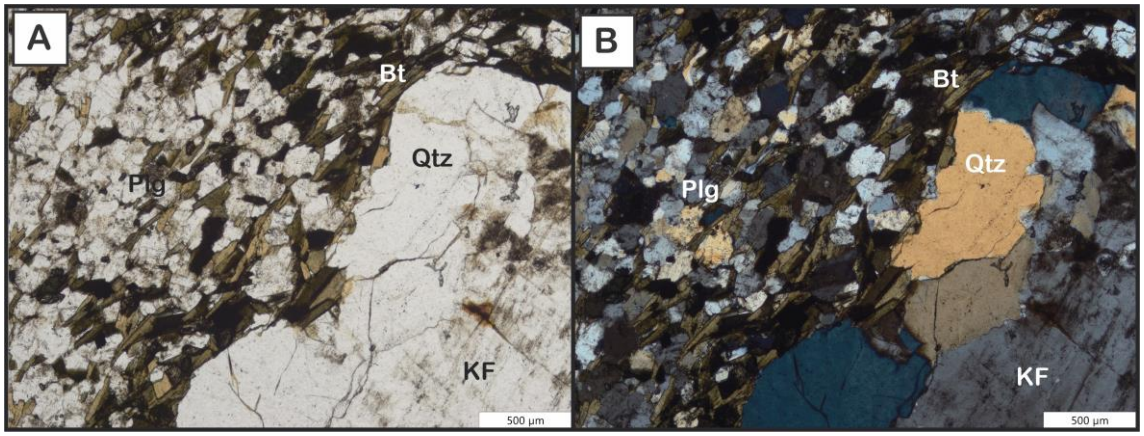


Figura 6.5. *Diques sin-plutônicos de tonalito, hospedados pela fácies granito porfirítico grosso, observados no ponto TF23-II-27 (Coordenadas X: 432888; Y: 8199463).*

Sienogranito Equigranular Fino

A fácies equigranular fina é encontrada em maior proporção na porção próxima ao limite sudeste da área, comumente afloram como blocos decimétricos e lajedos, apresentando coloração cinza quando alterados e rosa enquanto frescas. Durante o mapeamento foi observado que esta fácies exerce um controle diferente ao relevo quando comparado à fácies porfirítica grossa, não desenvolvendo relevos fortemente ondulados.

Esta fácies é definida por apresentar rochas leucocráticas de granulação fina e textura equigranular. A mineralogia primária é definida por feldspato potássico (58%), quartzo (35%) e biotita (6%), sendo classificada como sienogranito equigranular fino (Fig. 6.6).

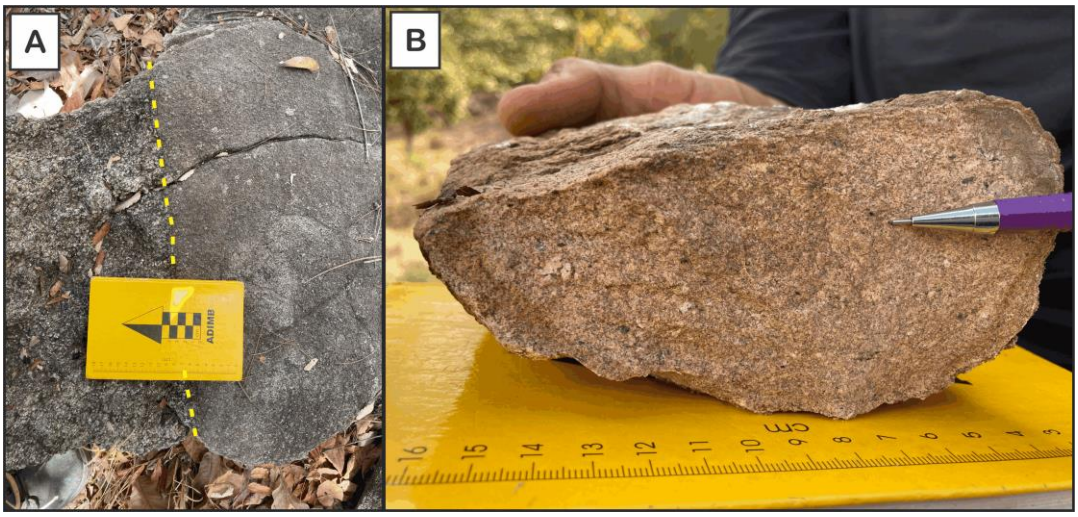


Figura 6.6. *A) Afloramento em blocos in situ, contato entre as fácies sienogranito Rio Caiapó granulação grossa e fina; B) Amostra de mão, sienogranito Rio Caiapó granulação fina.*

Granito Rio Caiapó – Fácies Diorítica

A presença de granitoides de composição diorítica têm suas principais ocorrências ao longo da Serra do Retiro Velho, na porção oeste da referida unidade. Afloram em lajedos e matacões. As fases dioríticas ocorrem em geral como intrusivas nos corpos mais ácidos, por vezes através de "contatos frios" ou por "contatos quentes" indicando mistura magmática.

Esta fácies é definida por rochas mesocráticas de granulação média e textura inequigranular. A mineralogia principal é composta por hornblenda (52%), plagioclásio (42%) e biotita (6%), sendo classificada como diorito inequigranular médio. De modo geral não se apresentam deformados (Fig. 6.7).

Figura 6.7. *A) Dique máfico pertencente a fácies diorítica Granito Rio Caiapó; B) Amostra da fácies diorítica, granito Rio Caiapó.*

6.2 Gnaisse Arenópolis

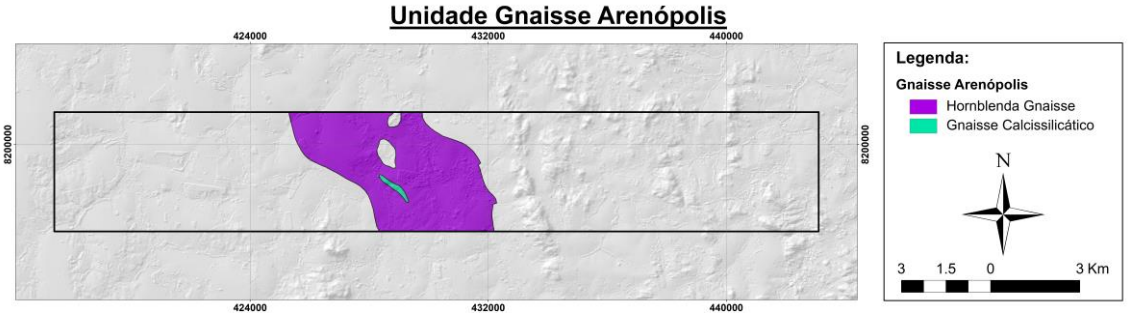


Figura 6.8. *Mapa Litológico Reduzido referente à área em que afloram as rochas da Unidade Gnaisse Arenópolis.*

O Gnaisse Arenópolis ocorre em aproximadamente 17% da área e está localizado na porção central da área mapeada (Fig. 6.8). Esta unidade apresenta-se em corpo alongado de direção NNW, agrupando rochas gnáissicas de composição majoritariamente diorítica, com variações pontuais de composição tonalítica. O corpo é limitado por zonas de cisalhamento, a leste, e está em contato com as rochas graníticas do Rio Caiapó, e, a oeste, por falhas transcorrentes que o colocam em contato com as rochas da Sequência Metavulcanossedimentar de Arenópolis-Piranhas. Além dos gnaisses, afloram pontualmente rochas melanocráticas metamorfizadas em fácies anfibolito.

As áreas que abrangem esta unidade apresentam padrão de relevo suave-ondulado, comumente recoberto por plantações e pastagens (Fig. 6.9), o solo apresenta acentuado desenvolvimento de concreções ferruginosas. Todos estes fatores combinados dificultam a preservação de afloramentos nestas regiões.

Nos produtos aerogeofísicos essa unidade é caracterizada por sua assinatura gamaespectrométrica de razões alta, moderada e baixa de K, Th e U, respectivamente, resultando em tons variando entre vermelho e magenta quando em composição ternária (RGB) (Fig. 4.7).

A variação composicional observada nos gnaisses presentes na área II permitiu a discriminação das rochas em duas fácies diferentes. Além disto a unidade apresenta uma terceira fácies decorrente de alteração hidrotermal, dando origem às rochas de composição calcissilicática, totalizando três fácies discriminadas, as quais encontram-se descritas a seguir.

Em âmbito de projeto, o Gnaisse Arenópolis pôde ser dividido em duas diferentes fácies; gnaisse tonalítico e ganaisse granítico. Vale salientar que todas as fácies individualizadas para a área II estão englobadas na fácies tonálitica. O gnaisse tonalítico possui variação composicional, aumentando a quantidade de quartzo e feldspato potássico à medida que se progride para as áreas mais ao sul, implicando em uma fácies principal de composição variando de diorítica a tonalítica. Por apresentar maior abrangência na área do projeto, a composição tonalítica foi elencada como a mais representativa, embora essa fácies seja classificada como diorítica para as rochas da área II.

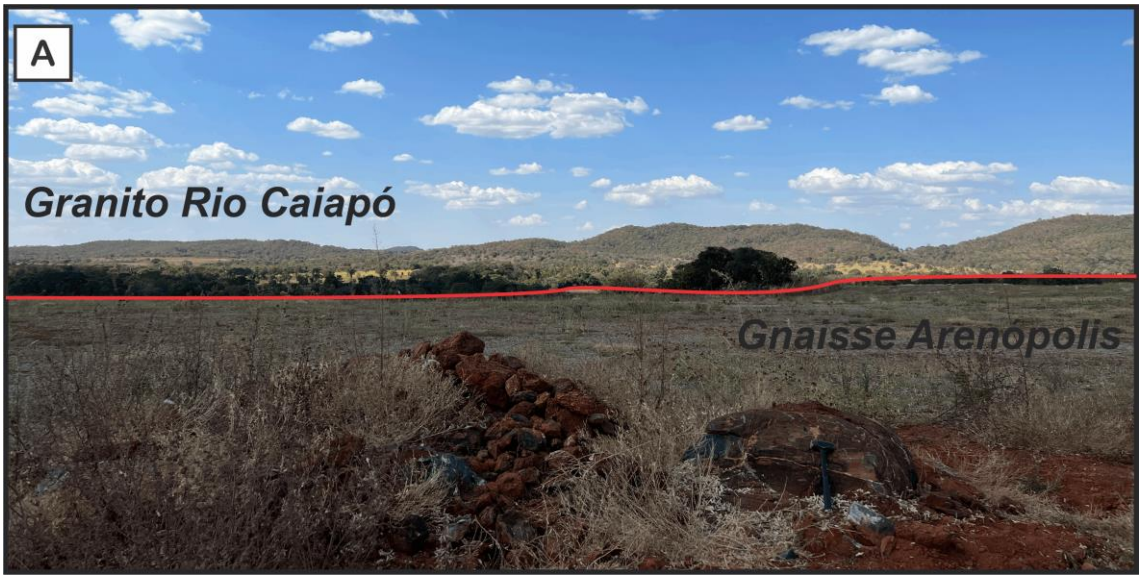


Figura 6.9. *A) Imagem panorâmica com direção leste, evidenciando as diferenças de relevo entre as Unidades Rio Caiapó e Gnaisse Arenópolis.*

Gnaisse Diorítico (Hornblenda Gnaisse)

Sendo a fácies predominante na área englobada pelo Gnaisse Arenópolis, o gnaisse diorítico possui granulometria média à grossa, e têm sua mineralogia definida por hornblenda (58%), plagioclásio (29%), clinopiroxênio (8%) e quartzo (4%). Essa fácies apresenta textura nematoblástica, em que domínios máficos e félsicos são definidos por bandas composicionais intercaladas de espessura centimétrica.

O hornblenda gnaisse encontra-se metamorfizado em fácies anfibolito. A partir de sua mineralogia primária pode-se inferir que estas rochas derivam de protólito ígneo de composição diorítica (Fig. 6.10).

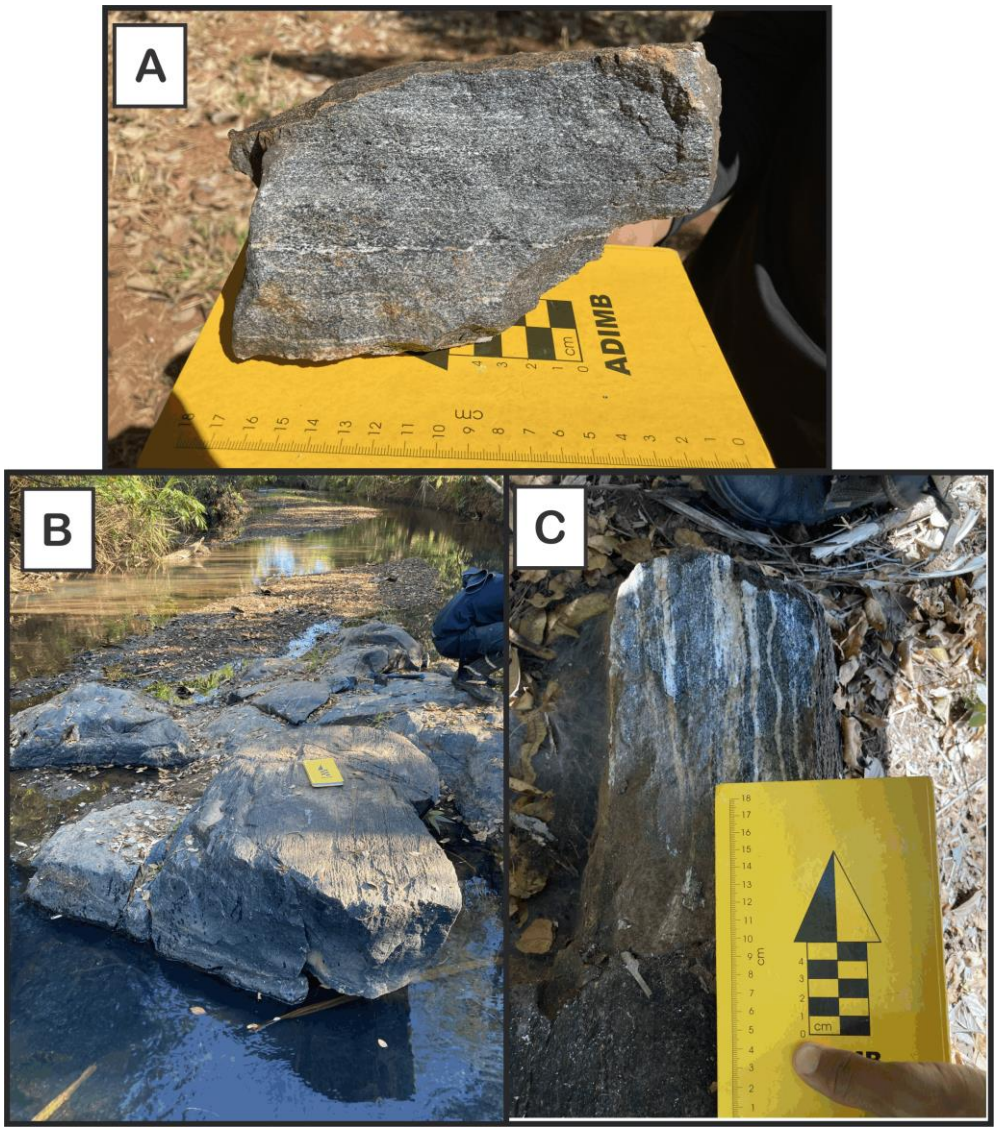


Figura 6.10. *Afloramentos do hornblenda gnaisse diorítico em blocos métricos e lajedos. Ponto TF23-II-136. Coordenadas: 22S 0428474 8199074.*

Anfibolitos

Ao longo do mapeamento da Unidade Gnaisse Arenópolis foram observadas rochas básicas metamorfizadas em fácies anfibolito. Estas ocorrem de maneira restrita ao longo da área abrangida pela unidade, e por ter sua distribuição limitada foram descritas de maneira pontual. Estão expostas geralmente através de afloramentos em blocos decimétricos e apresentam mineralogias compostas essencialmente por hornblenda (65%) e plagioclásio (26%), esporadicamente com quartzo em até 8% de sua composição.

O afloramento pertencente a esta fácies (Fig. 6.11) apresenta rocha mesocrática de coloração cinza escuro, com granulometria média e textura nematoblástica, definida

pelo alinhamento mineral da hornblenda. Essa fácies anfibolítica ocorre como uma porção mais preservada do protólito da Unidade Gnaisse Arenópolis.

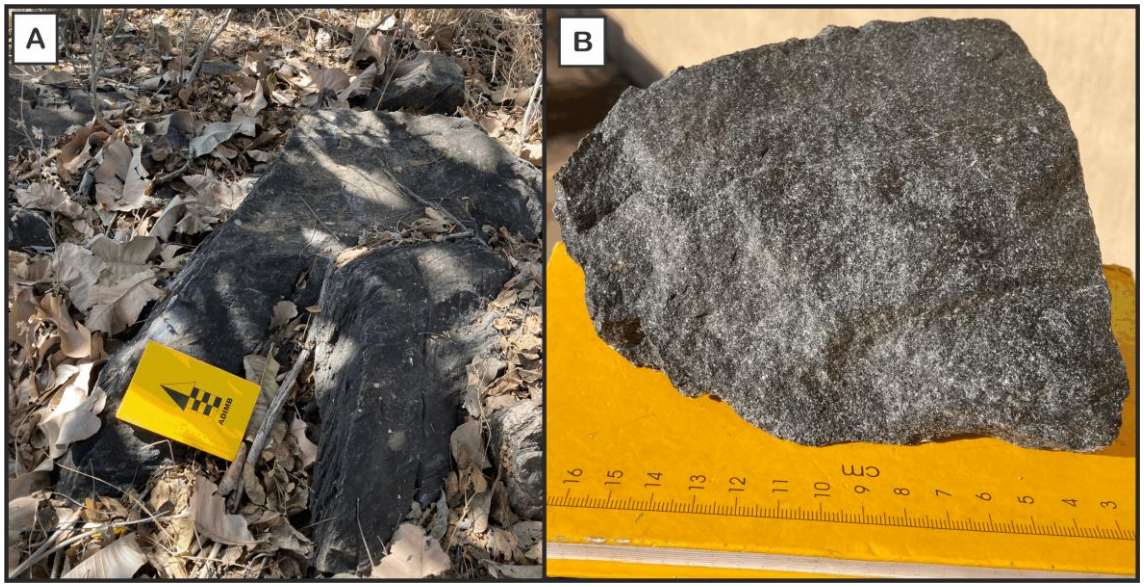


Figura 6.11. *A) Afloramento do anfibolito em blocos métricos. Ponto TF-23-146; B) Amostra de mão da rocha observada no referido ponto.*

Os anfibolitos apresentam granulometria média à fina, com foliação penetrativa à NNW, marcada pela orientação preferencial dos anfibólios, que configuram textura nematoblástica para a rocha (Fig. 6.12)

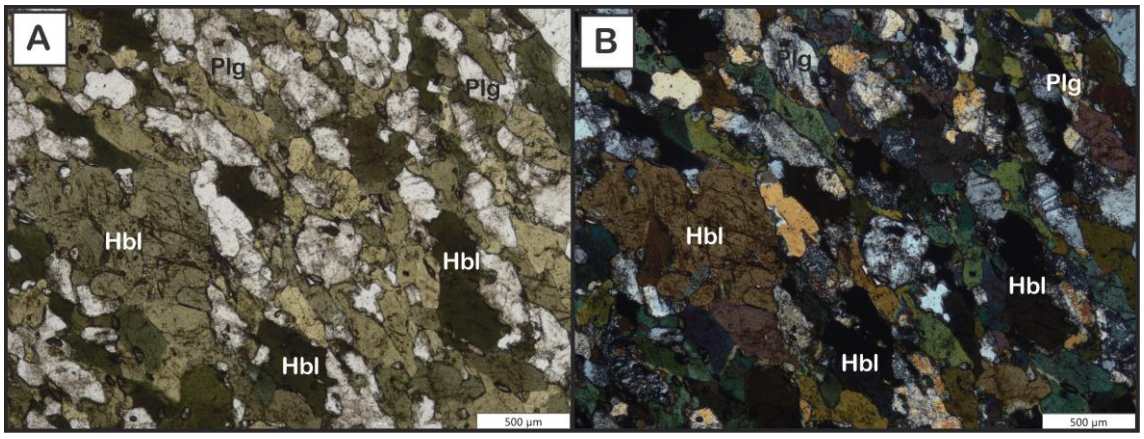


Figura 6.12. *A) seção delgada observada à nicóis paralelos, TF23-II-146, anfibolito; B) Seção delgada à nicóis cruzados, TF23-II-146, anfibolito.*

Gnaisse Calcissilicático

Na porção central da Unidade Gnaisse Arenópolis foram observadas feições de alteração hidrotermal, associadas a pequenas intrusões graníticas que ocorrem na área. Afloram em blocos métricos distribuídos de maneira esparsa ao longo de plantações, apresentando rochas de coloração predominantemente rosa e verde quando frescas (Fig. 6.13).

Quando alteradas apresentam coloração cinza escuro com variações em domínios claros associados a veios pegmatíticos de feldspato potássico em que desenvolvem-se cristais de granada (Fig. 6.14).

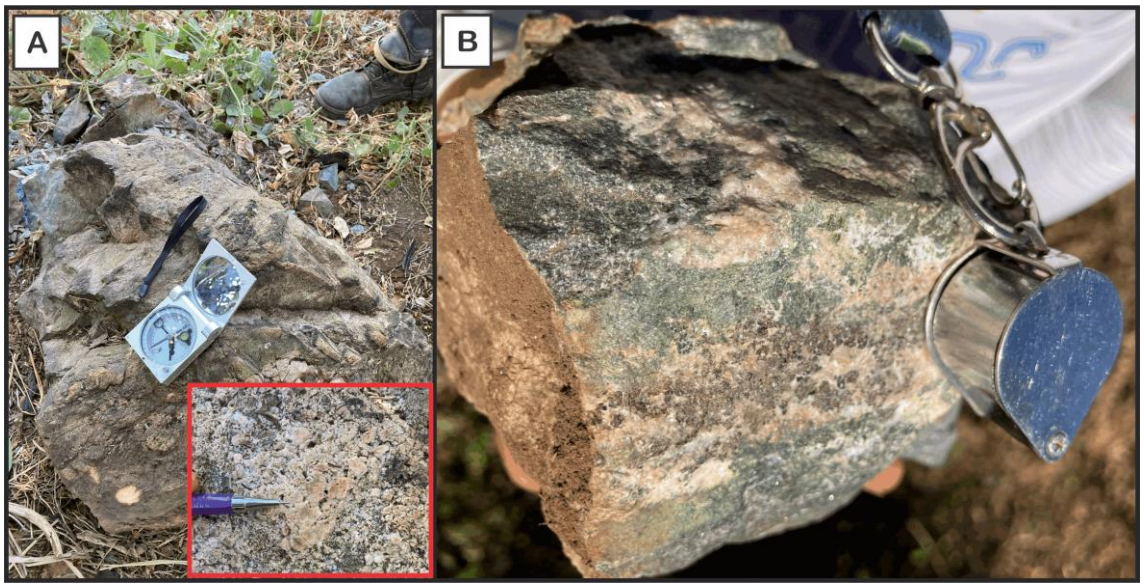


Figura 6.13. *A) Afloramento em blocos decimétricos do gnaisse cacissilicático; B) Amostra de mão correspondente ao afloramento. A orientação da bússola aponta ao norte. Ponto TF23-II-140.*

Figura 6.14. *Veios de feldspato potássico desenvolvidos no gnaisse calcilicático. Ponto TF23-II-140.*

O gnaisse calcissilicático é composto por epidoto (25%), feldspato potássico (22%), granada (20%), hornblenda (18%), titanita (5%) e opacos. O arranjo entre os minerais se dá principalmente através de textura granoblástica de granulação média, composta por cristais de epidoto, granada e hornblenda e domínios profiroblásticos com megacristais de feldspato potássico e granada (Fig. 6.15).

A rocha representa alteração da sua assembleia original, causada por processos hidrotermais, com a transformação de cristais de plagioclásio para epidoto, e textura granoblástica com porfiroblastos de feldspato potássico e granada. A composição mineralógica da rocha permite correlacionar seu protolito à fácies anfibolítica da Unidade Gnaisse Arenópolis.

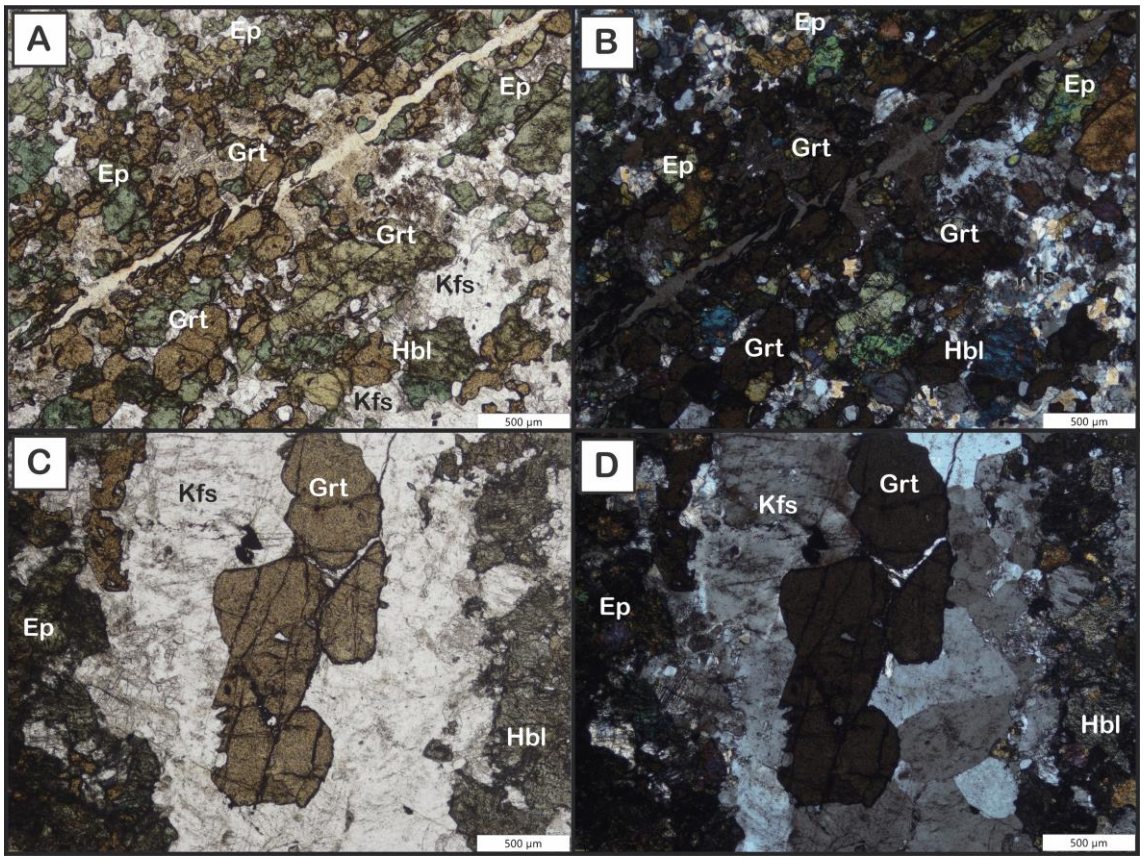


Figura 6.15. *A) seção delgada observada à nicóis paralelos, TF23-II-140, gnaisse calcissilicático; B) seção delgada à nicóis cruzados, TF23-II-140, gnaisse calcissilicático; C). seção delgada observada à nicóis paralelos, TF23-II-140, desenvolvimento de cristais de granada nos veios de feldspato potássico; D) seção delgada observada à nicóis paralelos, TF23-II-140, desenvolvimento de cristais de granada nos veios de feldspato potássico*.

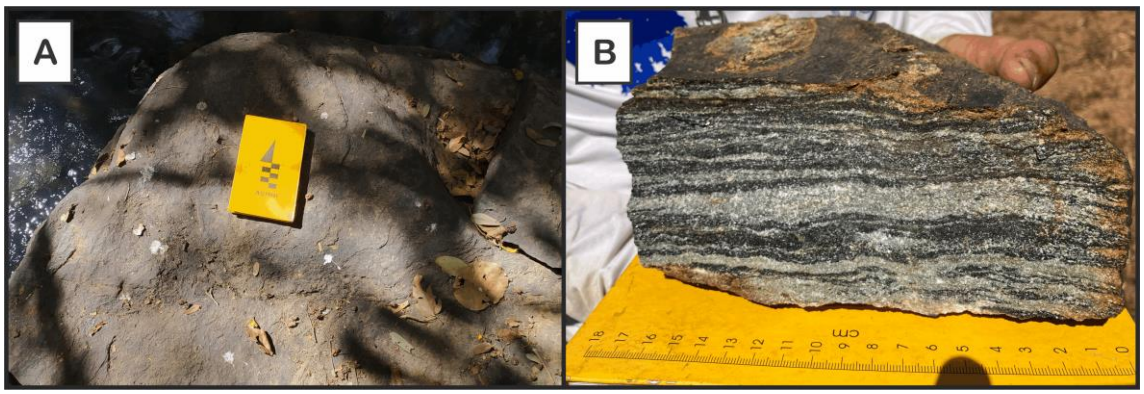


Figura 6.16. *A) Afloramento em laje à beira do rio. Ponto TF23-II-147; B) Amostra de mão referente ao afloramento em "A".*

O afloramento exibido pela Figura 6.16 é pontual e significativamente diferente das demais rochas da fácies calcissilicáticas. Observado no ponto TF23-II-147, apresenta rocha mesocrática, com variação de cor entre cinza escuro e verde claro, definida por

bandamentos de diferentes composições. A rocha apresenta textura granonematoblástica, de granulação média e sua mineralogia é definida por hornblenda, plagioclásio e epidoto. O bandamento composicional é configurado em domínios escuros com predominância da hornblenda orientada, enquanto domínios esverdeados compostos primordialmente por plagioclásio e epidoto apresentam textura granoblástica.

Em análise petrográfica deste afloramento pontual, observa-se rocha textura predominantemente granoblástica e de granulação grossa. A composição é representada por cristais de hornblenda (40%), plagioclásio (30%), epidoto (12%), diopsídio (5%), titanita (4%) e opacos (3%). Vale salientar que essa análise foi comprometida em função do corte na etapa de laminação ter ocorrido paralelo ao plano de foliação da rocha (Fig. 6.17).

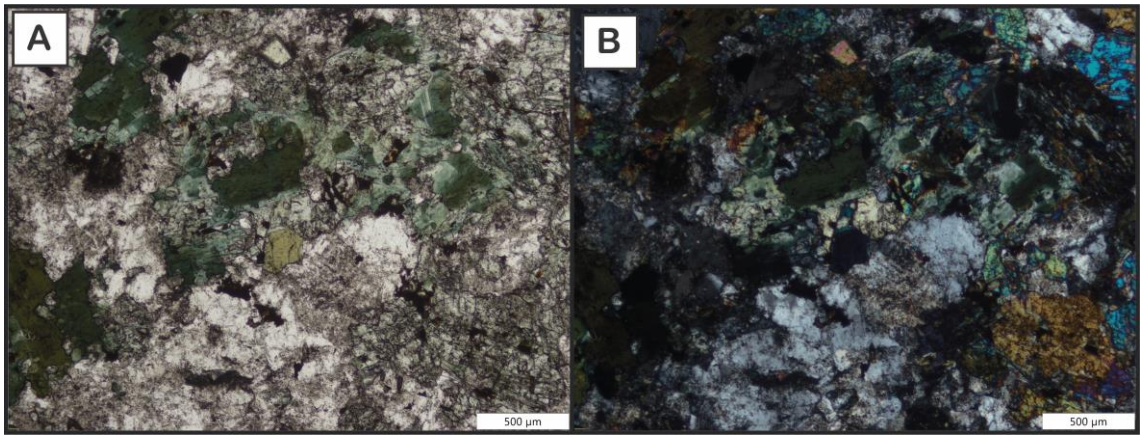


Figura 6.17. *A) seção delgada observada à nicóis paralelos, ponto TF23-II-147, textura granoblástica de granulação grossa; B) Seção delgada à nicóis cruzados, ponto TF23-II-147, textura granoblástica de granulação grossa.*

6.3 Granito Serra do Iran

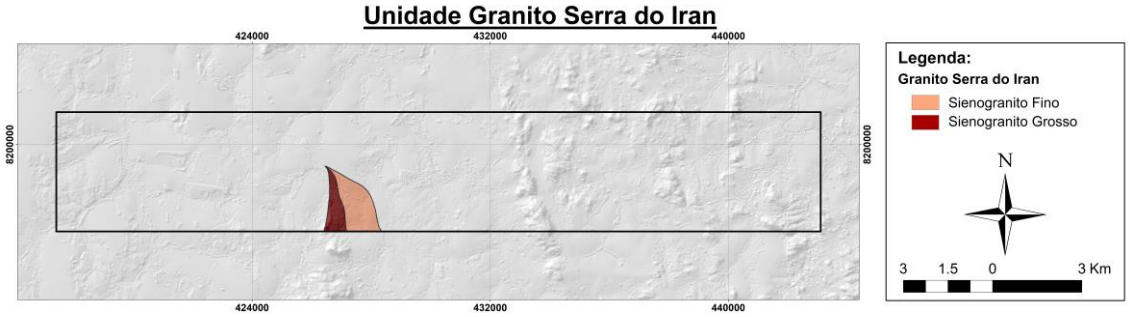


Figura 6.18. *Mapa Litológico Reduzido referente à área em que afloram as rochas da Unidade Granito Serra do Iran.*

A Unidade Granito Serra do Iran tem pouca manifestação na área II, aflorando em formato de serra alongada de direção N-S em suas porções central e centro-sul (Fig. 6.18). Constitui pouco menos de 10% das rochas da área e intrude as rochas, tanto a leste quanto a norte, da Unidade Gnaisse Arenópolis, e a oeste, da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas.

Os granitos afloram em forma de blocos e matacões alongados, em meio à "Serra da Margarida", como é popularmente conhecida. Essa região apresenta relevo íngreme com forte contraste geomorfológico em relação às unidades vizinhas, que possuem relevos arrasados e perfis profundos de solo, principalmente no âmbito da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, sendo possível observar um desnível de quase 100 metros em relação à porção mais elevada da serra.

Nos produtos aerogeofísicos essa unidade pode ser discretizada em função de sua assinatura gamaespectrométrica caracterizada por altos valores em K, Th e U, resultando em coloração ciano claro quando em composição ternária (RGB) (Fig. 4.7).

A unidade é constituída por rochas leucocráticas, de coloração rosada, com textura equigranular a porfirítica, e de composição sienogranítica. Possui duas fácies principais na área; uma de granulação fina e que aflora na porção mais central, em regiões de relevo mais plano, e outra de granulação grossa e que aflora em seu extremo centro-sul, onde o relevo apresenta-se ondulado em decorrência do contraste reológico entre as fácies.

Localmente ocorrem diques aplíticos, bem como porções cominuídas e grandes veios quartzo, devido ao regime de cisalhamento transcorrente imposto na região. Existem indícios de atividade hidrotermal, associada a zonas de cisalhamento

transcorrentes e aos próprios veios de quartzo, que representam condutos por onde circularam fluidos pelas rochas, formando assembleias exóticas calciossilicáticas e epidozíticas (Fig. 6.19).

Figura 6.19. *A) Unidade Granito Serra do Iran, alteração hidrotermal, megacristal de epidoto; B) Unidade Granito Serra do Iran, alteração hidrotermal, megacristal de quartzo.*

A descrição microscópica do Granito Serra do Iran, baseada nas lâminas TF23-IV-65 e TF23-III-157, correspondentes à fácies de granulação grossa, indica composição modal de feldspato potássico/microclínio (40%), plagioclásio (20%), quartzo (20%), biotita (5%), hornblenda (5%), além minerais secundários e opacos (10%).

A mineralogia permite classificar a rocha como um hornblenda-biotita sienogranito, com textura inequigranular seriada, e as relação de contato entre os minerais permite inferir a ordem de cristalização: i) máficos (biotita + hornblenda), ii) plagioclásio, iii) feldspato potássico e por último, iv) quartzo. Analisando a composição modal, percebe-se que o magma gerador da rocha apresentava uma composição rica em álcalis. É também possível observar texturas de exsoluções como pertitas (exsolução de plagioclásio em feldspatos) e de intercrescimento como mimerquitas (intercrescimento de quartzo e plagioclásio).

6.4 Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas

A Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas localiza-se nas porções centrais e no extremo oeste e ocupa cerca de 32% da área II. As rochas desta unidade estão expostas em cortes de estrada, estradas de terra e em canais de drenagem na forma de lajedos e blocos *in situ* e rolados. Apresenta relevo plano, arrasado, com espessos perfis de solo, e horizontes de crostas ferruginosas desenvolvidos, por vezes preservando a textura cumulática em rochas ultramáficas. As rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas foram individualizadas em duas unidades: Unidade Córrego do Santo Antônio e Unidade Córrego da Onça.

6.4.1 Unidade Córrego da Onça

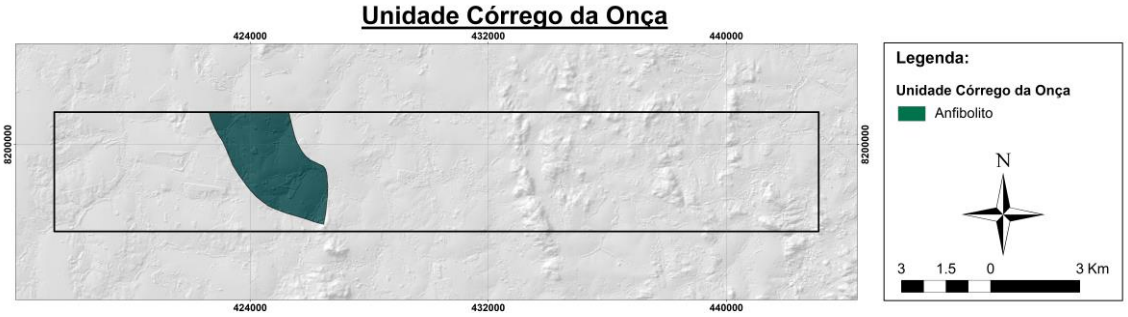


Figura 6.20. *Mapa Litológico Reduzido referente à área em que afloram as rochas da Unidade Córrego da Onça.*

A Unidade Córrego da Onça aflora na porção central da área (Fig. 6.20). Os contatos se dão por zonas de cisalhamento transcorrentes com as unidades Gnaisse Arenópolis e Córrego do Santo Antônio e, a sudeste, é intrudida pelo Granito Serra do Iran. A fácies que ocorre na área corresponde a rochas básicas, metamorfizadas, compostas por anfibolitos já alterados pela ação intempérica (Fig. 6.21).

Nos produtos aerogeofísicos essa unidade pode ser discretizada em função de sua assinatura gamaespectrométrica caracterizada por baixos valores em K, Th e U, resultando em coloração escura quando em composição ternária (RGB) (Fig. 4.7).

Em âmbito de projeto, a Unidade Córrego da Onça possui duas fácies principais; fácies máfica e ultramáfica e fácies metassedimentar, onde apenas a primeira ocorre de maneira significativa na área II.

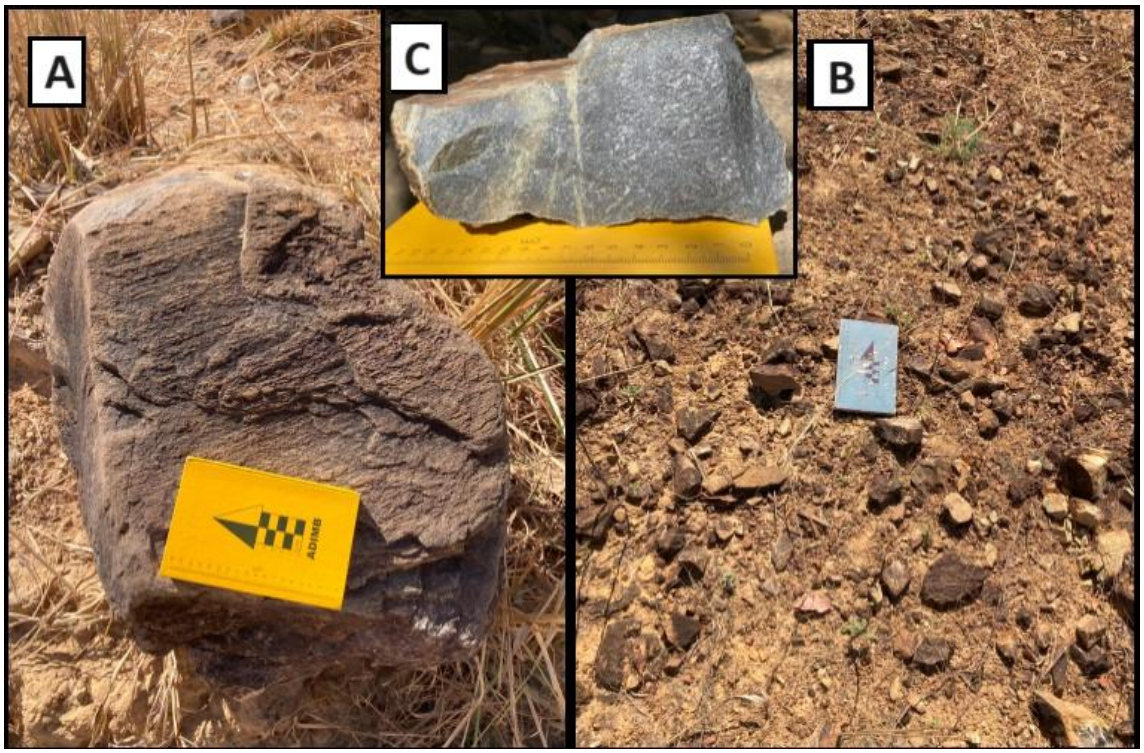


Figura 6.21. *A) Afloramento bloco in situ, Anfibolito Córrego da Onça; B) Destaque ao algo grau de alteração dos afloramentos, blocos centimétricos soltos, Anfibolito Córrego da Onça; C) Amostra Anfibolito Córrego da Onça, com destaque para processos de epidotização.*

A descrição microscópica dos anfibolitos da Unidade Córrego da Onça baseou-se na lâmina TF23-V-181 (Fig. 6.22). A sua composição modal indica hornblenda (43%), plagioclásio (33%), clinopiroxênio (18%) e quartzo (1%), além de opacos (5%).

A foliação é definida principalmente pela orientação dos cristais de hornblenda, configurando textura nematoblástica, em associação com agregados granoblásticos de plagioclásio e clinopiroxênio. Já sua assembleia mineralógica, composta por hornblenda, plagioclásio e clinopiroxênio, indica um provável metamorfismo em fácies anfibolito.alto.

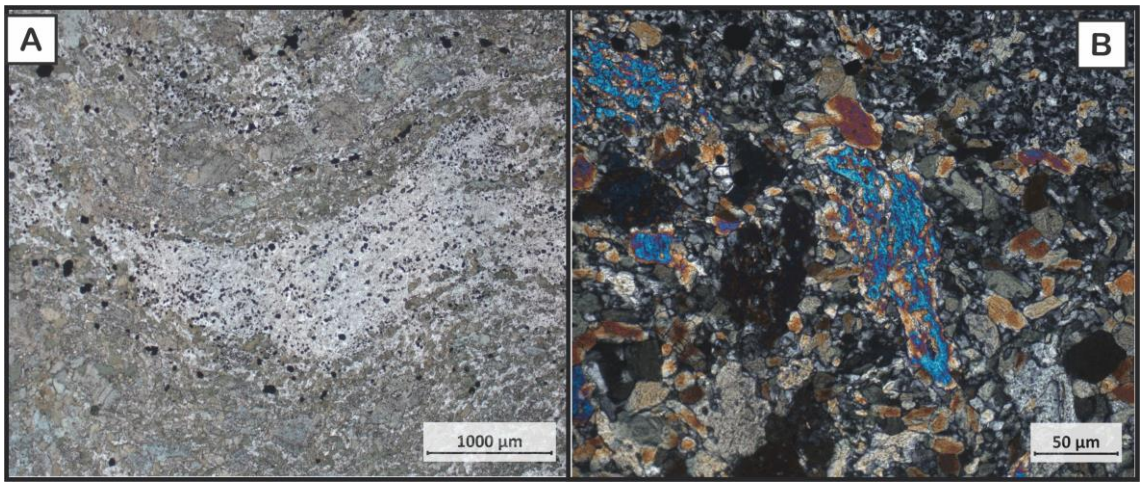


Figura 6.22. *A) Lâmina TF23-V-181, anfibolitos Córrego da Onça à nicóis paralelos, destaque para textura nematoblástica, com domínios máficos (hbl+Cpx) e de plagioclásio; B) Lâmina TF23-V-181 à nicóis cruzados, destaque para os cristais de clinopiroxênio (cristais com birrefringência em azul de segunda ordem).*

6.4.2 Unidade Córrego do Santo Antônio

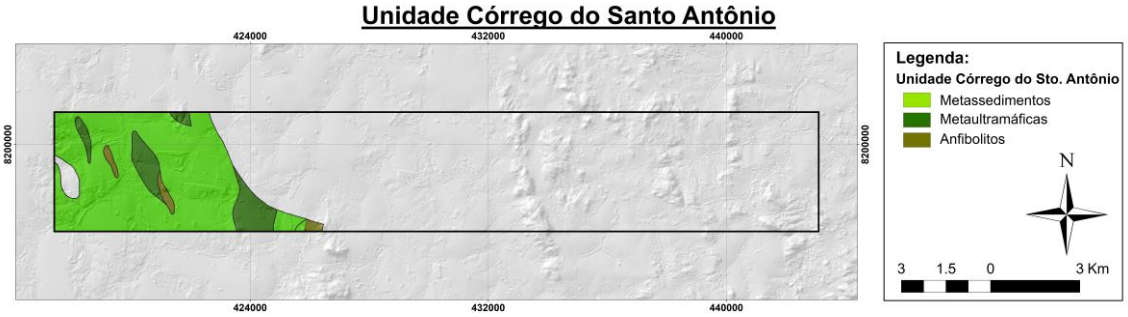


Figura 6.23. *Mapa Litológico Reduzido referente à área em que afloram as rochas da Unidade Córrego do Santo Antônio.*

As rochas da Unidade Córrego do Santo Antônio ocorrem por toda a porção oeste da área. Estão em contato tectônico, por zona de cisalhamento transcorrente, com a Unidade Córrego da Onça e, a sudeste, são intrudidas pelo Granito Serra do Iran.

Nos produtos aerogeofísicos essa unidade pode ser discretizada em função de sua assinatura gamaespectrométrica caracterizada por razões baixa, moderada e alta em K, Th e U, respectivamente, resultando em coloração ciano quando em composição ternária (RGB) (Fig. 4.7).

A Unidade Córrego do Santo Antônio apresenta três fácies distintas na área: i) fácies metaultramáfica; ii) fácies anfibolítica e iii) fácies metassedimentar. Em âmbito de

projeto, as fácies metaultramáfica e anfibolítica foram unificadas em uma mesma legenda, definida como fácies máficas e ultramáficas.

Metaultramáficas

A fácies metaultramáfica da Unidade Córrego do Santo Antônio ocorre como lentes alongadas na direção NW-SE, por todo o oeste da área. É composta por hornblenditos, por vezes com texturas cumuláticas (Figs. 6.24 e 6.25), tremolita-xistos e serpentinitos. Essas rochas apresentam alto grau de alteração e tem sua matriz marcada pela presença de clorita, serpentina e espinélio. Por vezes, apresentam-se totalmente alteradas, onde podemos observar crostas lateríticas com texturas reliquiares de feições cumuláticas (Fig. 6.28).

Figura 6.24. *A) Unidade Córrego Santo Antônio, afloramento em blocos in situ, fácies metaultramáfica; B) Amostra correspondente ao afloramento em "A", classificado como* honrblendito *cumulático.*

Figura 6.25. *A) Unidade Córrego Santo Antônio, afloramento em blocos in situ, fácies metaultramáfica; B) Amostra de rocha metaultramáfica cumulática, correspondente ao afloramento em "A".*

A descrição microscópica da fácies metaultramáfica, lâmina TF23-II-84 (Fig. 6.26), permitiu identificar assembleia mineralógica composta por hornblenda (55%), clorita (35%) e opacos (10%). Dentro da trama porfirítica foi possível identificar duas famílias de hornblenda, a primeira é primária, constituinte da paragênese original da rocha, e está alterando para clorita, enquanto a segunda é composta por pseudomorfos de fenocristais de clinopiroxênio, após serem uralitizados para anfibólio por alteração deutérica (estágio tardi-magmático).

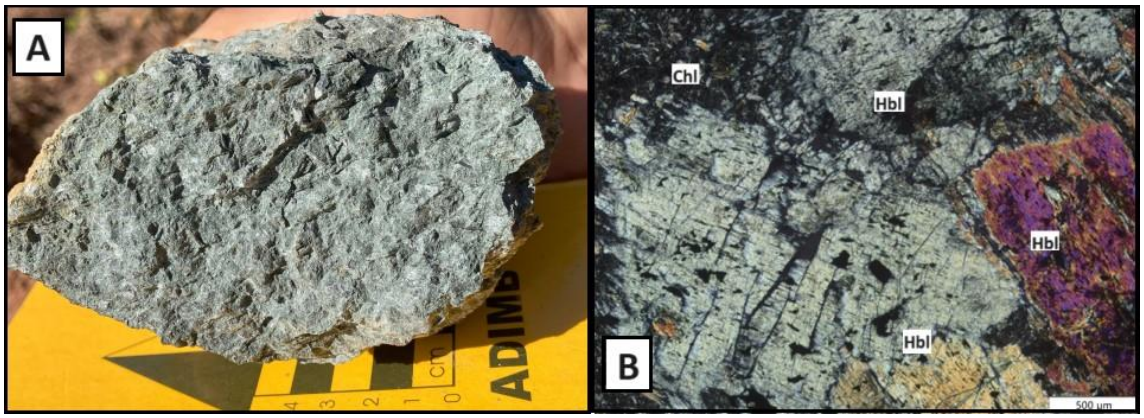


Figura 6.26. *A) Unidade Córrego Santo Antônio, fácies metaultramáfica, Amostra TF23-II-84; B) Lâmina à nicóis cruzados, evidenciando as hornblendas pseudomórficas de fenocristais de clinopiroxênio. TF23-II-84.*

Anfibolitos

A fácies anfibolítica aflora de maneira restrita na área, composta por rochas similares ao que foi encontrado na Unidade Córrego da Onça, embora as do Córrego do Santo Antônio possuam maior granulação e menor variedade de minerais acessórios.

A descrição microscópica da fácies anfibolítica, lâminas TF23-VI-138 e TF23-VII-P04, indicam composição modal de hornblenda (60%), plagioclásio (25%), epidoto (8%), quartzo (3%), titanita (2%) e opacos (2%). Quando comparados aos anfibolitos da Unidade Córrego da Onça, observa-se principalmente a ausência de clinopiroxênio em suas paragêneses.

Rochas Metassedimentares

Já a fácies metassedimentar, composta essencialmente por quartzo-muscovita xistos, ocorre por todo o oeste da área. Entretanto, devido a sua suscetibilidade à alteração e a ação antrópica extensiva, apresenta-se pouco exposta.

Localmente na área II, ocorrem quartzitos no extremo centro-sul correlacionados a zonas de cisalhamento. Ocorrem intensamente deformados, formando dobras isoclinais e mergulhos subverticais, (Fig. 6.27).

Figura 6.27. *A) Afloramento in situ quartzitos com mergulhos subverticais, fácies metassedimentar; B) Quartzito intensamente deformado*.

Figura 6.28. *A e B) Perfil laterítico, muito comum na região, por vezes preservando a texturas ígneas reliquiares de rochas cumuláticas.*

6.5 Complexo Alcalino - Corpo Arenópolis

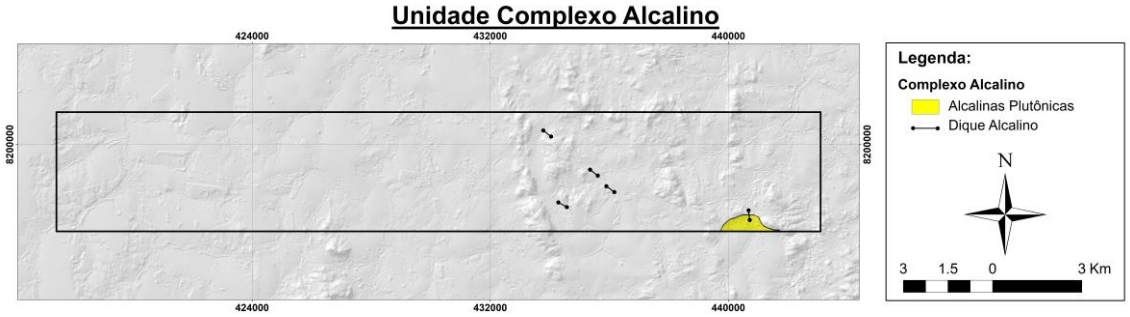


Figura 6.29. *Mapa Litológico Reduzido referente à área em que afloram as rochas do Corpo Arenópolis.*

O Corpo Arenópolis, um dos constituintes da Suíte Alcalina de Iporá, intrude as rochas da área de maneira restrita no contexto da Unidade Granito Rio Caiapó, no extremo leste da área II. É marcado pelo relevo arrasado, espesso regolito e coloração vermelho/marrom escuro de seus solos, eventualmente aflorando em forma de blocos métricos e matacões alongados.

Os afloramentos exibem composição variando entre clinopiroxenitos, gabros e nefelina monzonitos/sienitos, relacionados a diferentes pulsos magmáticos no Corpo Arenópolis. No contexto da zona mais externa do corpo, os nefelina sienitos/monzonitos apresentam enclaves com contatos irregulares nas bordas e formas sinuosas, formados por *Mixing* e *Mingling*, evidenciando episódios tardi-magmáticos durante o Cretáceo (Fig. 6.31).

Nos produtos aerogeofísicos essa unidade pode ser discretizada em função de sua assinatura gamaespectrométrica caracterizada por baixos valores em K, Th e U, resultando em coloração escura quando em composição ternária (RGB) (Fig. 4.7).

Associados ao Corpo Arenópolis, diques alcalinos intrudem as rochas da Unidade Granito Rio Caiapó e do próprio Corpo Arenópolis, de maneira geral, aflorando como blocos rolados junto a blocos do próprio granito Caiapó, (Fig. 6.30A). Esses diques são compostos por fenocristais de olivina e matriz afanítica máfica, sendo classificados como basanitos.

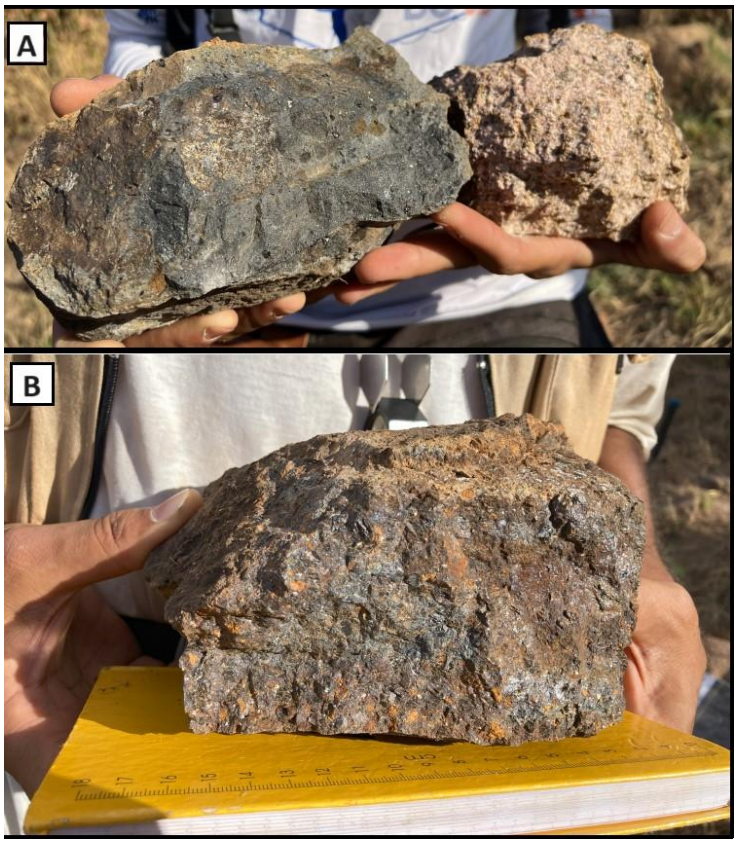


Figura 6.30. *A) Amostra rocha vulcânica alcalina (esquerda), do Complexo alcalino, ao lado de amostra do granito Rio Caiapó (direita), aflorando uma ao lado da outra; B) Amostra de rocha plutônica alcalina, clinopiroxenito alcalino alterado, Corpo Arenópolis.*

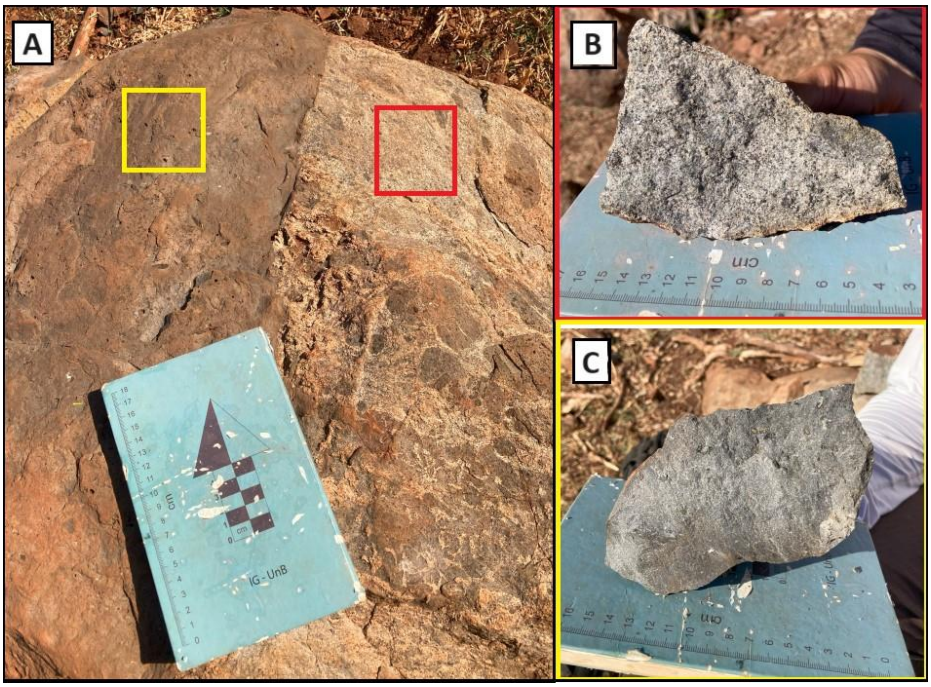


Figura 6.31. *A) Afloramento com enclaves máficos e contatos arredondados, cortado por dique, no contexto da borda do Corpo Arenópolis; B) Amostra da porção leucocrática da rocha, com feições de Mingling; C) Amostra da porção do dique de basanito. Ponto TF23-II-68.*

A descrição microscópica da lâmina TF23-II-68 (Fig. 6.32) não engloba o dique alcalino presente no afloramento (Fig. 6.31). A composição modal da porção leucocrática indica plagioclásio (32%), feldspato potássico (30%), flogopita (15%), augita (10%) e nefelina (5%), além de opacos (8%). A trama dos minerais constituí textura inequigranular de granulação média e grossa, composta por cristais maiores de plagioclásio e feldspato potássico, e cristais menores de augita, flogopita e nefelina. A rocha é classificada como nefelina monzonito, estando no limiar entre nefelina monzonito e nefelina sienito.

Já a descrição microscópica dos enclaves máficos, com feições de *Mingling*, indica composição modal de titano augita (32%), plagioclásio (20%), flogopita (18%), titanita (15%) e opacos (15%). A textura é porfirítica, composta por fenocristais de titano augita e titanita, imersos em matriz de granulação fina com cristais de plagioclásio, flogopita e clinopiroxênio.

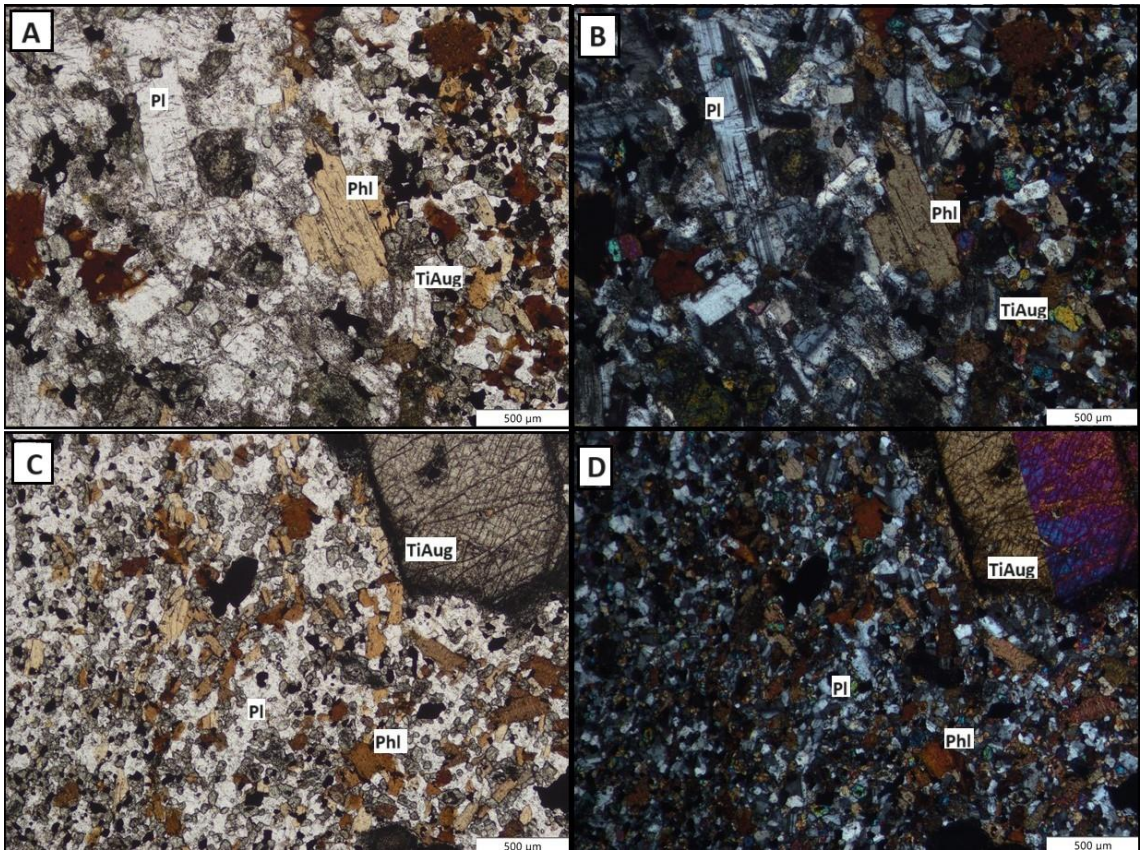


Figura 6.32. *A) Nícóis paralelos, contato entre os domínios leucocrático (esquerda) e máfico (direita); B) Nicóis cruzados, contato entre os domínios leucocrático (esquerda) e máfico (direita); C) Nicóis paralelos, detalhe do domínio máfico com fenocristais de titano augita; D) Nicóis cruzados, detalhe do domínio máfico com fenocristais de titano-augita.*

O gabro alcalino, lâmina TF23-II-67 (Fig. 6.33), possui composição modal de augita (28%), olivina (20%), plagioclásio (17%), nefelina (10%), flogopita (7%), titanita (5%), zircão (1%) e opacos (12%). Os cristais de plagioclásio têm teor de anortita variando de oligoclásio a andesina.

A trama da rocha apresenta textura cumulática, com cúmulus de olivina e augita e intercúmulus de plagioclásio e nefelina. A augita aparenta sempre estar associada à flogopita. Além disso, há domínios poiquilíticos com o plagioclásio englobando os cristais de augita e olivina. Esses indícios permitem indicar uma ordem de cristalização: i) olivina+augita, ii) plagioclásio e iii) nefelina.

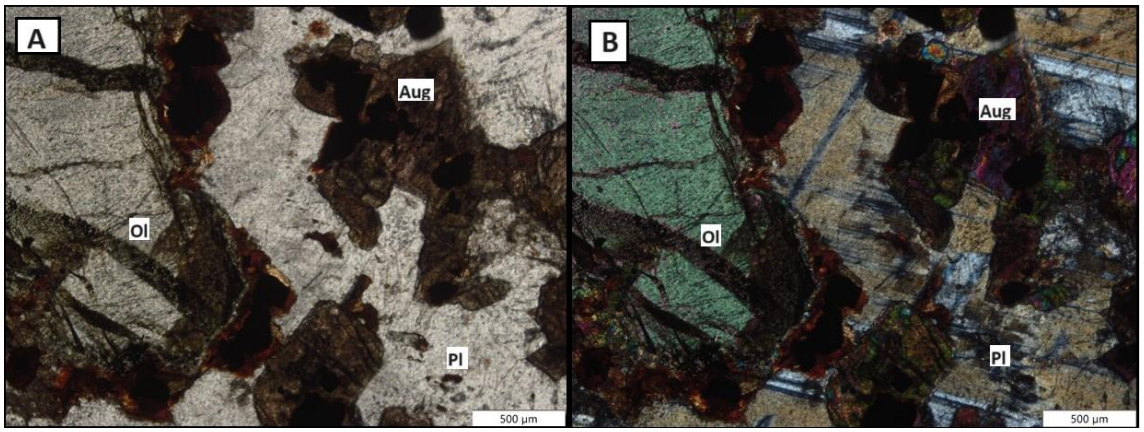


Figura 6.33. *A) Nicóis paralelos, textura cumulática, plagioclásio intercrescido entre os fenocristais de olivina e augita, gabro alcalino do Corpo Arenópolis, Ponto TF23-II-67; B) Nicóis cruzados, textura cumulática, plagioclásio intercrescido entre os fenocristais de olivina e augita, gabro alcalino do Corpo Arenópolis, Ponto TF23-II-67.*

7 Geologia Estrutural

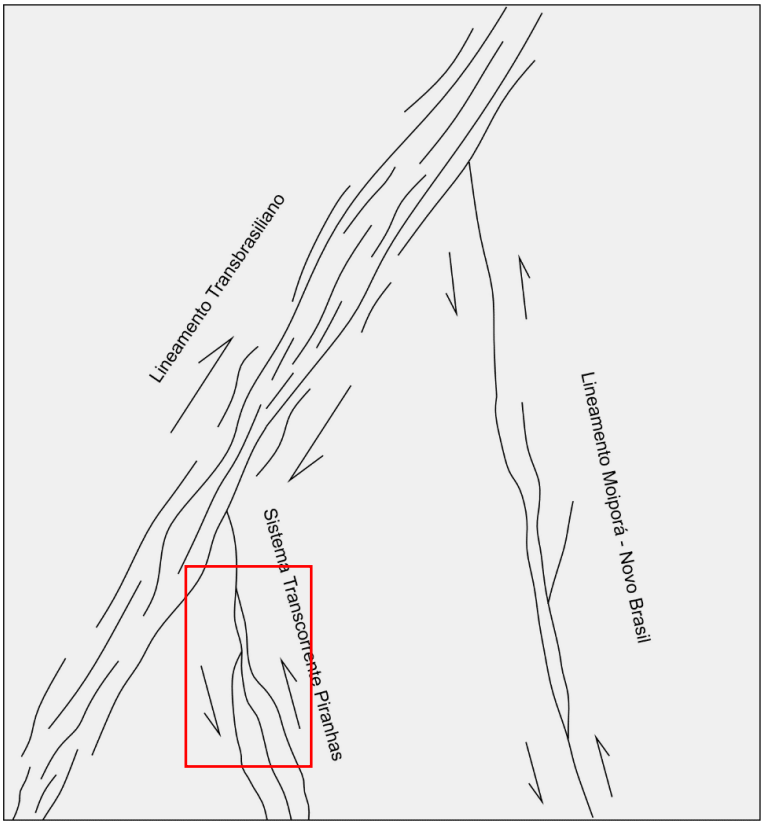


Figura 7.1. *Esboço com caráter meramente ilustrativo demonstrando o âmbito regional do arcabouço tectônico, com destaque para os Lineamentos Transbrasiliano e Moiporá-Novo Brasil, correlacionados ao Sistema Transcorrente Piranhas. O quadrículo vermelho apresenta a região aproximada abrangida pelo projeto.*

Em âmbito regional, a área do Projeto Arenópolis encontra-se situada entre duas grandes estruturas, o Lineamento Transbrasiliano e o Lineamento Moiporá – Novo Brasil (Fig. 7.1). É compartimentada em 3 domínios estruturais distintos, delimitados de maneira integrada, tendo por base os dados coletados em campo, o Modelo Digital de Elevação e os produtos derivados de levantamentos aerogeofísicos (Fig. 7.2). Os domínios foram classificados como Domínio Arenópolis, Domínio Caiapônia e Domínio Piranhas, em função da proximidade com as cidades homônimas.

Os domínios encontram-se separados por zonas de cisalhamento com direção preferencial NW-SE, classificadas de oeste para leste como: Zona de Cisalhamento Piranhas (ZCP), Zona de Cisalhamento Ribeirão (ZCR), Zona de Cisalhamento Córrego da Areia (ZCCA), que juntas são responsáveis por compor uma trama de movimentos transcorrentes de cinemática sinistral.

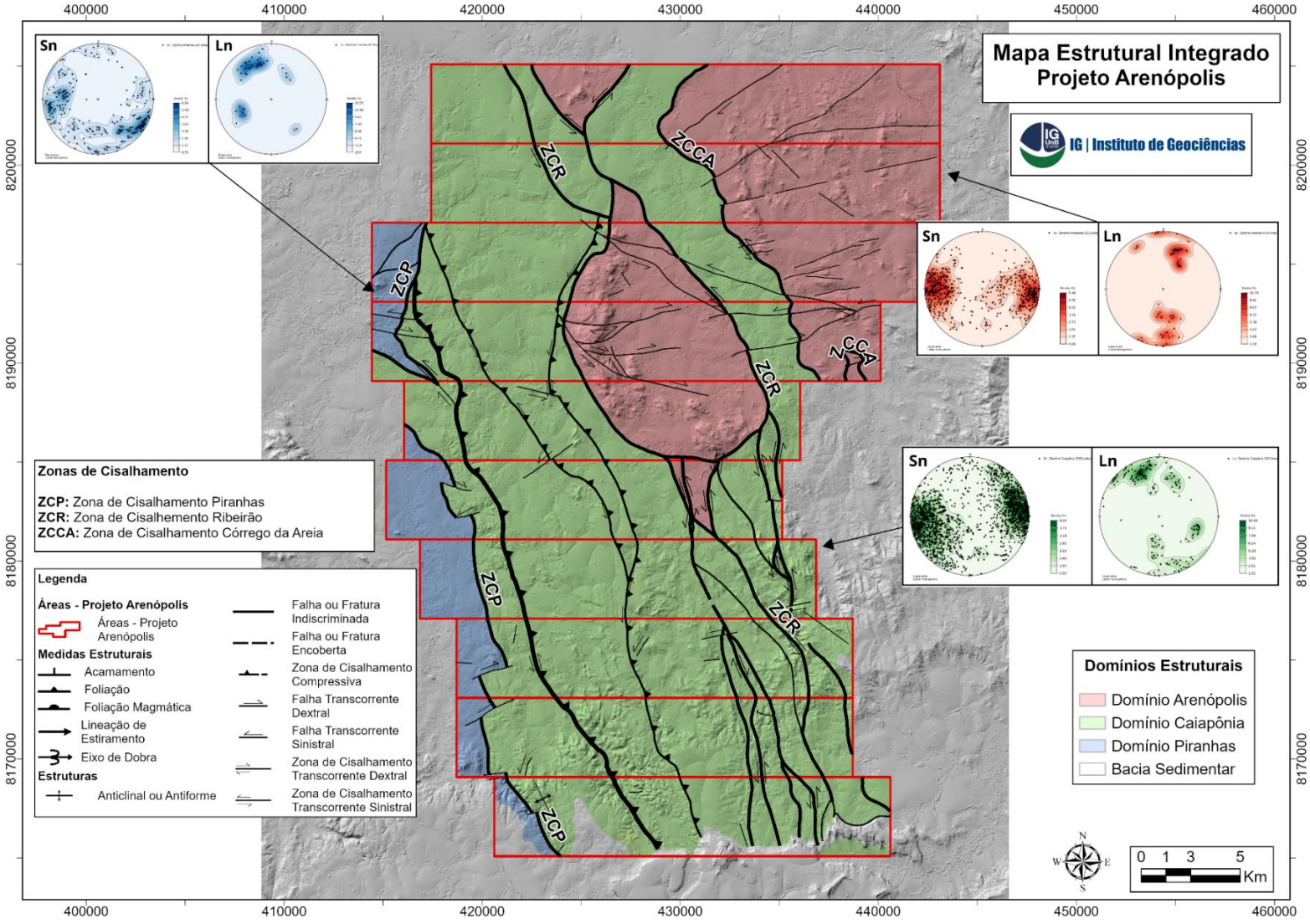


Figura 7.2. *Mapa de Domínios estruturais do Projeto Arenópolis.*

A ZCP está situada no extremo oeste da área total mapeada pelo Projeto Arenópolis, ocorre a partir da área III e percorre todas as áreas subsequentes a sul, com direção NNW e extensão além da área mapeada. A Zona de Cisalhamento Piranhas ocorre associada ao contato entre a Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas e o Granito Ribeirão Água Limpa.

A ZCR está presente em todas as áreas do projeto como um sistema transcorrente, situada nas porções oeste das áreas I e II, central da área III, centro-leste da área IV e leste da área V para sul. A Zona de Cisalhamento Ribeirão compreende um sistema cisalhante de aproximadamente 4,5 Km de extensão, apresentando traços sinuosos de direção predominantemente NW em sua porção norte e direção NNW a N na porção sul.

A ZCCA encontra-se situada na porção leste da área mapeada, abrangendo as áreas situadas na porção norte do projeto (I, II, III e IV), com direção NE na área I e inflexionado para NW da área II para sul. A Zona de Cisalhamento Córrego da Areia ocorre associada ao contato da Unidade Granito Rio Caiapó com o Gnaisse Arenópolis.

7.1 Domínios Estruturais do Projeto Arenópolis

Domínio Piranhas

O Domínio Piranhas está situado no extremo oeste da área do projeto, correspondendo à cerca de 9% da área e contemplando as rochas graníticas e tonalíticas pertencentes à Unidade Ribeirão Água Limpa. É delimitado a leste pela Zona de Cisalhamento Piranhas, responsável por separar o presente domínio do Domínio Caiapônia.

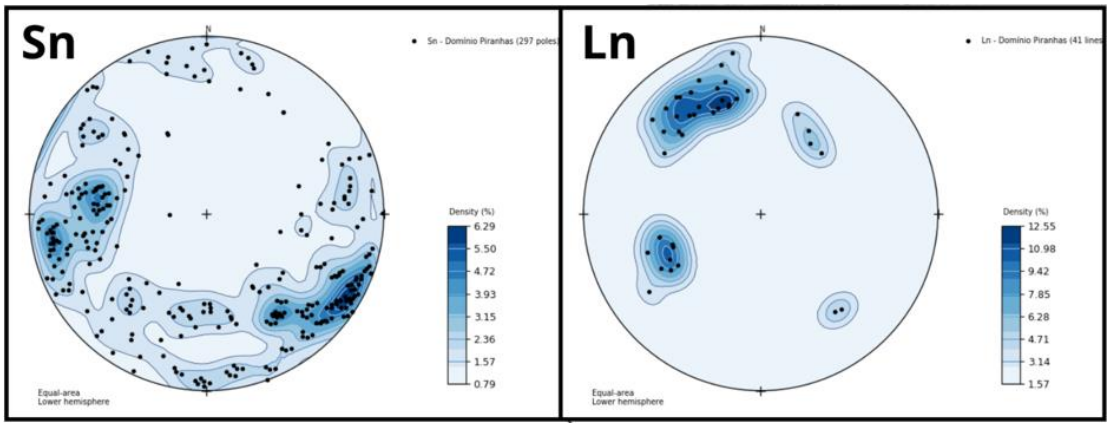


Figura 7.3. *Estereogramas de foliação (Sn) e lineação (Ln) referentes ao Domínio Piranhas. Medidas tomadas em toda área contemplada pelo Projeto Arenópolis.*

Este domínio caracteriza-se por apresentar foliações de direção preferencial NNE-SSW, com mergulhos que variam entre subverticais a moderadamente inclinados (65°-85°), com predominância dos subverticais. As medidas mais representativas de lineação aprontam para NNW, com caimentos entre 35 e 42°, sendo oblíquas à foliação, configurando movimentos transpressivos neste domínio (Fig. 7.3).

Domínio Caiapônia

Sendo o domínio predominante na área contemplada pelo Projeto Arenópolis, o Domínio Caiapônia compreende uma faixa de direção NNW situada na porção central da área e correspondendo a 64% do total. O presente domínio abrange as rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, Gnaisse Arenópolis, Gnaisse Ribeirão, Granito Serra do Tatu, Morro do Baú e Córrego do Horácio. É caracterizado por apresentar foliação penetrativa de direção preferencial NNW-SSE, com mergulhos subverticais a inclinados (88°-30°) que apresentam direção variando ora para E, ora para W.

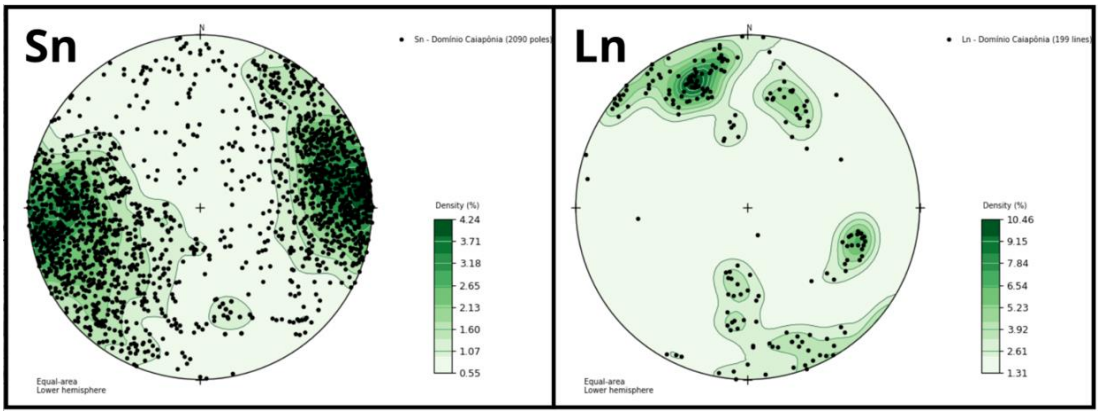


Figura 7.4. *Estereogramas de foliação (Sn) e lineação (Ln) referentes ao Domínio Caiapônia. Medidas tomadas em toda área contemplada pelo Projeto Arenópolis.*

As foliações observadas associam-se majoritariamente a uma lineação de estiramento com direções preferencialmente perpendiculares à direção do mergulho, com caimentos para NNW entre 25°e 30°, configurando um padrão tectônico transcorrente. Além das referidas componentes também foram observadas lineações com caimento para NE e SE, com angulação média a alta, entre 25° a 55°, estas lineações apresentam direções paralelas à direção do mergulho da foliação regional, configurando um padrão tectônico de esforço frontal (Fig. 7.4).

A variação entre as direções da lineação é interpretada como causada presença de estruturas pré-tectônicas, representando um domínio precedente ao principal evento tectônico que se expressa na área, responsável por movimentos transcorrentes em direção NNW.

Domínio Arenópolis

O domínio Arenópolis é observado tanto a leste quanto na porção central da área contemplada pelo Projeto Arenópolis, abrangendo as rochas pertencentes ao Granito Rio Caiapó e Granito Serra do Iran, representando 27% da área mapeada. Na porção central o referido domínio é delimitado pela ZCR enquanto a porção leste do domínio é delimitada pela ZCCA, que o segrega em sua porção oeste do Domínio Caiapônia.

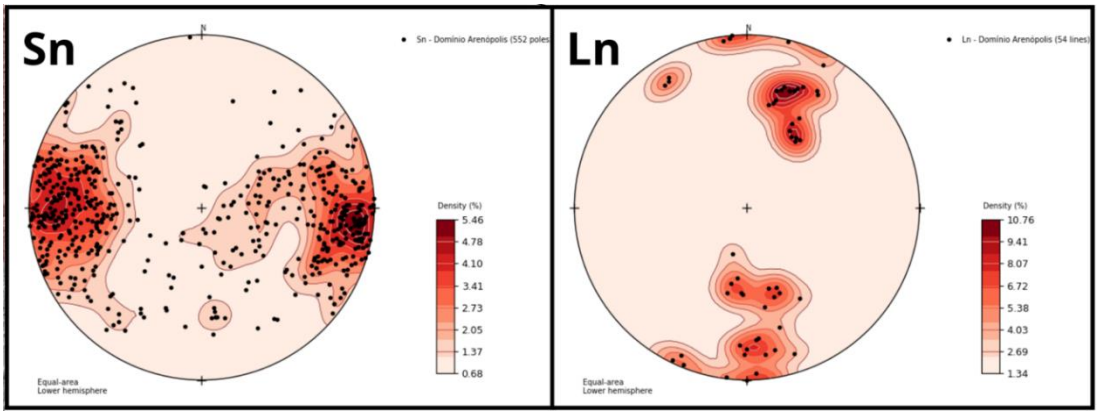


Figura 7.5. *Estereogramas de foliação (Sn) e lineação (Ln) referentes ao Domínio Arenópolis. Medidas tomadas em toda área contemplada pelo Projeto Arenópolis.*

Este domínio é caracterizado por apresentar um padrão de foliações de direção N-S, com mergulhos subverticais a moderados (88°- 35°), cujas direções encontram-se tanto para W quanto para E, com predominância de mergulhos para W. Em geral as lineações observadas apontam na direção NNE-SSW, com caimento entre 25 e 45°. A relação entre a foliação e lineação apontam um padrão tectônico transcorrente, em que a lineação apresenta-se perpendicular à direção do mergulho da foliação (Fig. 7.5).

7.2 Geologia Estrutural da Área II

A área II abrange parte de 2 dos 3 domínios estruturais mencionados acima; Domínio Arenópolis, que apresenta comportamento na foliação (Sn) predominantemente N-S e o Domínio Caiapônia, representado por traços de direção NNE-SSW (Fig. 7.7).

O domínio Caiapônia ocupa cerca de 53 km², sendo contemplado pelas áreas constituídas pelas rochas do Gnaisse Arenópolis e das Unidades Córrego da Onça e Córrego do Santo Antônio, pertencentes à Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Estruturalmente este domínio é caracterizado por apresentar foliação penetrativa de direção NNE – SSW, com ângulos de mergulho médios de 63° (Fig. 7.6). Feições miloníticas foram observadas nas rochas pertencentes ao Gnaisse Arenópolis em regiões próximas à ZCR. Além disto também foram reconhecidas dobras isoclinais nas rochas pertencentes à Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Ambas serão descritas ao decorrer do presente capítulo.

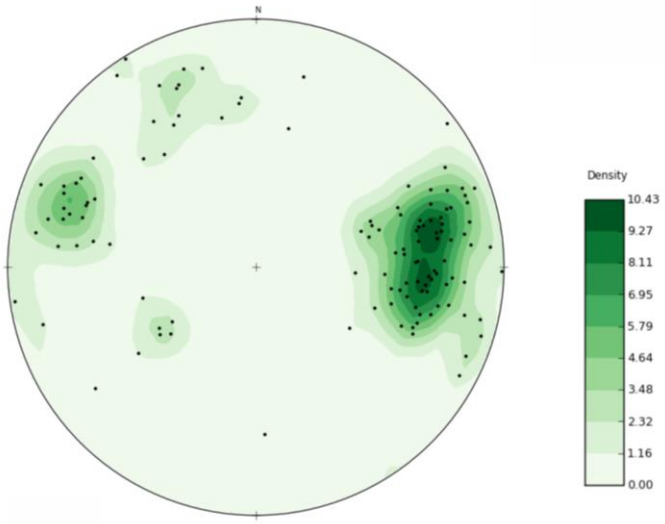


Figura 7.6. *Estereograma de foliações (Sn) referentes ao Domínio Caiapônia. Medidas tomadas na Área II.*

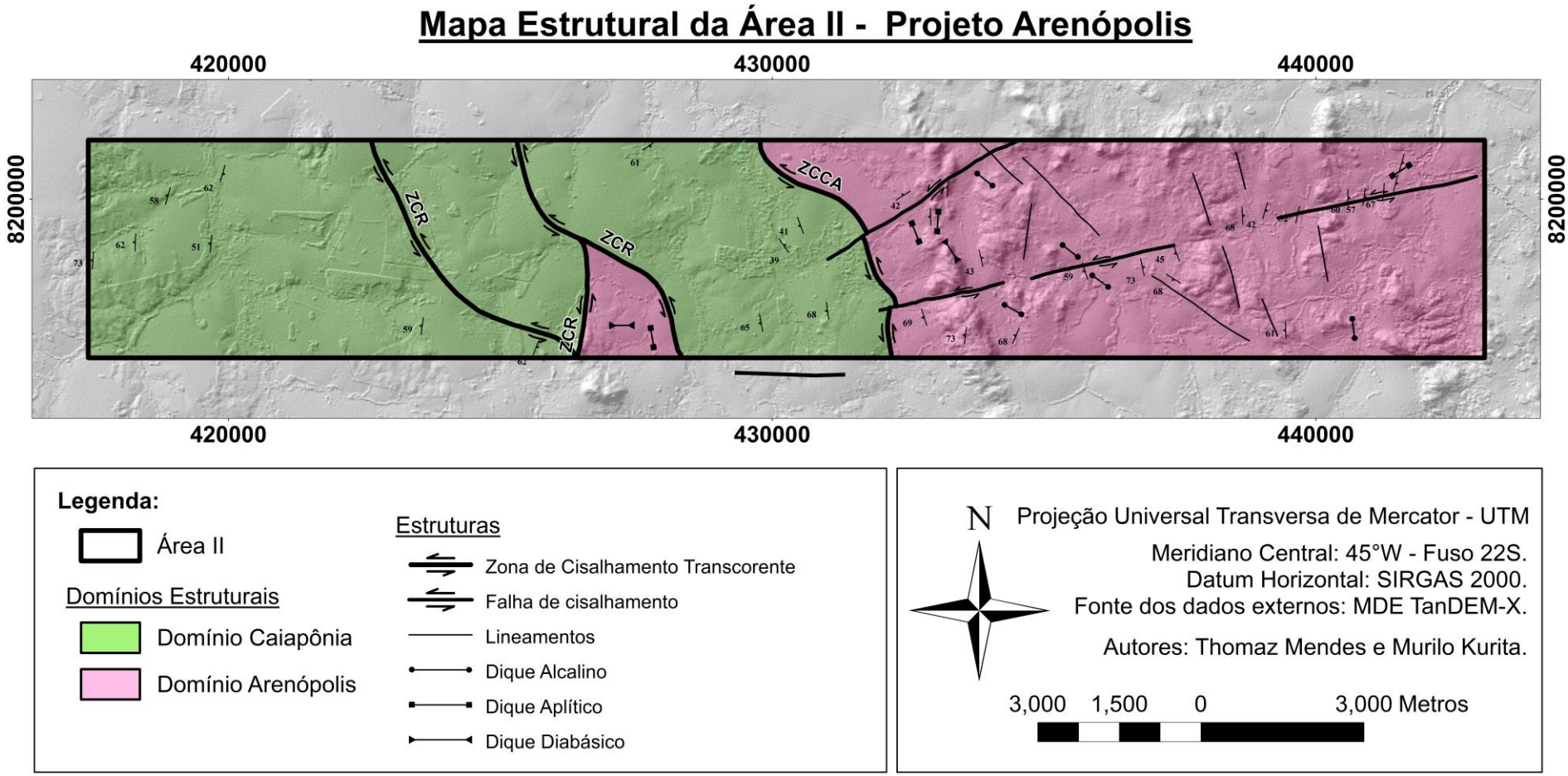


Figura 7.7. *Mapa Estrutural da Área II.*

O Domínio Arenópolis ocupa aproximadamente 49 km², nos terrenos em que afloram o Granito Rio Caiapó e o Granito Serra do Iran, correspondendo a 48% da área II. Este domínio é caracterizado estruturalmente, na área II, por possuir foliação (Sn) incipiente, com direção preferencial N-S e 59° de mergulho médio, predominantemente a N75W (Fig. 7.8).

As rochas deste domínio encontram-se milonitizadas na região próxima à ZCCA responsável por separar os domínios Caiapônia e Arenópolis através de movimentos transcorrentes que delimitam o contato entre o Granito Rio Caiapó e Gnaisse Arenópolis. O desenvolvimento expressivo de rochas miloníticas também é evidenciado nas regiões próximas à ZCR, que separa as rochas do Granito Serra do Iran das rochas pertencentes ao Gnaisse Arenópolis e à Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis Piranhas.

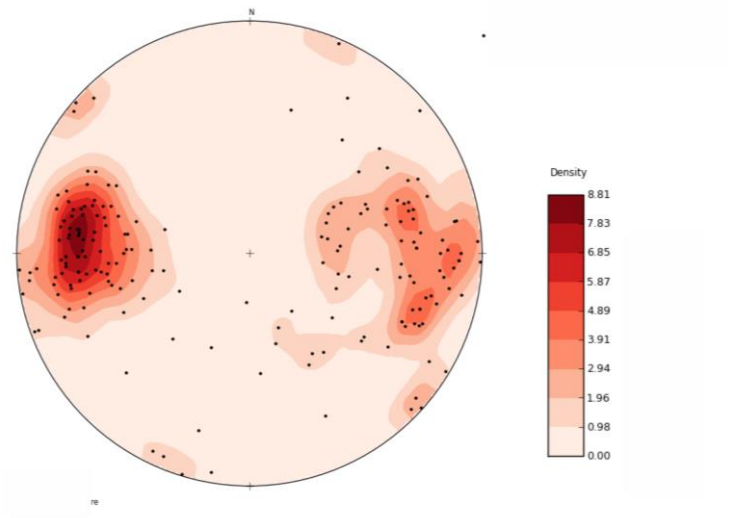


Figura 7.8. *Estereograma de foliações (Sn) referentes ao Domínio Arenópolis. Medidas tomadas na Área II.*

7.2.1 **Arcabouço Dúctil**

No âmbito da deformação dúctil, as principais estruturas presentes na área II, a exceção das zonas de cisalhamento descritas acima, são as foliações. Embora uma foliação planar espaçada, concordante com o *trend* regional NNW-SSE, seja recorrente, as deformações estão presentes de maneira diversa em cada uma das unidades, controladas tanto pela tectônica transcorrente, correlacionada às zonas de cisalhamento, quanto pelo contraste reológico dos diversos tipos de rocha.

Bandamento Gnáissico

A segregação em bandas milimétricas a centimétricas da fase félsica (quartzo e feldspatos) e da máfica (biotita e hornblenda) configura o bandamento gnáissico observado em rochas ortoderivadas da Unidade Gnaisse Arenópolis. Nelas, a disposição destas bandas ocorre de maneira regular e com direção concordante à foliação regional NNW-SSE (Fig. 7.9).

Figura 7.9. *Bandamento gnáissico das rochas da Unidade Gnaisse Arenópolis.*

Foliação Milonítica

A foliação milonítica apresenta caráter anastomosado, direção NNW concordante com o *trend* regional, com porfiroclastos estirados de feldspato potássico e quartzo envolvidos em uma matriz de minerais recristalizados em função da deformação por mecanismos cristal-plásticos e pela recristalização dinâmica ligada à ZCCA (Fig. 7.10).

Figura 7.10. *Foliação milonítica em granito, da Unidade Rio Caiapó em contato com rochas do Gnaisse Arenópolis.*

Dobras

As dobras ocorrem de maneira restrita na área II, sendo observadas nos quartzitos da Unidade Córrego do Santo Antônio. Sua escala varia de métrica a centimétrica, e podem ser definidas como dobras isoclinais a apertadas, inclinadas e truncadas com indicadores de transposição (Fig. 7.12). Estão relacionadas à ZCR e possuem medidas de plano axial de direção NW-SE e caimento dos eixos variando de 40 a 67°. Esses quartzitos apresentam foliações penetrativas e mergulhos subverticais (Fig. 7.11), possuindo a sua estruturação dúctil relacionada à intersecção entre as foliações regionais NNW-SSE e N-S.

Figura 7.11. *Afloramentos em campo, quartzitos Unidade Córrego Santo Antônio.*

Figura 7.12. *A) Dobras truncadas e transpostas ilustradas; B) Dobras isoclinais ilustradas.*

7.2.2 **Arcabouço Rúptil**

Quanto aos elementos de trama rúptil, foram observados na Área II falhas, diques, veios e famílias de fraturas. Estas estruturas concentram-se principalmente nas unidades mais jovens presentes na área de estudo, e ambas se encontram descritas a seguir.

Diques

Durante os caminhamentos na Área II foram observados diques de diabásio, alcalinos e aplíticos de composição granítica. Estas estruturas distribuem-se ao longo das rochas dos granitos Rio Caiapó e Serra do Iran.

Os diques de diabásio (Fig. 7.13A e B) encontram-se dispostos preferencialmente em direções N-S e E-W, direções também observadas em lineamentos em mesoescala na etapa de sensoriamento remoto (7. 14).

Os diques alcalinos (Fig. 7.13D e E) concentram-se nas rochas do Granito Rio Caiapó, no extremo sudeste da área, região em que faz contato com as rochas alcalinas do Complexo Arenópolis e estendem-se por toda a unidade em proporções menores. Ocorrem primordialmente em direções NW-SE, por vezes encontrados em grandes afloramentos, mas em geral evidenciados através de blocos concentrados. Além dos descritos acima, encontram-se diques aplíticos (Fig. 7.13C) distribuídos de maneira restrita na área mapeada.

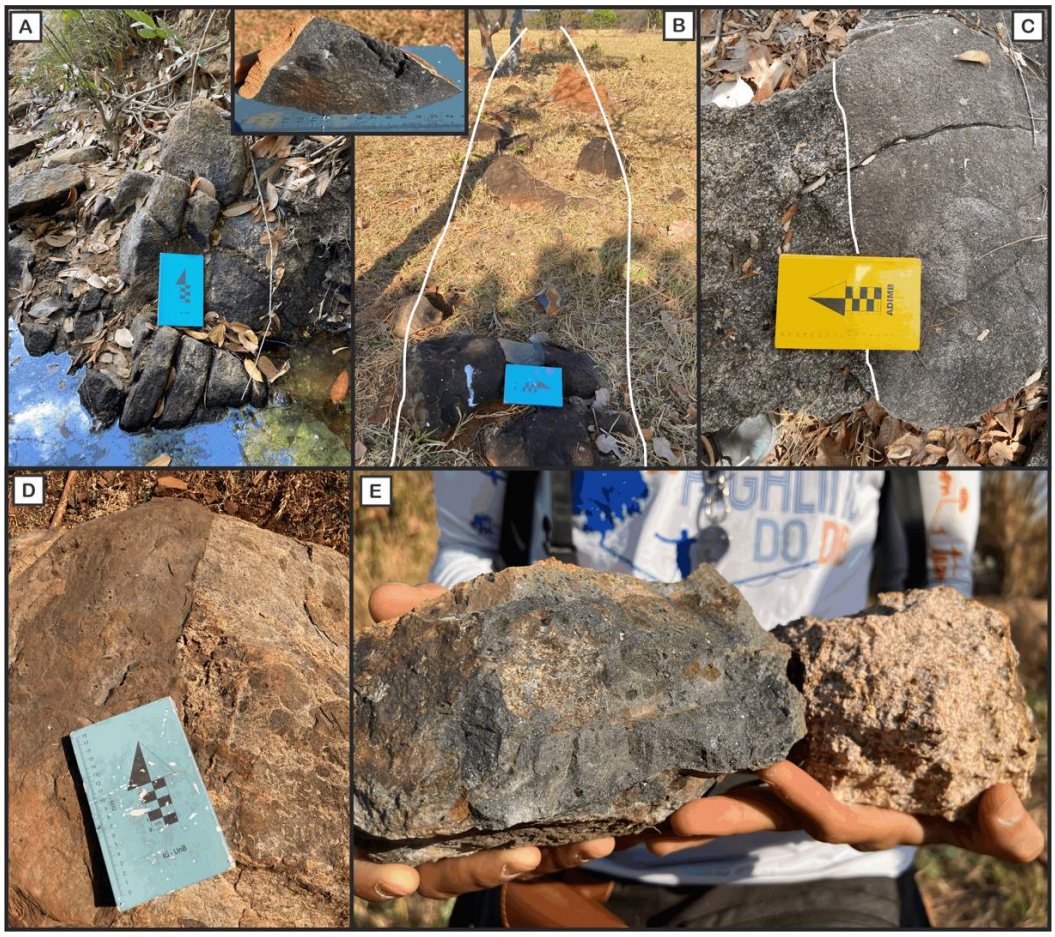


Figura 7.13. *A) Dique de diabásio presente nas rochas do Granito Rio Caiapó; B) Dique de diabásio presente nas rochas do Granito Serra do Iran. C) Dique aplítico presente nas rochas do Granito Rio Caiapó. D) Dique alcalino presente nas rochas do Corpo Arenópolis. E) Contraste entre rochas do Granito Rio Caiapó e dos diques alcalinos que cortam esta unidade.*

Falhas e fraturas

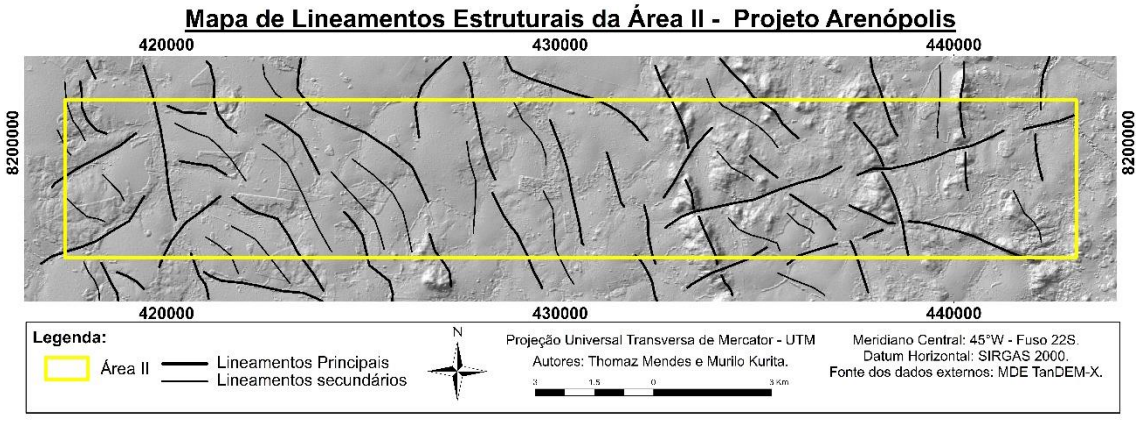


Figura 7.14. *Mapa de lineamentos estruturais da área II.*

As fraturas observadas na área encontram-se amplamente distribuídas na Área II, apresentando maior recorrência nas rochas do Granito Rio Caiapó, Serra do Iran, Gnaisse Arenópolis e na Unidade Córrego da Onça. Ocorrem como arranjos sistemáticos paralelos ou ortogonais entre si, e foram individualizadas em famílias distintas através das relações de campo e análise dos dados representados no diagrama de rosettas (Fig. 7.15).

As famílias F1, caracterizada por apresentar fraturas de direção N-S, e F2, de direção NW-SE, compõem em conjunto as fraturas mais expressivas na área mapeada.

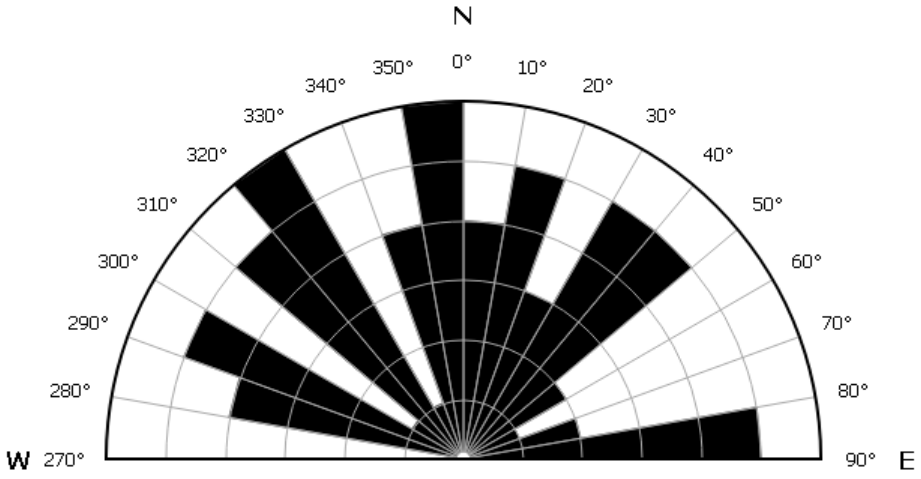


Figura 7.15. *Diagrama de Rosettas de falhas, fraturas e veios presentes na área II.*

Além de fraturas também ocorrem falhas de cisalhamento com deslocamentos métricos a centimétricos. Estas estruturas afetam principalmente as rochas do Granito Rio Caiapó, Serra do Iran e em menor proporção as rochas do Gnaisse Arenópolis (Fig. 7.16).

Figura 7.16. *A) Fraturas observadas em aforamento de rocha do Granito Rio Caiapó. B) Falha de cisalhamento observada em afloramento de rocha pertencente ao Gnaisse Arenópolis.*

Veios

Durante o mapeamento da área II foram observados veios de quartzo e veios pegmatíticos. Os veios de quartzo (Fig 7.17A) ocorrem de maneira restrita na área, sendo encontrados na porção norte da Unidade Serra do Iran, em que faz contato com a Unidade Gnaisse Arenópolis e com os anfibolitos do Córrego da Onça. Apresentam espessura decimétrica com direção N-S e geometria planar, aparecendo como blocos intensamente faturados.

Os veios pegmatíticos possuem granulação grossa e são compostos predominantemente por feldspato potássico bem desenvolvidos de tamanho centimétrico associados a quartzo. Estes veios são encontrados de maneira pontual na Área II, e cortam as rochas do Gnaisse Arenópolis em sua porção central.

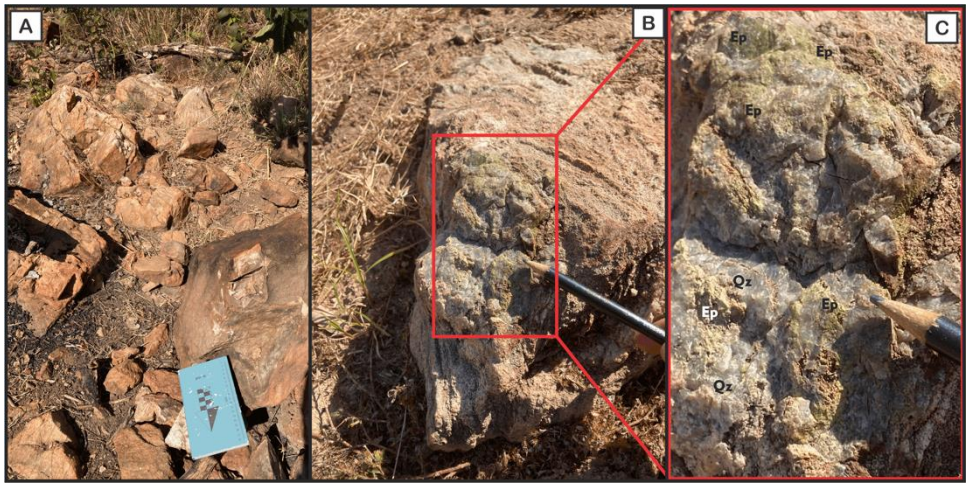


Figura 7.17. *A) Veios de quartzo presentes nas rochas pertencentes à Unidade Serra do Iran; B) e C) Veios de quartzo com concentrações de epidoto.*

8 Potencial Econômico do Projeto Arenópolis

Com base no potencial metalogenético do Arco Magmático de Goiás é de se esperar que a área do Projeto Arenópolis apresente ocorrências minerais de interesse econômico e potencialidades para depósitos de natureza metálica e minerais e rochas industriais. Nessa seção, serão abordados os potenciais sistemas mineralizantes que ocorrem na área do Projeto Arenópolis através de evidências adquiridas em trabalho de campo e com auxílio de produtos geofísicos.

Conforme exposto por Pimentel (1985), na década de 1980, houve uma campanha de pesquisa mineral na área do Projeto Arenópolis, mais especificamente na área ocupada pela Sequência MVS Arenópolis-Piranhas. Os trabalhos de prospecção foram realizados pela B.P Mineração e ocorreram através da análise de sedimentos de corrente com foco em Cu, Zn, Pb, Ni, Cr e Au. Como resultados, destacam-se os valores anômalos em Cu e Zn nos cursos do Córrego da Onça. As anomalias de Zn apresentaram os valores mais elevados, comumente acima de 39 ppm, com *background* de 23 ppm, além de uma forte correlação com as anomalias de cobre.

No Relatório do Projeto Geologia e Metalogenia da Porção Oeste de Goiás, Lacerda *et al.* (2021) compilaram algumas informações a respeito de recursos minerais e do potencial metalogenético da porção oeste do Estado de Goiás. A Figura 8.1 traz um recorte do mapa de recursos minerais levantado pelos autores, para a região do Projeto Arenópolis.

No produto, são destacadas áreas com predominância de diferentes tipos de alteração hidrotermal, sendo possível perceber a epidotização em diversos locais, a tremolitização principalmente associada às rochas ultramáficas da unidade Córrego do Santo Antônio e a expressão de áreas hidrotermalizadas com presença de sulfeto associadas principalmente às unidades Gnaisse Arenópolis e Córrego da Onça. Também foram traçadas linhas de diferentes cores que indicam distintas anomalias geoquímicas advindas de análises de sedimento de corrente ou de concentrados de bateia, as quais mostram que há anomalias de Cu, Pb, Cr e U no contexto do projeto. Por fim, são apresentadas algumas áreas potenciais para: IIb - Níquel, Cobalto, Cromo e vermiculita; IIc - Níquel, Cobalto, Cromo e Cobre; V - Manganês; VIII - Diamante e Ouro; XI - Calcário e XIV - Rocha Ornamental.

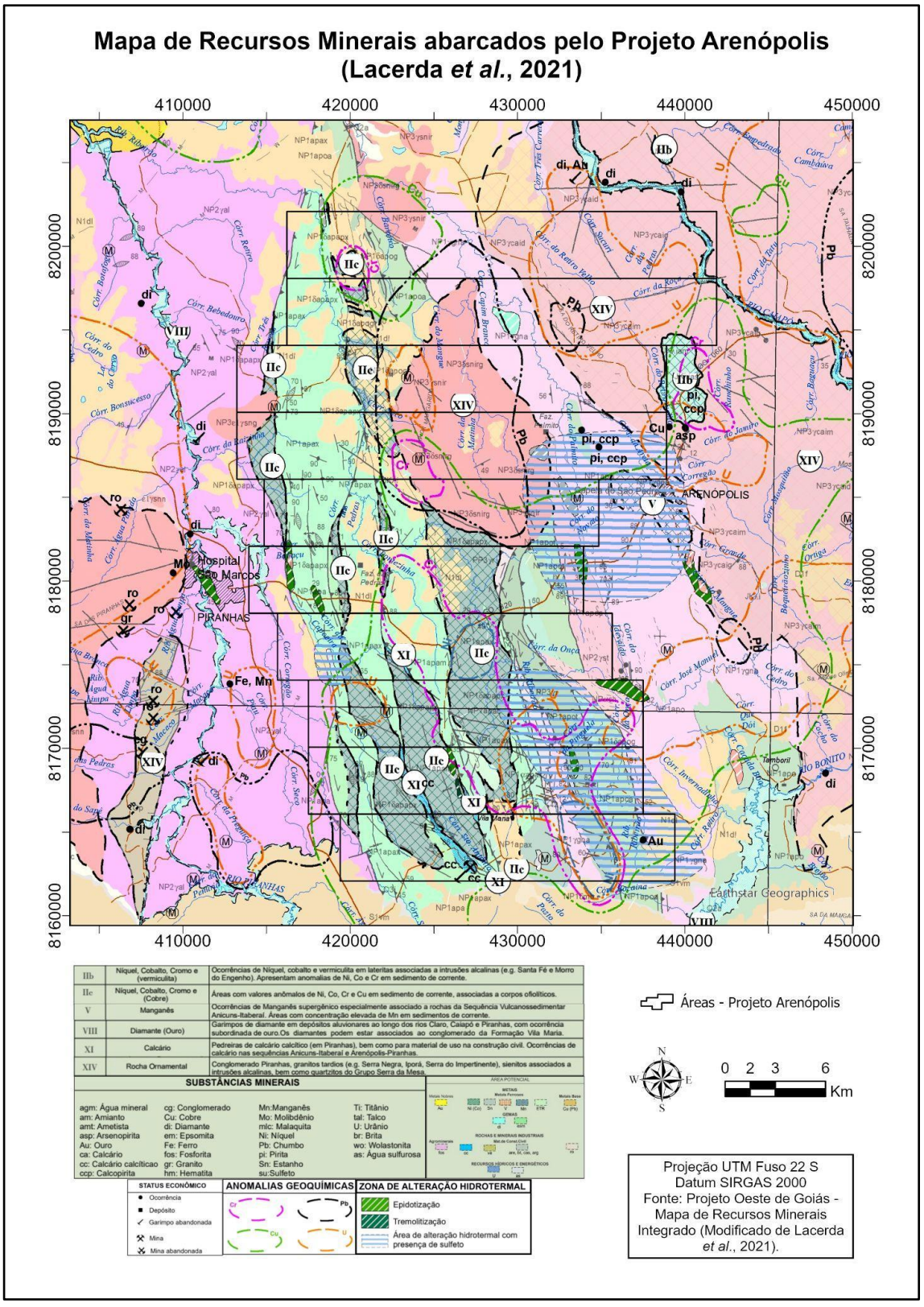


Figura 8.1. *Mapa de Recursos Minerais do Projeto Oeste de Goiás, com destaque para a área de estudo do Projeto Arenópolis. Modificado de Lacerda et al. (2021).*

O conceito de sistema mineral compreende os processos mineralizantes através do entendimento da compartimentação geológica local e regional. A importância de se entender os sistemas mineralizantes é cada vez maior, principalmente na indústria mineradora, a fim de aumentar a capacidade exploratória de determinada área. Dessa forma, os sistemas minerais serão abordados conforme as afinidades metalogenéticas das ocorrências identificadas, de acordo com a classificação de Robb (2005), em modelos magmático-hidrotermais, hidrotermais (Sistema Aurífero Orogênico e Vulcanogênico) e sistema associado ao magmatismo alcalino.

8.1 Sistema Magmático-Hidrotermal

De acordo com Robb (2008), a palavra "*skarn*" é um antigo termo sueco que originalmente se referia às rochas compostas predominantemente por minerais calcissilicáticos, com granada rica em cálcio, piroxênio, anfibólio e epidoto que identificam as associações de alteração bastante incomuns. Atualmente, é amplamente utilizada para se referir à substituição metassomática de rochas carbonáticas (calcário e dolomito) por associações minerais calcissilicáticas durante processos metamórficos de contato ou regionais. Depósitos minerais relacionados a associações mineralógicas do tipo são denominados depósitos de skarn e são tipicamente o resultado de metamorfismo de contato e metassomatismo associados à intrusão de granito em rochas carbonáticas.

No Projeto Arenópolis, foi reconhecida uma associação de rochas calcisssilicáticas na extremidade sul do Granito Serra do Iran. Vale ressaltar que a intrusão ocorreu na Sequência MVS Arenópolis-Piranhas, a qual apresenta lentes de mármore em diversas porções. O domínio calcissilicático compreende gnaisses constituídos por uma assembleia mineralógica de alteração hidrotermal com anfibólio, quartzo, epidoto, clorita, biotita, titanita e calcita. Essa mineralogia se assemelha à observada no estágio de alteração retrógrada em sistemas skarníferos, onde o resfriamento do plúton associado e o influxo de fluidos meteóricos geralmente são acompanhados da precipitação de metais. Embora não tenha sido observada mineralização relacionada ao sistema, nas Áreas II e III ocorrem *skarns* com veios de quartzo associados, que podem representar importantes vetores prospectivos para a região mineralizada.

8.2 Sistema Hidrotermal

O Sistema Aurífero Orogênico é caracterizado por mineralização de Au, comumente acompanhado de Ag, associada à sulfetação em estruturas de segunda ou terceira ordem (geralmente na forma de veios) relacionadas às zonas de cisalhamento. São sistemas

epigenéticos; isto é, cuja metalogênese ocorre em contexto posterior à formação da rocha e como o próprio nome sugere, em deformação relacionada à orogênese. O metamorfismo relacionado a esses sistemas em geral é de fácies xisto verde a anfibolito, em condições mesocrustais entre 5 e 20 km de profundidade. A área do Projeto Arenópolis é composta por três sistemas anastomosados de zonas de cisalhamento que, em produtos geofísicos, apresentam continuidade em profundidade. Assim, a ocorrência de veios de quartzo conectados a essas estruturas podem constituir importantes vetores prospectivos para a descoberta de depósitos desse tipo no projeto.

Outro sistema hidrotermal identificado na área do Projeto Arenópolis refere-se à ocorrência de sulfetos de cobre e malaquita nas rochas máficas da Unidade Córrego do Santo Antônio da Sequência MVS Arenópolis-Piranhas. Tais ocorrências foram identificadas com maior frequência na Área IX. Sulfetos de ferro como pirita e pirrotita foram identificados na unidade Córrego da Onça, associados a rochas metavulcânicas. Essas ocorrências podem ser associadas a um sistema vulcanogênico do tipo VMS (*volcanogenic massive sulfide*). Segundo Robb (2005), esse sistema geralmente está relacionado com a precipitação de metais a partir de soluções hidrotermais circulantes em ambientes submarinos vulcanicamente ativos.

8.3 Sistema associado ao magmatismo alcalino

O Corpo Arenópolis compreende uma associação de rochas alcalinas com afinidade sódica da série ijolítica. Sabe-se que é comum a ocorrência de carbonatitos como parte de um complexo intrusivo alcalino, onde estão associados com sequências de rochas alcalinas silicáticas, incluindo uma variedade expressiva de rochas ultramáficas a félsicas que ocorrem em áreas geologicamente estáveis, em contexto tectônico intraplaca, normalmente associados a atividade de plumas mantélicas (Nascimento, 2018).

Atualmente, a área ocupada pelo Corpo Arenópolis está em processo de solicitação de lavra em análise para ilmenita (Fig 8.2) pela *Terra Goyana Mineradora*. A ilmenita está entre os minerais mais comuns em complexos alcalino-carbonatíticos, juntamente com carbonatos, apatita, magnetita, pirocloro, flogopita, monazita, barita e sulfetos (pirita, pirrotita e calcopirita).

8.4 Minerais e rochas industriais

Conforme Ciminelli (2007), minerais e rochas industriais é um termo que engloba todas as rochas e minerais predominantemente não-metálicos, naturais ou sintéticos, aplicados em produtos e processos industriais, como matérias primas, insumos ou aditivos, em diversos

segmentos industriais. como as indústrias de cerâmicas, como materiais refratários, vidrarias, fertilizantes, alimentos, siderúrgicas, indústrias químicas e construção civil.

Cianita

No que tange ao presente Projeto, vale ressaltar as ocorrências de cianita na Área IX, que são classificadas, segundo Bennet e Castle (1975), como um depósito do tipo cianitito. A cianita é utilizada industrialmente como refratário, ou seja, material resistente à expansão térmica, alto ponto de fusão e estável mecanicamente a altas temperaturas na forma de mulita ($3Al_2O_3 . 2SiO_2$). Dentre as principais aplicações da cianita e sua forma calcinada, a mulita, estão a construção de fundição, artigos para cozinha, abrasivos, moldes para fundição de materiais ferrosos e não-ferrosos (Joffily, *et al.*, 2008).

Mármore

Na área do Projeto Arenópolis há ocorrências de mármores, principalmente na porção meridional associada à unidade Santo Antônio da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Os mármores observados possuem faixas centimétricas avermelhadas e esbranquiçadas, expressando a presença de calcita e quartzo. Observa-se ainda, faixas milimétricas de coloração cinza, com presença de quartzo, calcita, epidoto e anfibólio.

O mármore possui várias aplicações industriais, entre elas, destacam-se o uso na construção civil, usado como matéria-prima na produção de cimento, concreto e argamassa. Além disso, o mármore tem destaque no ramo do agronegócio, sendo uma fonte essencial de cálcio e magnésio para as plantas e usado para neutralizar a acidez do solo, equilibrando o pH. Atualmente, na região do Projeto Arenópolis, esta *commodity* é explorada pela Mineração de Calcário Montividiu que possui concessão de lavra para exploração de calcário e a Votorantim Cimentos está em fase de pesquisa, ambos na Área X do projeto (Fig 8.2).

Talco

Em algumas Áreas do Projeto Arenópolis, mais especificamente nas Áreas I, V, VI, IX e X, há ocorrências de talco associadas às rochas metaultramáficas das unidades Córrego do Santo Antônio e Córrego da Onça, da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas. Segundo Luz & Lins (2008), o talco possui diversas aplicações no setor industrial, em destaque para indústrias de cerâmicas, refratários, de produtos asfálticos, plásticos e entre outras que utilizam deste filossilicato como matéria prima devido às suas características cristaloquímicas.

Areias e Cascalho

Ao longo de todas as áreas do Projeto Arenópolis foi observado terraços aluvionares de areias e cascalho presentes nas drenagens locais. Estes terraços estão localizados nas margens do Córrego da Areia, Córrego Ribeirão e Córrego da Onça. A extração de areia e cascalho possui aplicações na forma de agregados para construção civil e produção industrial para fabricação de vidros e cerâmicas.

Argilas

A região do Projeto Arenópolis apresenta potencial para extração de argilas, já que apresenta regiões de baixa declividade e próximas a drenagens (várzeas) que possibilitaram o acúmulo de material argiloso. A extração de argila é importante para produção de cerâmica vermelha (telhas e tijolos) e para fabricação de cimento Portland, a partir de argilas pozolânicas, embora a natureza dessas argilas não tenha sido estudada nesse relatório.

Rochas ornamentais/revestimento

Segundo a NBR 15012:2003, rocha ornamental é definida como material rochoso natural, submetido a diferentes graus ou tipos de beneficiamento ou afeiçoamento (bruta, aparelhada, apicoada, esculpida ou polida) utilizado para exercer uma função estética e a mesma norma define rocha de revestimento como rocha natural que, submetida a processos e graus variados de desdobramento e beneficiamento, é utilizada no acabamento de superfícies, especialmente pisos e fachadas, e em obras de construção civil. Conforme Sossai (2006), o Brasil possui forte atuação no setor de produção de rochas ornamentais e/ou revestimentos no

mercado mundial, certa prática que tem uma ótima aceitação das matérias primas brasileiras no mercado internacional, especialmente os granitos.

A cerca de 15km de Piranhas (GO), encontra-se a Pedreira Marlin Blue Stone Ltda que possui a finalidade da extração de blocos do Conglomerado Piranhas conhecido comercialmente como Verde Piranhas para fins ornamentais. Atualmente não há empresas explorando as rochas da área do projeto com estes fins ornamentais e/ou de revestimentos. Contudo há potenciais litotipos que se encaixam nos requisitos devido à sua coloração (estética) e seu baixo grau de fraturamento: Granito Serra do Iran localizado no centro das cinco primeiras áreas do projeto, Granito Ribeirão Água Limpa cortando praticamente todas áreas do projeto no extremo ocidente e o Conglomerado Piranhas restrito à Área 6, litologia na qual já possui exploração com finalidade ornamental em outra região dentro do limites de Piranhas em que a rocha é conhecida como Verde Piranhas.

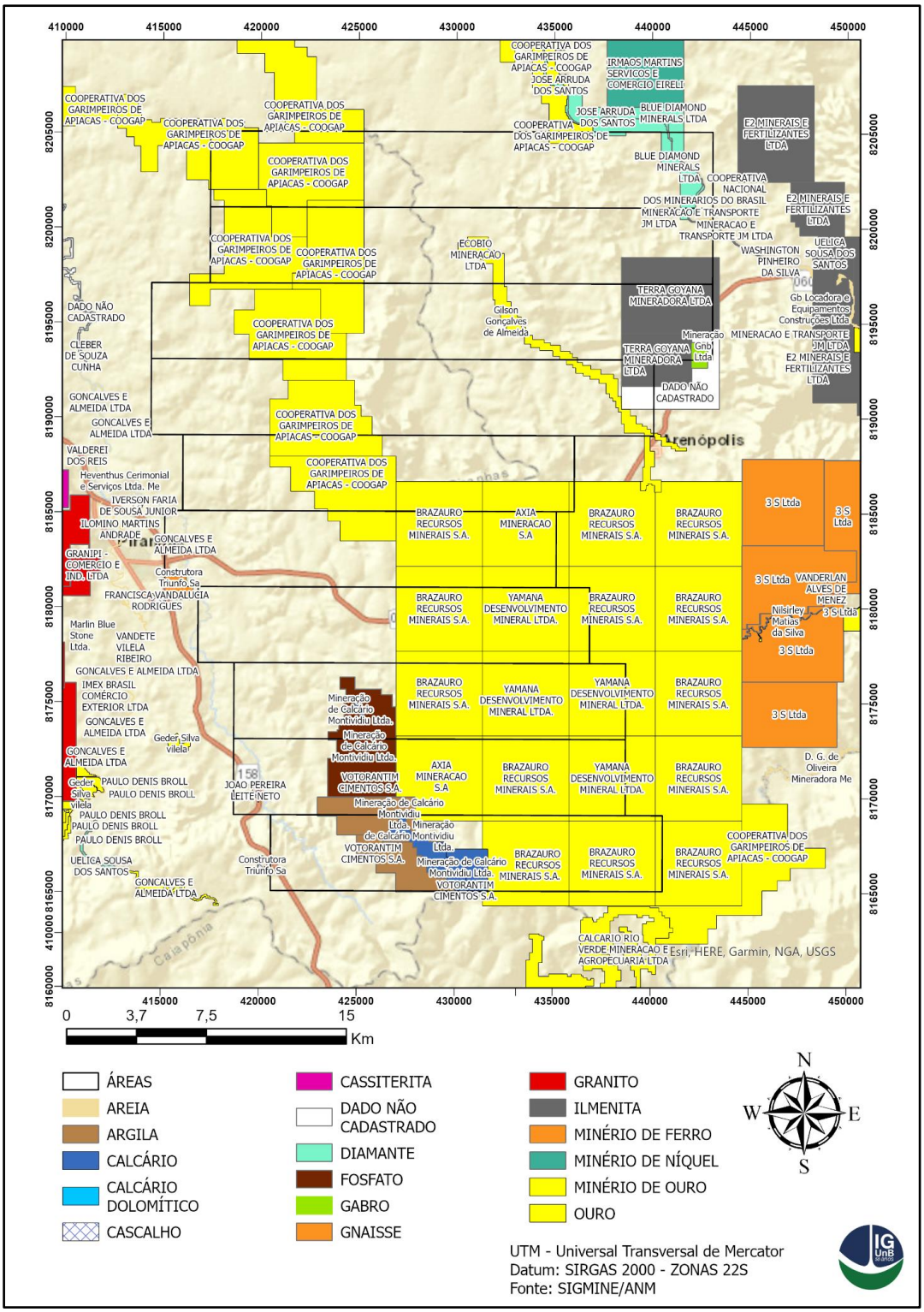


Figura 8.2. *Mapa de processos minerários por substância na área do Projeto Arenópolis (Fonte: SIGMINE/ANM, novembro/2023).*

8.5 Recursos Minerais Locais

As rochas presentes na área II apresentam usos potenciais diversos. Dentre eles destacam-se a mineração, agropecuária e rochas ornamentais, além de recursos hídricos subterrâneos. Embora ocorram zonas de alteração hidrotermal, tanto no contexto dos granitos do Rio Caiapó quanto da Serra do Iran, as rochas calcissilicáticas resultantes dessas zonas de alteração não possuem uma forte associação com sulfetos.

É importante ressaltar que tanto a Unidade Granito Serra do Iran quanto o Corpo Arenópolis são restritas na área de estudo. O potencial econômico relacionado a mineração na área é relatado através de análises de sedimento de corrente e de concentrados de bateia, realizados em trabalhos anteriores e compilados por Lacerda et al. (2021).

Ainda segundo Lacerda et al. (2021), as rochas da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas apresentaram valores anômalos positivos para níquel, cobalto, cromo e cobre enquanto as do Corpo Arenópolis para níquel, cobalto, cromo e vermiculita. A área ocupada pelo Corpo Arenópolis está em processo de solicitação de lavra em análise, voltada para ilmenita (Fig 8.2) pela *Terra Goyana Mineradora*. A ilmenita é usada em indústria de pigmentos, ligas metálicas e proteção do revestimento de autoforno.

Já os granitos da Serra do Iran e do Rio Caiapó possuem potencial econômico voltado para rochas ornamentais, sendo preferíveis suas porções maciças, e com menor presença de estruturas, embora pelo Mapa de Recursos Minerais Abarcados pelo Projeto Arenópolis, (Fig. 8.1), esteja indicado um potencial para a obtenção de chumbo relacionado aos granitos do Rio Caiapó.

Do ponto de vista hidrogeológico, as rochas do Granito Rio Caiapó são passíveis de explotação através de poços tubulares profundos, com fins destinados ao abastecimento de residências e até a irrigação de lavouras da região. Estas rochas compõem o domínio fraturado pertencente ao Sistema Aquífero Cristalino Oeste (Almeida et. al, 2006). A partir das estruturas evidenciadas em campo correlacionadas aos dados interpretados através de produtos de sensoriamento remoto (MDT) e geofísica (Magnetometria – 1ª DV), infere-se uma condição de interconectividade das fraturas favorável à armazenagem de água no sistema fraturado, apresentando potencial de contribuição ao desenvolvimento agroindustrial e de aumento da qualidade de vida dos moradores da região.

9 Evolução Tectônica do Projeto Arenópolis

O propósito deste capítulo é apresentar um modelo de fases de evolução tectônica das unidades mapeadas no Projeto Arenópolis, utilizando modelos propostos na literatura, em conjunto com os dados estruturais e petrográficos coletados durante a execução do projeto. O enquadramento geotectônico do Projeto Arenópolis está situado na Província Tocantins, no Orógeno Brasília. Essa área tem sua estruturação influenciada pela colisão entre os Crátons São Francisco, Amazônico e Paranapanema, com o desenvolvimento do Lineamento Transbrasiliano (Almeida *et al.*, 1977; Hasui & Almeida, 1970). O desenvolvimento do Orógeno Brasília abrange a evolução do Arco Magmático de Goiás durante o neoproterozóico. Essa evolução inclui estágios de arco intra-oceânico, colisão arco-continente, colisional a pós-colisional e extensional, conforme o modelo proposto por Lacerda Filho *et al.* (2021).

A evolução do Arco Magmático de Goiás é descrita nos segmentos Mara Rosa e Arenópolis através de dois principais eventos magmáticos: o primeiro, em um ambiente de arco intra-oceânico com a geração de magmatismo com idade entre 920 e 800 Ma; e mais tarde, um magmatismo em ambiente de arco continental que ocorreu entre 660 e 630 Ma (Pimentel *et al.*, 2000; Brito Neves *et al.*, 2014).

A evolução tectônica do Projeto Arenópolis (Quad. 9.1) pretende contribuir com o entendimento da geodinâmica da região entre Piranhas e Arenópolis, levando em consideração o modelo inicialmente proposto por Pimentel (1985) e posteriormente por Lacerda Filho *et al.* (2021). As interpretações foram realizadas através das observações de campo, análises petrográficas do Projeto Arenópolis, e dados geoquímicos disponíveis no relatório do Projeto Geologia e Metalogenia da Porção Oeste de Goiás (2021) do SGB-CPRM.

Estágio Tectônico	Fase Evolutiva	Evidência	Unidade
Paleoproterozóico (2300-2000 Ma)	Bloco Alóctone	Dados isotópicos Rb-Sr e TDM Sm-Nd.	Gnaisse Ribeirão (1816 ± 110 - Rb-Sr)
Arco Intra-Oceânico **Neoproterozóico - Toniano (900-800 Ma)**	Arco Vulcânico ou Bacia de Forearc	Geoquímica - Anomalia de Sr e Ba (Hattingh, 2020).	Unidade Córrego da Onça (900 ± 8 - U-Pb)
	Prisma de acresção	Rochas típicas de assoalho oceânico (metamorfizadas), justapostas por rochas sedimentares químicas e siliciclásticas (Carneiro *et al*. 2021; TF 2023).	Unidade Cór. Santo Antônio - Idade máxima de sedimentação ~900Ma
	Equivalente plutônico da SMVS Arenópolis-Piranhas - Edifício de arco de ilhas.	Geoquímica - granitos não-fracionados formados em ambientes pré-colisão de placas com evidência de enriquecimento por subducção (Hattingh, 2020).	Gnaisse Arenópolis (899 ± 7 - U-Pb)
	Contemporâneo ao Gnaisse Arenópolis. Intrudiu o Gnaisse Ribeirão	Geoquímica - Contaminação com crosta continental arqueana (Pimentel *et al*. 2003).	Gabro Morro do Baú (890 ± 6 - U-Pb)
	Arco vulcânico ao	Sistemas de ZC (TF 23); Heterogeneidade isotópica pode indicar	Granito Serra do Tatu (692 ±

Arco Continental - Colisional **Neoproterozóico - Criogeniano (670-600 Ma)**	estágio colisional	contaminação de granitogênese pós tectônica (Pimentel *et al*. 1985).	110 - Rb-Sr)
		Assinatura geoquímica de adakitos: geração de magmas a partir da fusão de crosta oceânica (alto Nb/Yb e Th/Yb) e alojamento em crosta continental (altas razões Th/Yb).	Granito Ribeirão Água Limpa (639 ± 3 - U-Pb)
Colisional a Pós-Colisional **Neoproterozóico - Ediacarano (590-560 Ma)**	Final do estágio colisional	Geoquímica - razão inicial $^{87}Sr/^{86}Sr$ de 0.70382 (Pimentel & Fuck, 1987) e εNd(t) entre -4,2 e +1,5 (Hattingh, 2020). Dados sugerem origem mantélica e crustal.	Granito Rio Caiapó (587 ± 20 - U-Pb)
	Pós-Colisional	Geoquímica - εNd(t) de -2.7 a +2.0 (Hattingh, 2019); Caráter bimodal do magmatismo e sem deformação no centro do plúton (TF 23).	Granito Serra do Iran (564 ± 5 - Rb-Sr)
Extensional **(Paleozóico - Cambriano)**	Bacia Intracratônica	Formação Furnas e Ponta Grossa; Conglomerado Piranhas (TF 23).	Grupo Paraná
Intraplaca **Mesozóico - Cretáceo (135-63 Ma)**	Pluma ou soerguimento do manto	Datação - idades entre 94 ± 5 e 74.3 ± 1.6 Ma (Sonoki and Garda, 1988). Complexo alcalino carbonatítico Arenópolis (Danni, 1976; TF 23)	Complexo Arenópolis (94 ± 5 - K-Ar)

Quadro 9.1. *Estágios de evolução tectônica do Arco Magmático de Arenópolis referente às unidades do Projeto Arenópolis.*

9.1 Estágio de Arco Intra-Oceânico

A formação do Arco Magmático Goiás é marcada pelo fechamento do Oceano Goiás-Farusiano (Kröner & Cordani, 2003; Caby, 1994; Valeriano *et al*., 2004). Enquanto a formação do segmento Mara Rosa é iniciada pela aproximação dos Crátons Amazônico e São Francisco, a geração do segmento Arenópolis é iniciada a partir do movimento convergente entre os Crátons Paranapanema e São Francisco, conforme o modelo de Marques (2017) e detalhado na Figura 9.1.

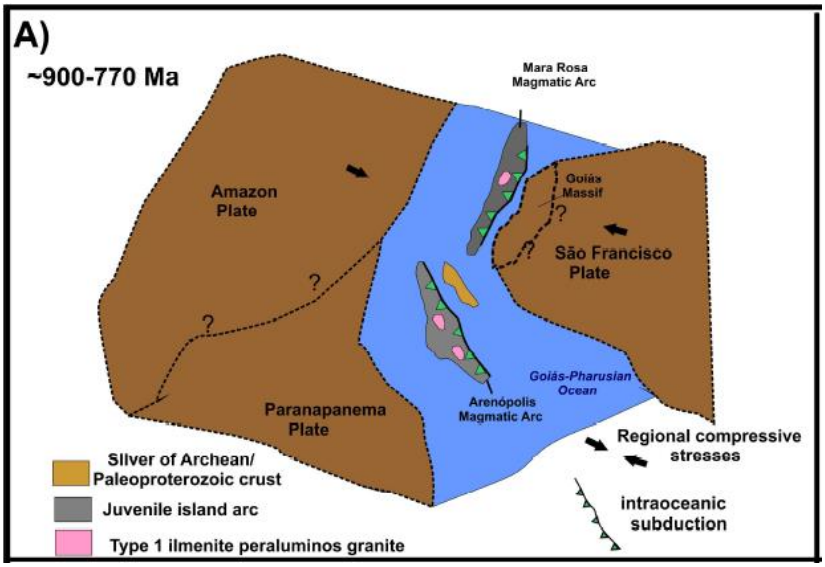


Figura 9.1. *Fechamento do Oceano Goiás-Farusiano com desenvolvimento dos primeiros arranjos de arcos intra-oceânicos (cerca de 900 a 770 milhões de anos). Adaptado de Marques (2017).*

De acordo com Laux *et al.* (2005), a história evolutiva do Arco Magmático Goiás se inicia com a geração de arcos intra-oceânicos, o qual é representado por rochas metamáficas com idades entre 890 e 815 Ma e ortognaisses e granitoides com idades entre 821 e 782 Ma. Nesse período, se formaram inicialmente, o arco de Arenópolis-Piranhas, seguido pelo arco de Anicuns-Itaberaí. Associadas a estes arcos, houve o desenvolvimento de bacias do tipo *forearc*, *backarc* e zonas de trincheira, com sedimentação e derrames de rochas vulcânicas.

No cenário do Projeto Arenópolis, o estágio de arco intra-oceânico é representado pelo Gnaisse Arenópolis, o qual foi descrito como ortognaisse metaluminoso de composição tonalítica. A idade de 899±7 Ma (Pimentel *et al.*, 1991) indica que estaria relacionado aos primeiros eventos de formação do arco. Concomitantemente, mais para oeste (na posição atual), havia sedimentação na zona de trincheira (Carneiro *et al.*, 2021)

a qual daria lugar à Unidade Córrego Santo Antônio, da Sequência MVS Arenópolis-Piranhas. Os anfibolitos da Unidade Córrego da Onça poderiam ter sido formados no próprio arco de ilhas (Pimentel, 1985) ou em uma bacia de *forearc*. A obducção de parte dessa crosta oceânica, junto com os sedimentos de trincheira, geraria mais tarde a superposição de lascas de rochas máficas e ultramáficas ao lado de rochas carbonáticas pertencentes a uma provável plataforma carbonática (Fig. 9.3).

Além disso, dados litogeoquímicos apontam para magmas de série calci-alcalina, com granitos formados em ambiente pré colisão, com evidências de enriquecimento por subducção (Hattingh, 2020). Ademais, Rodrigues *et al.* (1999) mostram que diferentes ortognaisses do Segmento Arenópolis, apresentam caráter metaluminoso (Pimentel & Fuck 1992b, Viana et al. 1995). Na Figura 9.4, evidencia-se tal caráter do Gnaisse Arenópolis.

O modelo proposto pelo Projeto Arenópolis inclui as rochas da Unidade Córrego da Onça em um ambiente de bacia de *forearc,* uma vez que foram mapeadas rochas metavulcânicas máficas e intermediárias intercaladas com rochas metassedimentares. O diagrama de Pearce (1996) permite a classificação dos protólitos de anfibolitos, pertencentes às unidades da Sequência MVS Arenópolis-Piranhas, como basaltos toleíticos (Fig. 9.2).

O fato de haver sequências de trincheiras, junto com espessa sequência de basaltos intercalados com rochas sedimentares, principalmente químicas, atentam para um modelo de *Shallow "Benioff Style Subduction"* (Chelle-Michou *et al.*, 2022). Os autores defendem que a placa oceânica entra em subducção com ângulo aproximado de 45°. Essa interpretação corrobora com o modelo inicialmente proposto por Pimentel (1985) e posteriormente por Carneiro *et al.* (2021).

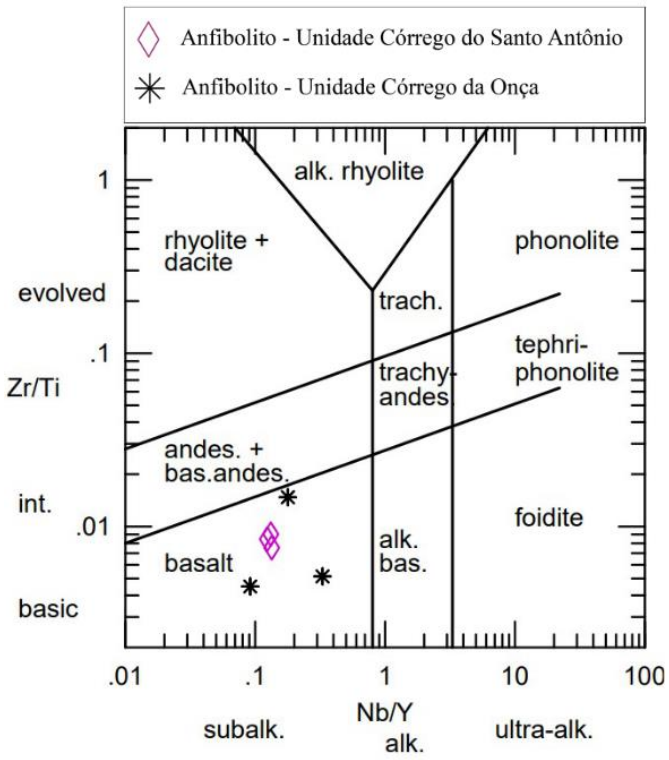


Figura 9.2. *Diagrama de Pearce (1996) para classificação do protólito dos anfibolitos das unidades Córrego da Onça e Córrego Santo Antônio. Fonte: SGB-CPRM (2021).*

O Gabro Morro do Baú tem uma idade de cristalização de 890 ± 6 Ma (Pimentel *et al.*, 2003). A idade indica que esta intrusão é contemporânea, ou um pouco mais jovem que as rochas vulcânicas da Unidade Córrego da Onça. No Projeto Arenópolis, o Gabro Morro do Baú aflora na Área X, em aparente contato intrusivo com o Gnaisse Ribeirão e Gnaisse Arenópolis a leste, e com a Unidade Córrego Santo Antônio a oeste.

A composição isotópica de Nd do Gabro do Morro do Baú, T_{DM} de 2.8 Ga e εNd negativo de –9.7, indica forte contaminação com material siálico arqueano (Pimentel *et al.* 2003). No Projeto Arenópolis, o Gabro Morro do Baú foi mapeado em contato com o Gnaisse Ribeirão e com a Unidade Córrego Santo Antônio. Dessa forma, considerando a idade de 1816 ± 110 (Pimentel *et al.*, 1992) no modelo proposto (Fig. 9.3), o Gnaisse Ribeirão é uma das unidades encaixantes do Gabro Morro do Baú e pode ser a fonte de contaminação observada através dos dados Sm-Nd.

Considerando todas as informações mencionadas, é proposto, assim como Lacerda Filho *et al.* (2021), uma subducção no estágio de arco intra-oceânico com mergulho para leste. Pimentel (1985) propõe a mesma polaridade de subducção, com base em grau de metamorfismo crescente em direção à oeste na Unidade Córrego Santo

Antônio. As unidades Córrego Santo Antônio e Córrego da Onça representam a zona de trincheira e bacia *forearc*, respectivamente. O Gabro Morro do Baú, representa um corpo plutônico intrudido e associado a este estágio, enquanto o Gnaisse Arenópolis representa o próprio edifício vulcânico. É interessante destacar que o Gnaisse Arenópolis também foi identificado a oeste do Gnaisse Ribeirão. Até o momento não existem idades mais acuradas e geoquímica destes dois gnaisses para colocá-los em um contexto mais preciso dentro desta evolução.

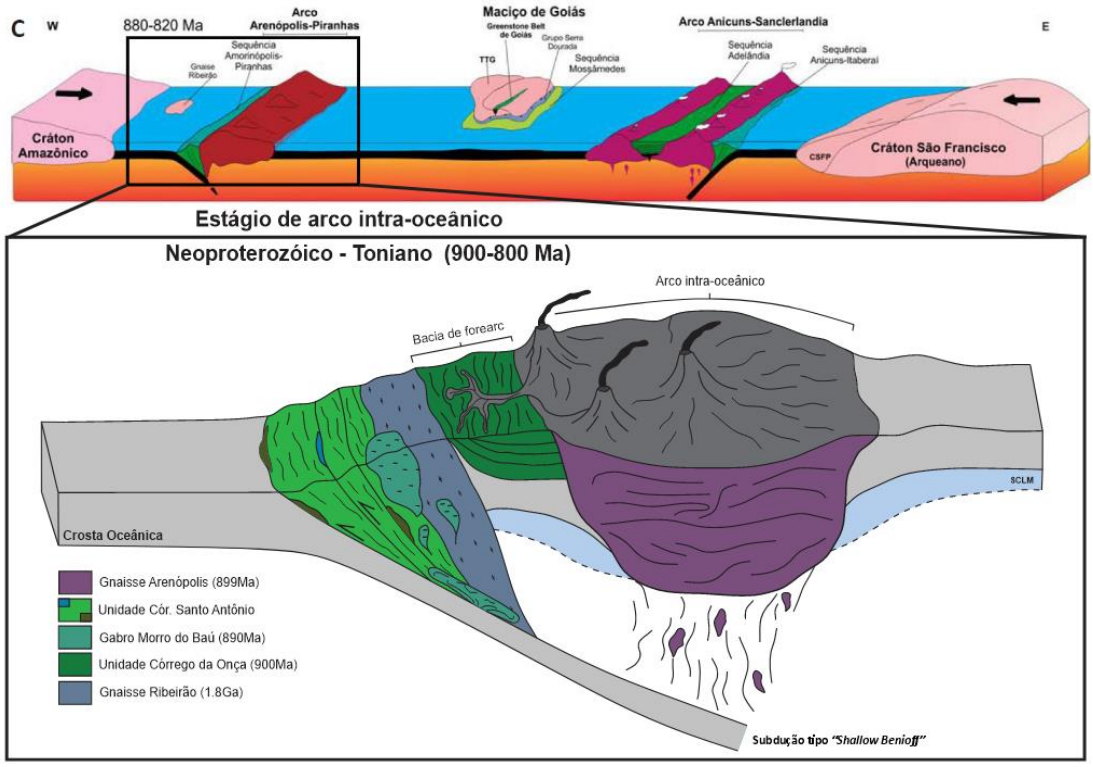


Figura 9.3. *Modelo evolutivo do estágio de arco intra-oceânico na região entre Piranhas e Arenópolis, com destaque para o modelo proposto por Lacerda-Filho et al. (2021).*

9.2 Estágio Arco Continental-Colisão Continente-Continente

O estágio Arco continental-Colisão Continente-Continente é caracterizado por magmatismo misto de fontes juvenis e crustais por volta de 670 a 600 Ma. Nessa fase de acresção do AMG, observa-se aumento do volume de magmas calci-alcalinos, peraluminosos, com aumento de SiO_2 e K_2O, além de composições geoquímicas multielementares (Fig.9.4) e padrões de ETR condizentes com contaminação crustal, sendo também obtidos valores de ε_{Nd} cada vez mais negativos (Frasca, 2015).

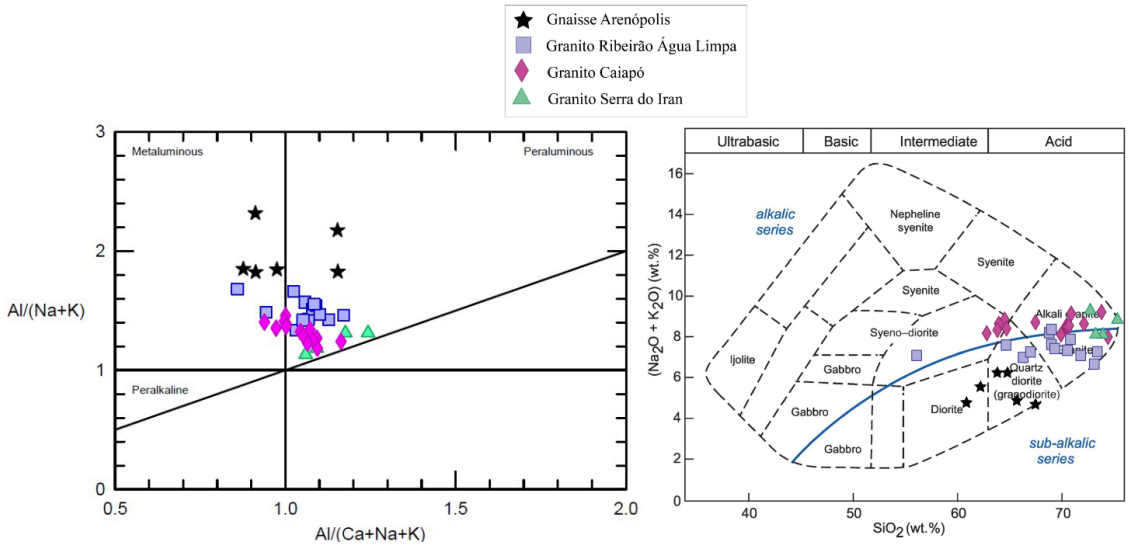


Figura 9.4. *Diagrama de classificação do índice de Shand (alumina-saturação) à esquerda e diagrama TAS para todas as unidades plutônicas e metaplutônicas do Projeto Arenópolis à direita. Fonte: SGB-CPRM (2021).*

No contexto do Projeto Arenópolis, as unidades que representam o magmatismo relacionado a esse estágio são o Granito Serra do Tatu, o Granito Ribeirão Água Limpa e o Granito Rio Caiapó, conforme mostra o modelo proposto na Figura 9.5. O Granito Serra do Tatu representa um granito tipo-S de caráter peraluminoso, com uma idade de 690 ± 110 Ma, obtida pelo método Rb-Sr por Pimentel (1985). É caracterizado por se apresentar fortemente milonitizado. Já o Granito Ribeirão Água Limpa constitui rochas metaplutônicas graníticas a tonalíticas milonitizadas. Hattingh *et al*. (2021) obtiveram, pelo método U-Pb, idade de 692 ± 3 Ma para a unidade. Os resultados geoquímicos indicam que são rochas calci-alcalinas e peraluminosas, com padrão de ETR e razão K_2O/Na_2O que permitem classificá-las como adakitos de alto K, além de apresentarem baixas concentrações de HFSE em padrões ETR normalizados para condrito. Essas características foram consideradas pelos autores para interpretar que o Granito Ribeirão

Água Limpa tem uma fonte profunda mantélica, em contexto de extremo espessamento crustal e consequente fusão parcial da quilha eclogítica delaminada. O entendimento dos autores contribui com o modelo proposto pelo Projeto Arenópolis, permitindo estabelecer a formação da unidade em uma fase avançada de subducção em ambiente de arco continental.

Seguindo o modelo apresentado por Lacerda Filho *et al.* (2021), o Granito Ribeirão Água Limpa representaria o Arco Continental do Arco Bom Jardim, localizado a oeste. Fica ainda a esclarecer, em função da idade, se o Granito Serra do Tatu é um dos representantes deste estágio no Arco de Arenópolis-Piranhas. Diversos corpos gabro-dioríticos e graníticos com e sem deformação foram encontrados durante o mapeamento. Possivelmente eles estejam relacionados com este momento da evolução, mas não existem até o presente dado isotópicos e geoquímicos para fazer essa correlação. Não obstante, o estágio de Arco Continental parece ter sido muito restringido no tempo para o Arco Arenópolis-Piranhas.

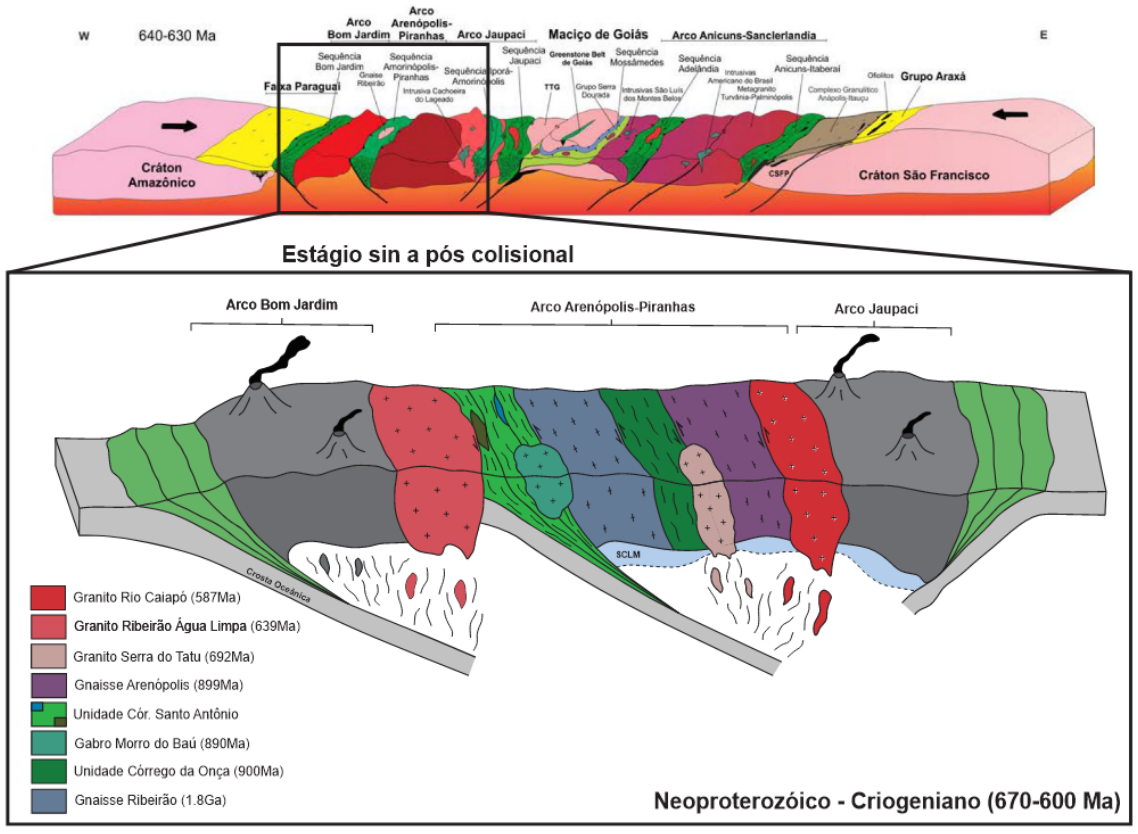


Figura 9.5. *Modelo evolutivo do estágio de arco continental na região entre Piranhas e Arenópolis, com destaque para o modelo proposto por Lacerda-Filho et al. (2021).*

No presente modelo (Fig. 9.5), o Granito Rio Caiapó foi colocado no estágio final da colisão continente-continente. Ele tem uma idade de 587±17 Ma (Pimentel & Fuck 1994) e características geoquímicas de granitos tipo-I, típicas de arco. Não obstante, a idade e seu erro analítico poderiam indicar que este granito é mais antigo, descartando a sua relação ao magmatismo granítico bimodal pós-Brasiliano mais antigo (entre ca. 590 a 560 Ma, Pimentel *et al.*, 1987b, 1996b e 1999). As evidências de campo, como zonas de cisalhamento, foliação e evidências de deformação em microestruturas em amostras tanto das bordas quanto no centro do corpo, corroboram a hipótese de que o mesmo estaria relacionado aos estágios finais da colisão continente-continente e não ao ambiente pós-colisional.

9.3 Estágio Colisional-Pós Colisional: magmatismo bimodal em ambiente transicional

A evolução do Arco Magmático Goiás se deu através do fechamento do Oceano Goiás-Farusiano e está correlacionada com a amalgamação do continente Gondwana. Este então, é seguido pelo desenvolvimento de mega-cisalhamento denominado Lineamento Transbrasiliano (Schobbenhaus, 1975), o qual é composto por diversas zonas de cisalhamentos que se estendem até a base da litosfera (*sub-continental lithospheric mantle* - SCLM). O Lineamento, então, atua como uma série de condutos para a ascensão e estocagem de magmas, e posteriormente, anatexia. Com isso, se dá origem ao magmatismo bimodal e granitos do tipo-A (Vauchez & Tommasi, 2003; Pirajno, 2010).

Segundo Pimentel *et al*. (1987b, 1996b e 1999), o magmatismo granítico bimodal pós-Brasiliano pode ser resumido em dois eventos distintos: (i) um mais antigo entre *ca.* 590 a 560 Ma e (ii) um mais recente entre *ca.* 508 a 485 Ma. Ambos os episódios apresentam grupos de granitoides metaluminosos, contendo razões $K_2O/Na_2O > 1$, bem como afinidades transicionais entre calci-alcalinas a calci-alcalinas de alto-K. O grupo de granitoides de idades mais antigas são similares a granitos do tipo-I, ao passo que os mais jovens seriam comparáveis a granitos do tipo-A. Além disso, ambos os grupos apresentam razões isotópicas de Sr e Nd com razões iniciais de Sr entre 0.703-0.710 e ε_{Nd} (T) entre -4.6 a +3.0, compatíveis com fusão de granitoides e rochas metavulcânicas de arco mais antigo. Ainda, Pimentel *et al*. (1999) atribuem a origem deste magmatismo bimodal a fusão crustal acarretada por intensa produção de calor, possivelmente relacionada a um episódio de *underplating* de magmas mantélicos na base da crosta continental. No modelo

tectônico proposto (Fig. 9.6), tal evento seria promovido por um mecanismo de *slab-breakoff* (Davies & Blanckenburg, 1995; Atherton & Ghani, 2002), após os últimos estágios da Orogenia Brasiliana. Este mecanismo de *slab-breakoff* é responsável pelas denominadas "janelas astenosféricas", que permitem a subida do manto astenosférico, descompressão, fusão parcial e *underplating* e magmas na base da crosta.

A unidade que está inserida nesse contexto e presente no Projeto Arenópolis corresponde ao Granito Serra do Iran. Vale ressaltar que, embora o Granito Rio Caiapó (587 ± 17 Ma, Pimentel & Fuck 1994) e o Granito Serra do Iran (588 ± 17 Ma, Pimentel & Fuck 1994) tenham idades próximas, o erro analítico, a geoquímica e as relações de campo observadas durante o mapeamento permite interpretar que os dois corpos não foram alojados no mesmo momento da evolução no estágio *tardi* a pós tectônico.

Enquanto o Granito Rio Caiapó é afetado por zonas de cisalhamento, foliação e evidências de deformação em microestruturas em amostras, tanto das bordas, quanto no centro do corpo, o Granito Serra do Iran se mostra com características predominantemente isotrópicas no centro do corpo. Dessa forma, as zonas de cisalhamento desenvolvidas apenas nas bordas indicam alojamento do plúton nos últimos estágios do período colisional. Conforme Pimentel *et al*. (1985), o Granito Serra do Iran se destaca pelo caráter isótropo da trama, ao contrário do Granito Rio Caiapó, e constitui um pequeno plúton em que se desenvolveu uma auréola termal na sequência xistosa encaixante.

Por fim, ao longo dos estágios finais de transpressão sinistral ao longo da região, entende-se que houve a nucleação de um domínio transtrativo de mesma cinemática. A atuação de tectônica distensiva geraria então, ao longo da Unidade Córrego da Onça e do Granito Serra do Tatu, o equivalente a uma bacia do tipo *pull-apart* com rampas extensionais com direção E-W a WNW-ESE em um cisalhamento NNW-SSE. Tal deformação seria então responsável pela geração e principalmente, intrusão de diques riolíticos, paralelos ao cisalhamento NNW-SSE. De maneira subordinada, ao longo dos sítios extensionais nesta bacia, houve a colocação de diques riolíticos de menor escala, com direção E-W. Desse modo, compreende-se que a extensão E-W gerou um sistema de canais que possibilitou a ascensão do magma ácido. Sendo assim, pela ausência de deformação presente ao longo dos diques, é possível afirmar que a unidade Córrego do Horácio foi gerada no final do evento deformacional transpressivo. Isto se dá em função

da presença apenas de estruturas de fluxo localizadas e domínios não deformados relacionados a um resfriamento tardio.

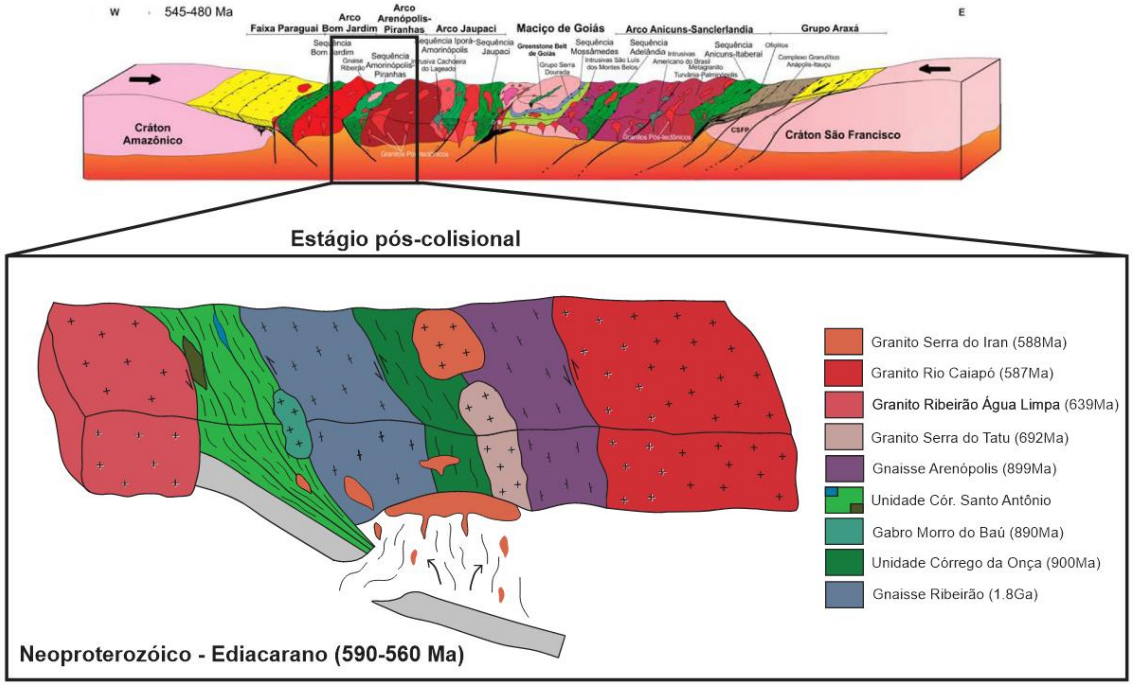


Figura 9.6. *Modelo evolutivo do estágio pós-colisional na região entre Piranhas e Arenópolis, com destaque para o modelo proposto por Lacerda-Filho et al. (2021).*

9.4 Estágio Extensional

O estágio extensional se trata do mais recente evento deformacional na área de estudo, de idade fanerozóica, tendo ocorrido após o estágio compressivo e o soerguimento do orógeno. Nesse estágio, há o predomínio de falhas e juntas, que ocorrem a partir de reativações de estruturas mais antigas, do embasamento, em direção preferencial aproximadamente N-S, o que gerou feições como *grabens* e bacias marginais (Lacerda Filho *et al.* 2021). Esse estágio inicial de graben, com o aporte de material oriundo do Arco Magmático de Goiás, foi o que deu origem à Formação Piranhas (Pimentel, 2016). Esta formação é representada no presente projeto pelo Conglomerado Piranhas, que aflora em uma estreita faixa de direção N-S em um *graben* desenvolvido no Granito Ribeirão Água Limpa. A sua gênese está relacionada à deposição molássica em decorrência de um aulacógeno ordoviciano (Faria *et al*., 1975).

A deposição dos sedimentos da Bacia do Paraná também está relacionada a esse estágio, tendo ocorrido durante o Ordoviciano-Siluriano, em que as reativações de estruturas do embasamento geraram depressões alongadas, que controlaram a deposição

dos sedimentos da Bacia do Paraná. Iniciando-se com a deposição dos sedimentos do Grupos Rio Ivaí, seguidas da deposição dos sedimentos fração areia da Formação Furnas, que transitam gradualmente para os sedimentos mais finos da Formação Ponta Grossa (Devoniano) em ciclos transgressivo-regressivo, ambos presentes no sul da área do Projeto Arenópolis (Lacerda Filho *et al.*, 2021).

Em relação às estruturas rúpteis presentes na área de estudo, elas podem ser correlacionadas ao Lineamento Az 125°. Essas estruturas foram o lugar de ascensão de magmas básicos relacionados à Pluma Trindade há cerca de 90 Ma, que é o evento responsável pelos corpos alcalinos da Suíte Alcalina Iporá, presentes na área de estudo (Crough *et al.*, 1980; Gibson *et al.*, 1995b, 1997b; Thompson *et al.*, 1998).

9.5 Magmatismo Alcalino

Uma das teorias sugeridas na petrogênese do magmatismo alcalino cretáceo no Brasil decorre do modelo de plumas mantélicas, apoiando-se em evidências geofísicas (e.g Gibson *et al.*, 1999). De acordo com este modelo, a Província Alcalina de Goiás representa um local com intrusões alcalinas ao longo de uma trilha direcionada para sudeste, também chamada de Lineamento Azimute 125. Nesta interpretação, a pluma foi desviada para sul em direção à litosfera mais fina, onde gerou a Província Serra do Mar entre 85 e 55 milhões de anos (Thompson *et al.*, 1998).

Entretanto, novos modelos sugerem a origem de magmas alcalinos a partir do soerguimento do manto litosférico subcontinental metassomatizado em processo de rifteamento. De acordo com Ferreira *et al.* (2022), a fusão derivada do manto pode ser consequência de episódios de rifteamento e células convectivas do manto, ou seja, a incidência de um ponto quente ou um ponto de fusão do manto não seria necessária. Os autores propõem que a extensão litosférica pode ser o modelo mecânico mais aplicável para a geração do magmatismo alcalino e toleítico do Mesozoico na América do Sul. Esse mecanismo inclui a reativação de estruturas profundas herdadas da colagem orogênica do Neoproterozoico, atuando assim como condutos de magma ou reservatórios temporários, conforme o modelo proposto pelos autores na Figura 9.7. A constituição das províncias alcalinas em terrenos afetados por processos anteriores de subducção e colagem orogênica, teriam aproveitado um manto mais enriquecido em CO_2, H_2O e elementos incompatíveis (Ferreira *et al.* 2022).

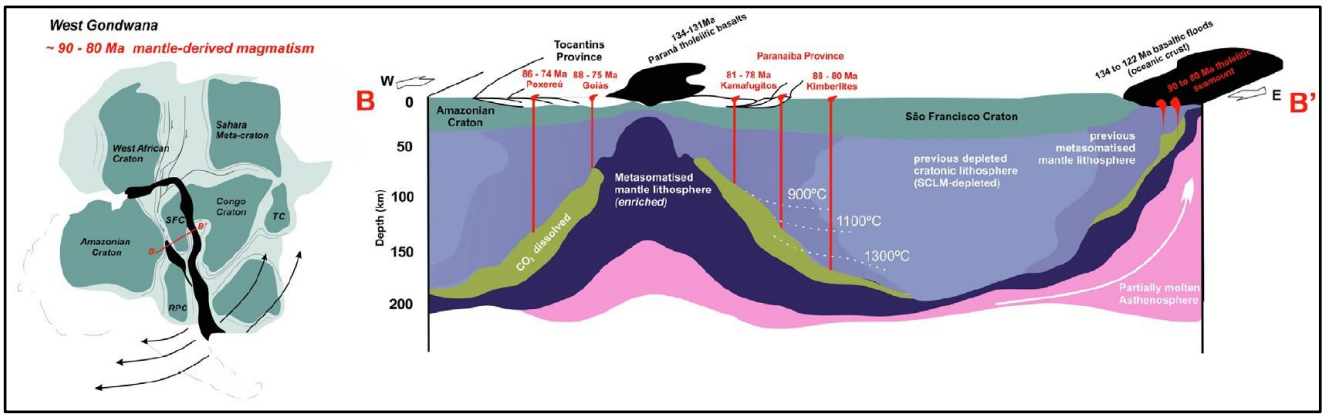


Figura 9.7. *Modelo proposto por Ferreira et al. (2022) para a evolução da litosfera facilitando a colocação dos magmas toleíticos e alcalinos de aproximadamente 130 milhões e 80 milhões de anos. Adaptado de Ferreira et al. (2022).*

9.6 Fases de deformação e metamorfismo

Um dos aspectos que ficaram evidentes durante o trabalho de campo do Projeto Arenópolis diz respeito à natureza polideformada da região, envolvendo feições estruturais complexas, como sobreposições, estilos de dobramentos variados, distintas gerações de foliações, lineações e fraturas. Deste modo, por meio da integração das informações de campo, foi possível construir uma concepção de eventos metamórficos e deformacionais e, logo, relacioná-los com as fases da evolução tectônica na escala do mapeamento.

O estágio de Arco Intra-Oceânico (Fig. 9.3) é vislumbrado a partir de uma fase (D_{n-1}) de natureza compressional e orientação geral E-W, responsável por gerar sistemas de empurrões, falhas oblíquas e dobramentos através do surgimento das primeiras zonas de subducção. Este cenário é estabelecido em um regime dúctil-rúptil sob condições metamórficas de fácies xisto-verde. Além disso, as superfícies iniciais (S_0) de deposição das camadas vulcanossedimentares e edifícios vulcânicos passaram por um primeiro evento ou fase de dobramentos (F_1), gerando foliações plano-axiais (S_1). Estas são então redobradas por uma segunda fase de dobramentos (F_2) que transpõe e paraleliza as superfícies S_0 e S_1. Os elementos desta primeira fase de deformação são de difícil identificação em campo, porém em alguns casos é possível abstraí-los pela exibição de dobras apertadas, recumbentes, com eixos horizontais, se manifestando entre planos dos dobramentos F_2 (Fig. 9.8).

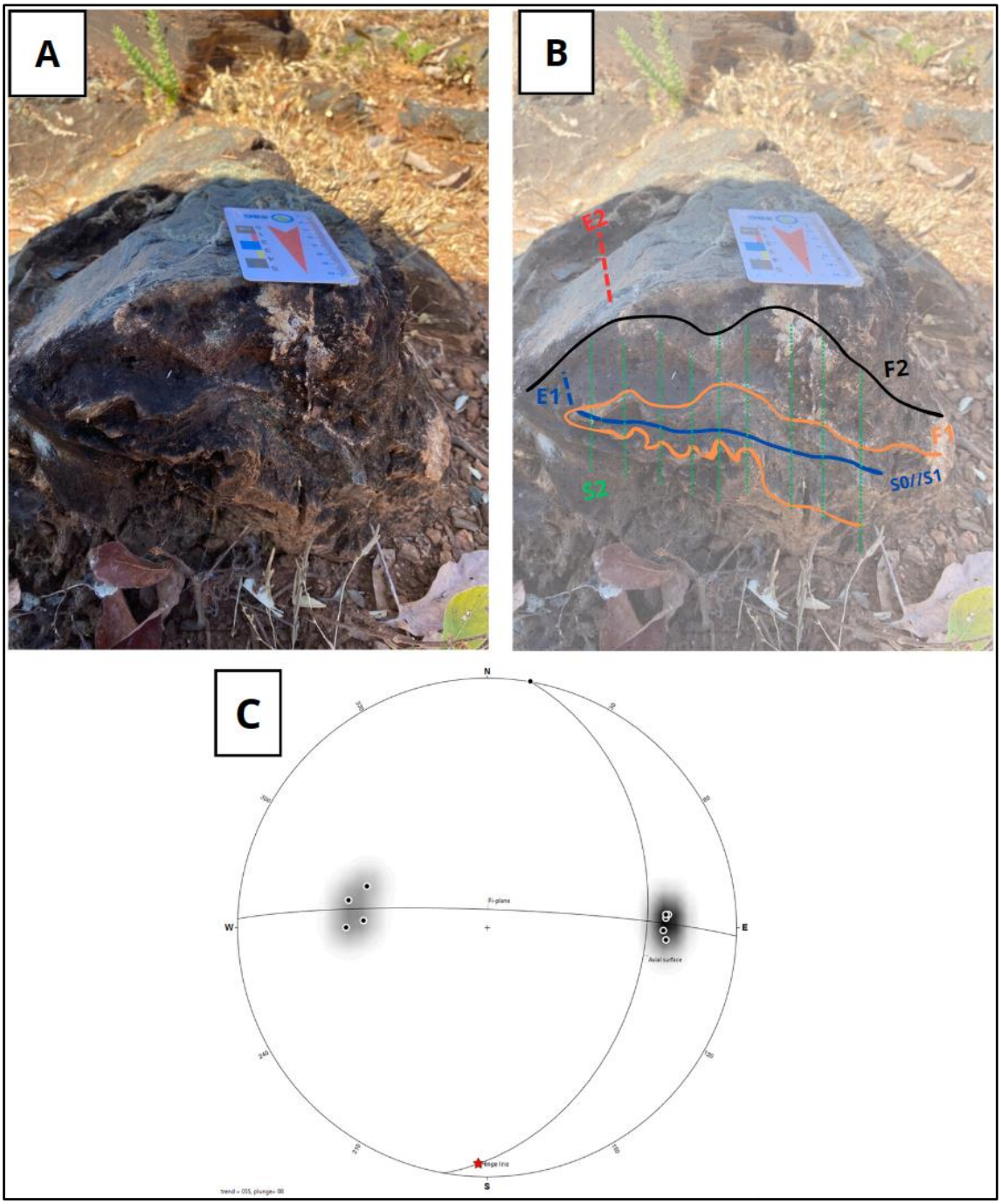


Figura 9.8. *(A) Afloramento de anfibolito dobrado pertencente à Unidade Córrego do Santo Antônio (416244E/8190590S), evidenciando (B) o padrão de interferência de dobra F2 com dobra F1 e as relações de sobreposição das gerações de foliações. A Foliação plano-axial S2 compõe a foliação predominante na área do projeto, enquanto a foliação S1 se mostra transposta e incluída nos planos de F2. (C) Estereograma mostrando os pólos dos flancos da dobra F2, bem como o seu perfil e superfície axial, além do eixo.*

Ainda na fase de deformação D_{n-1}, ocorreria a amalgamação de outros sistemas de arcos intra-oceânicos e a eventual instalação de um ambiente de arco vulcânico, aqui retratado como estágio de arco continental (Fig. 9.5). As condições metamórficas neste cenário consistiriam em padrões Barrovianos mais distribuídos, com condições de fácies xisto-verde a xisto-verde transicional nas frentes de subducção, podendo atingir fácies anfibolito nas porções sob as raízes do arco continental.

Em termos estruturais, este estágio também é caracterizado pela transposição da foliação S_1 a partir da interferência da fase de dobramentos ou redobramentos F_2 anteriormente mencionada. Sistemas de empurrões e falhas oblíquas continuam a se manifestar devido à permanência dos esforços compressionais de direção E-W advindos das zonas de subducção em evolução. Os elementos deformacionais típicos dessa fase de dobramentos são caracterizados pela presença de foliações plano-axiais S_2, lineações em planos de falhas (*slickenlines*) de caráter frontal ou oblíquo, dobras assimétricas fechadas a abertas com planos axiais normais a inclinados e eixos horizontais a fortemente inclinados. Vale ressaltar que grande parte dos estilos de dobramentos evidenciados em campo são referentes a esta fase.

Ao estágio colisional é creditado o pico metamórfico da região, onde as condições de fácies anfibolito se tornam predominantes. Tal cenário é condizente com o principal evento tectono-metamórfico do Ciclo Brasiliano ao redor de *ca*. 630 Ma (Pimentel *et al*., 1991a; Pimentel *et al*., 1999) interpretado como resultante dos episódios colisionais entre o Cráton Amazônico e o Cráton do São Francisco, que a esta altura já estaria amalgamado com o Bloco Paranapanema. Além disso, esta etapa inaugura eventos transcorrentes de direção NW-SE com a implantação da fase de deformação D_n em um regime de caráter mais dúctil. A trama NW-SE é referente à principal estruturação da área do Projeto Arenópolis, onde ocorre a superposição e aproveitamento dos planos de falhamentos das fases F_1 e F_2 por extensas zonas de cisalhamento de caráter transcorrente associadas ao Lineamento Transbrasiliano a oeste (Lacerda-Filho *et al*., 2021; Curto, 2015). Deste modo, as zonas de cisalhamento Piranhas, Ribeirão e Córrego da Areia seriam nucleadas neste evento. Os elementos atribuídos a esta etapa são foliações miloníticas (S_3), dobras apertadas a isoclinais com flancos rompidos, lineações de estiramento mineral e transposição das foliações S_1 e S_2.

Ao final do estágio colisional, mais precisamente na etapa de transição para o pós-colisional (Fig. 9.6), se inicia um regime de natureza tardi-tectônica, com a fase de deformação D_{n+1}, caracterizada pelo início do arrefecimento crustal e, consequentemente, a incidência de um retro-metamorfismo de fácies xisto-verde. Neste período, as zonas de cisalhamento principais iniciam a nucleação de falhas de cisalhamento transcorrentes sintéticas e antitéticas (R e R'). Estas fraturas de cisalhamento ou falhas transcorrentes são responsáveis por imprimir a estruturação subsidiária E-W evidenciada na área do Projeto Arenópolis, conforme o modelo proposto na Figura 9.9. Além disso, dobramentos tardios na forma de crenulações com eixos de direção aproximada NNE, afetam os planos de foliação S_2 e S_3.

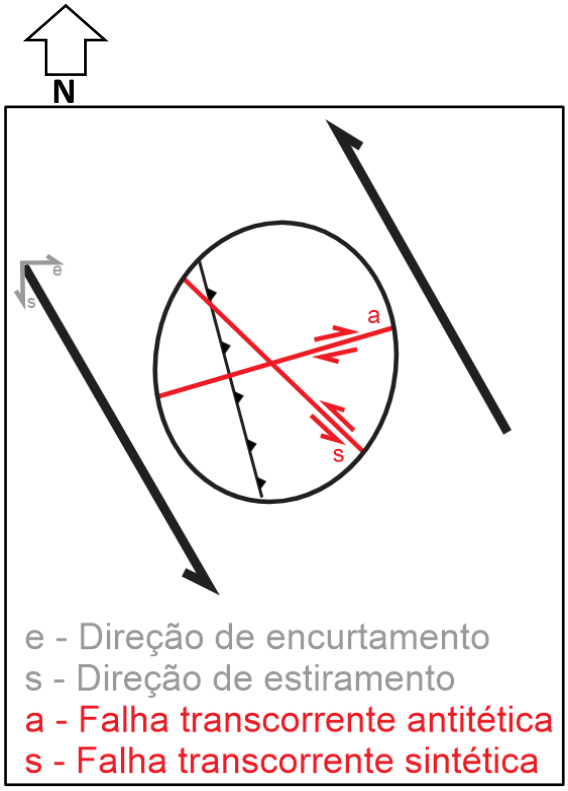


Figura 9.9. *Modelo proposto para a região do Projeto Arenópolis. Destaca-se o cisalhamento regional sinistral com falhas antitéticas e sintéticas e as respectivas direções de encurtamento e estiramento.*

Por fim, ao final do estágio pós-orogênico ocorreria um regime rúptil extensional D_{n+2}, com episódios de soerguimento e erosão, além da instalação da Bacia do Paraná. Neste estágio são nucleadas falhas normais e falhas direcionais.

10 Considerações Finais

O Projeto Arenópolis foi um trabalho de mapeamento geológico realizado na porção oeste do estado de Goiás, abrangendo uma área de 907 km^2 mapeados e englobando os munícipios de Arenópolis e Piranhas. Os primeiros trabalhos de mapeamento na região são atribuídos à Universidade de Brasília, realizados pela turma do TF Piranhas de 1973 e pelo Dr. Márcio Pimentel, tese de mestrado de 1985, em escala de detalhe de 1:50.000. Já os produtos cartográficos mais recentes produzidos na região são de autoria do Serviço Geológico Nacional (CPRM), publicados no ano de 2020, na folha SE.22-V-B-II Piranhas, em escala de detalhe 1:100.000.

O trabalho de mapeamento realizado no Projeto Arenópolis constituiu uma cartografia de detalhe na escala de 1:25.000, por meio da confecção do Mapa Geológico do Projeto Arenópolis (Fig. 10.3) caracterizando e melhor detalhando a área de estudo e as unidades descritas em trabalhos anteriores, utilizando dados de levantamentos aerogeofísicos pré-existentes conjuntamente com dados obtidos por sensoriamento remoto. Vale salientar que as coberturas detrito-lateríticas foram desconsideradas durante a elaboração do mapa geológico, de modo a destacar a caracterização dos diferentes tipos de rochas encontradas na região conjuntamente com a trama geotectônica regional.

A área mapeada no Projeto Arenópolis está inserida no contexto geotectônico do Arco Magmático de Goiás, Segmento Arenópolis, contando também com o embasamento paleoproterozoico, constituído pelo Gnaisse Ribeirão, e com as rochas da Bacia do Paraná e do Complexo Alcalino de Goiás. De modo que as rochas do Arco Arenópolis compõem cerca de 95% das rochas mapeadas. Nesse contexto foram mapeadas 27 unidades litoestratigráficas.

A Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas corresponde à maior porção mapeada, subdivida em unidades Córrego da Onça e Córrego do Santo Antônio (Pimentel & Fuck, 1986). As rochas da Unidade Córrego da Onça foram divididas em duas fácies: i) fácies máfica e ultramáfica; ii) fácies metassedimentar. A fácies máfica e ultramáfica é composta por anfibolitos e tremolita-xistos, respectivamente, enquanto a fácies metassedimentar por muscovita xistos, metacherts e gnaisses calcissilicáticos compostos por assembleia mineralógica de alteração hidrotermal.

As rochas da Unidade Córrego do Santo Antônio foram divididas em fácies similares ao que foi proposto para o Córrego da Onça; uma fácies máfica e ultramáfica e uma outra fácies metassedimentar, sendo aqui elencadas as suas principais diferenças quando comparadas:

1. Fácies Máficas e Ultramáficas:
    - O caráter máfico dessa fácies foi atribuído à presença de anfibolitos, em ambas as unidades pertencentes à Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, embora apresentem divergências consistentes que justificam essa subdivisão. Quando comparadas as mineralogias observa-se, principalmente, a presença de titanita e ausência de clinopiroxênio nos anfibolitos do Córrego do Santo Antônio, indicando uma diferença composicional entre os protólitos formadores desses dois anfibolitos. Desse modo, podemos dizer que os anfibolitos da Unidade Córrego da Onça possuem uma composição mais cálcica que os anfibolitos do Córrego do Santo Antônio.
    - O caráter ultramáfico das rochas da Unidade Córrego da Onça foi atribuído devido à presença de tremolita xistos, enquanto na Unidade Córrego do Santo Antônio também se atribui essa fácies a hornblenditos, que por vezes preservam texturas cumuláticas. Esses hornblenditos foram descritos como piroxenitos no Capítulo de Geologia Local, concordantemente ao Projeto Geologia e Metalogenia da Porção Oeste do Goiás 2021 (CPRM), porém foram encontrados em análise petrográfica pseudomorfos de fenocristais de clinopiroxênio, uralitizados para anfibólio por alteração deutérica (estágio tardi-magmático). Deste modo, a classificação mais assertiva para essas rochas nesse projeto foi a de hornblendito.
2. Fácies Metassedimentares:
    - O principal componente da fácies metassedimentar, para ambas as Unidades da Sequência Metavulcanossedimar Arenópolis-Piranhas, são micaxistos. Todavia devido ao alto grau de alteração e desenvolvimento da atividade antrópica, essas rochas têm pouca exposição de afloramentos. Localmente, ocorrem quartzitos, metacherts, mármores e calcissilicaticas (classificação adotada para rocha de zonas de alteração hidrotermais). No

âmbito da área II, destacam-se os quartzitos no extremo centro-sul, correlacionados a ZCR. Esses quartzitos apresentam-se intensamente deformados, ocorrem na intercessão de duas ramificações do sistema transcorrente Zona de Cisalhamento Ribeirão, de direções N-S e NNW-SSE, podendo ter sua formação atribuída a fluidos circulantes em zonas de falha.

O Gnaisse Arenópolis possui grande abrangência nas áreas do norte, teve sua fácies principal classificada como gnaisse tonalítico. Possui variação composicional, com aumento da porcentagem de quartzo e feldspato potássico, do norte para o sul, implicando em uma fácies principal de composição variando de diorítica a tonalítica. Por apresentar maior abrangência na área do projeto, a composição tonalítica foi elencada como a mais representativa, embora essa fácies tenha composição diorítica nas exposições rochosas da área II. Essa fácies é predominantemente composta por hornblenda gnaisse, e de maneira subordinada, serpentina-talco xistos, anfibolitos e gnaisses calcissilicáticos. Os anfibolitos foram interpretados como porções mais preservadas durante o processo de gnaissificação dessas rochas.

O Granito Rio Caiapó aflora nas quatro primeiras áreas do norte do projeto, apresentando relevos ondulados a fortemente ondulados. Possui duas fácies individualizadas: i) fácies félsica, ii) fácies intermediária.

1. Fácies Félsicas:
    - Composta por sienogranitos porfiríticos grossos e, em menor proporção, sienogranitos equigranulares finos. De maneira restrita a área II, ocorrem diques sin-plutônicos, de composição tonalítica e ricos em biotita, com evidência de mistura de magmas (*Mixing e Mingling)*, indicando episódio de diferenciação tardi-magmática.
2. Fácies intermediárias:
    - Composta por dioritos e com pouca ocorrência na área do projeto, ocorrem como intrusivas nos corpos mais ácidos, correlacionados ao *end-member* máfico desses episódios de mistura magmática.

O Complexo Alcalino está localizado na porção leste da área do projeto, foi dividido em duas fácies plutônicas, discriminadas em fácies máficas, ultramáficas e fácies félsicas, e em uma fácies subvulcânica, relacionada a intrusões de diques.

1. Fácies Plutônicas Máficas e Ultramáficas e Fácies Plutônicas Félsicas:
    - As fácies plutônicas do Complexo Alcalino foram classificadas com base nas variações composicionais do Corpo Arenópolis. O corpo intrusivo não apresentou indícios de zoneamento composicional, sendo predominantemente composto por gabros alcalinos, de modo que suas diferentes fácies foram interpretadas como diferentes pulsos magmáticos, fracionados a partir de um mesmo magma parental.
2. Fácies Subvulcânicas:
    - De maneira recorrente na porção leste da área do projeto, enxame de diques alcalinos foram cartografados em escala de detalhe. Classificados como basanitos, apresentam-se dispostos de maneira radial ao Corpo Intrusivo Arenópolis. Estes diques puderam ser individualizados correlacionando os dados obtidos em campo com os produtos de sensoriamento remoto e geofísica, trazendo um nível de detalhe cartográfico a respeito dessas estruturas ainda não evidenciado em trabalhos anteriores.

No extremo oeste da área II afloram Granitoides Indiferenciados Pós-Orogênicos intrudindo as rochas metassedimentares da Unidade Córrego do Santo Antônio. Esses granitoides foram classificados como indiferenciados pela pouca ou nenhuma deformação, não podendo ser enquadrados dentro da Sequência Arenópolis-Piranhas nem no grupo do Granito Ribeirão Água Limpa.

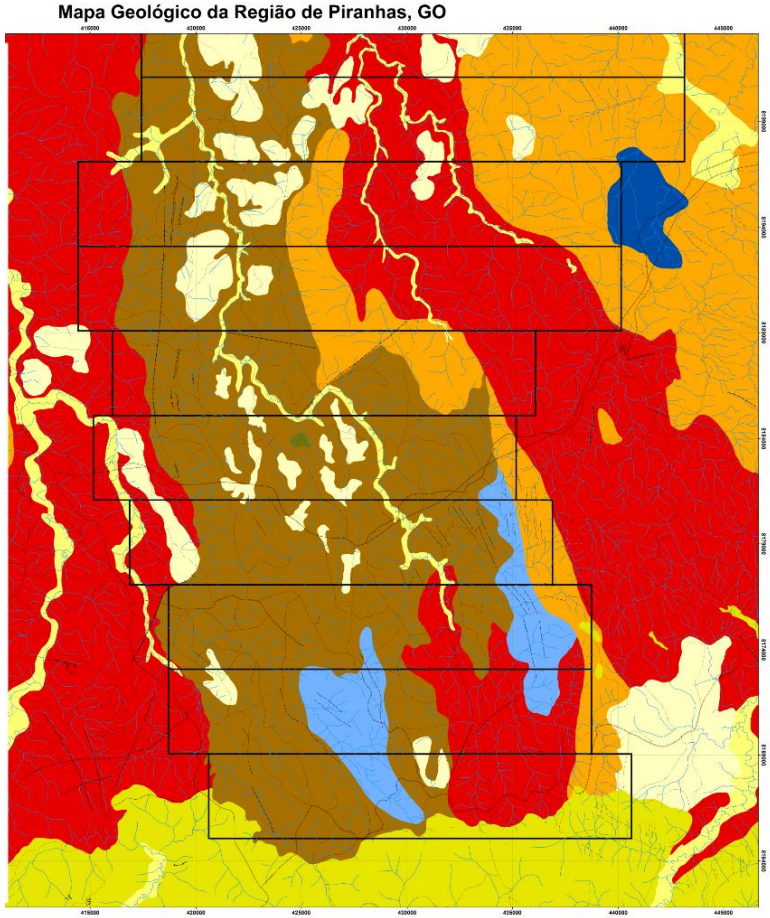


Figura 10.1. *Mapa Geológico do TF Piranhas (UnB, 1973).*

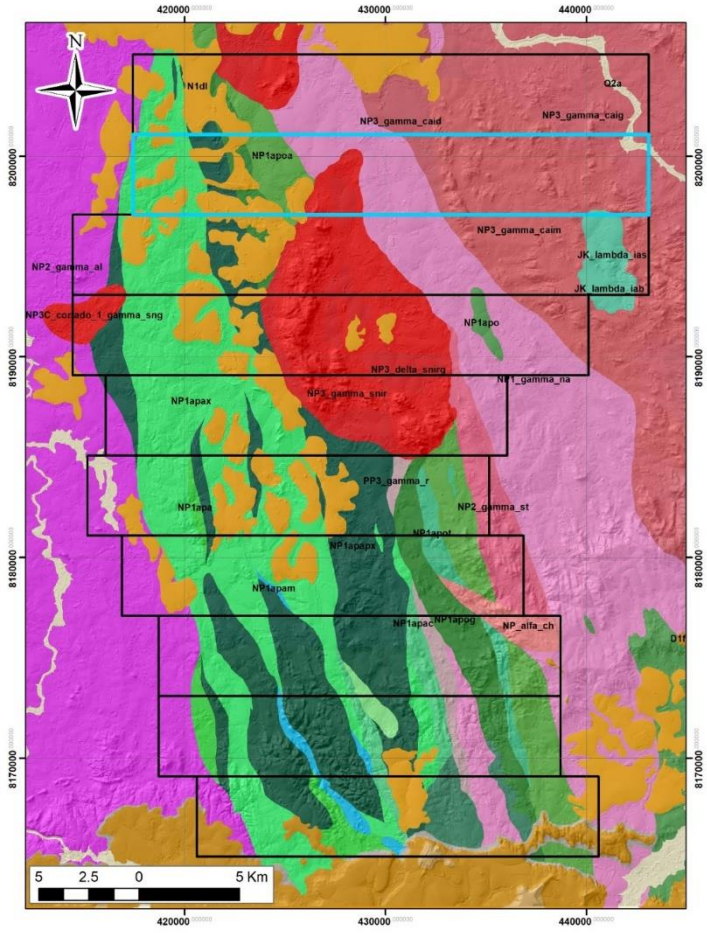


Figura 10.2. *Mapa geológico da Folha Piranhas (CPRM, 2020).*

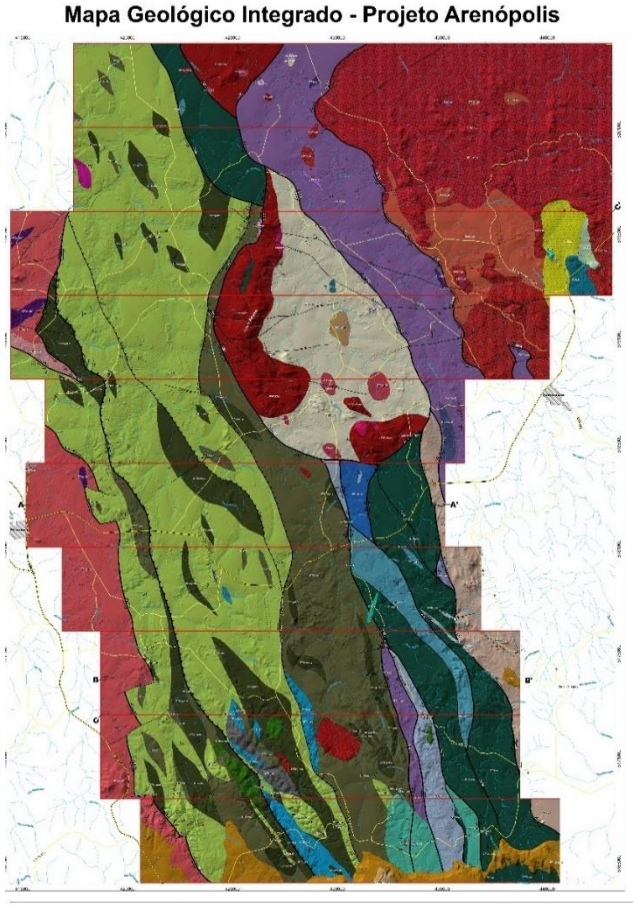


Figura 10.3. *Mapa Geológico do Projeto Arenópolis (UnB, 2023).*

A partir da análise comparativa entre os três mapas apresentados acima, pode-se observar a manifestação das principais diferenças aqui supracitadas. Entre o mapa elaborado em 1973 pelo Projeto Piranhas (Fig. 10.1) e o mapa da CPRM (Fig. 10.2), elaborado em 2020, denota-se principalmente a recategorização das rochas anteriormente atribuídas ao Grupo Araxá, atualmente englobadas na Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas e a caracterização das rochas graníticas na porção oeste da área mapeada como pertencentes à Unidade Granito Ribeirão Água Limpa.

Outrora, analisando a evolução cartográfica entre o mapa elaborado pelo Projeto Arenópolis quando comparado ao mapa da CPRM, fica evidenciada a maior distinção de fácies pertencentes a todas as Unidades Geológicas do Projeto Arenópolis. A unidade Granito Serra do Iran e o Corpo Arenópolis foram as que puderam ser melhores discretizadas neste trabalho, resultando em três novas fácies para o Corpo Arenópolis e seis para o Serra do Iran, incluindo fácies subvulcânicas não mapeadas em trabalhos anteriores.

A melhor discretização das fácies é ainda mais marcante na porção sul da área mapeada, em regiões próximas à Bacia do Paraná. Além disso, puderam ser registradas a presença de rochas não descritas anteriormente, a título de exemplo: monzogranitos, tonalitos e hornblenda gabros. Essas rochas ocorrem principalmente em associação à Unidade Córrego do Santo Antônio, ambas apresentam feições que sugerem caráter pós-orogênico e ocorrendo comumente através de pequenas intrusões distribuídas de maneira esparsa.

11 Referências Bibliográficas

ARAÚJO FILHO, JOSÉ OSWALDO DE. The Pirineus Syntaxis: An example of the intersection of two Brasiliano fold-thrust belts in central Brazil and its implications for the tectonic evolution of western Gondwana. Revista Brasileira de Geociências, v. 30, n. 1, p. 144-148, 2000.

ALMEIDA, Fernando Flávio Marquesde. O cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de geociências**, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.

ALMEIDA F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B., Fuck, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. Earth Sciences Reviews, 17(1): 1-29.

Batista, J., & Arcanjo, A. (2011). FOTOGEOLOGIA Conceitos, métodos e aplicações.

BARBOSA, Márcia Ferreira. Exploração de rochas ornamentais no município de Piranhas-GO. Orientador: Nelson Ribeiro Gomes. 2010. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia. Universidade Estadual de Goiás, UnU – Iporá

BLAKELY R. J. 1996. Potencial theory in Gravity & Magnetic Applications. Cambridge University Press, Cambridge, 441pp

ATHERTON, MP & GHANI, A. 2002. Slab breakoff: A model for Caledonian, Late Granite syn-collisional magmatism in the orthotectonic (metamorphic) zone of Scotland and Donegal, Ireland. Lithos. 62. 65-85. 10.1016/S0024-4937(02)00111-1.

BRITO NEVES, B.B.; CAMPOS NETO, M.D.C.; FUCK, R.A. From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan African cycle and orogenic collage. Episodes, v.22, n. 3, p. 155–166, 1999.

BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A.; PIMENTEL, M.M. 2014. The Brasiliano collage in South America: a review. Brazilian Journal of Geology, v. 44(3), p. 493-518

Campos-Neto M.C. 2000. Orogenic systems from southwestern Gondwana. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D.A. Campos. eds. 2000. Tectonic evolution of South America. Rio de Janeiro, 31st Int. Geol. Congr. p. 335-365.

CARNEIR O, Jonatas de Sales Macedo; MENEGHINI, Paulo Fernando Villas Boas. Carta Geológica, FolhaPiranhas. Escala 1:100.000. Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2020. Programa NovasFronteiras - Levantamento Geológico e Potencial de NovasFronteiras. Projeto Oeste de Goiás. Mapa col.

Carneiro, J.; Fuck, R.; Dantas, E. L. (2021). Arenópolis sequence, evolution of a marginal basin in the Neoproterozoic Goiás magmatic arc, Central Brazil. Journal of South American Earth Sciences,Volume 106, 2021, 103033, ISSN 0895-9811.

CARNEIRO, Jônatas de Sales Macêdo. Sequência Arenópolis-Piranhas: evolução de bacia marginal ao Arco Magmático de Goiás. (2019). 77 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

CORDANI, J. U.; SATO, K.; TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C. C. G.; BASEI, M. A. S. 2000. Crustal Evolution of South America Plataform. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho & D.A. Campos. 2000. Tectonic evolution of South America. 31 st International Geological Congress, Rio de Janeiro, SBG. p. 231-263.

CORDANI, Umberto & Brito-Neves, Benjamin & D'Agrella-Filho, M.S. (2002). From Rodinia to Gondwana: A Review of the Available Evidence from South America. Gondwana Research. 6. 275-283. 10.1016/S1342-937X (05)70976-X.

CORDANI, Umberto & D'Agrella-Filho, M.S. & Brito-Neves, B. & Trindade,

Ricardo. (2003). Tearing-up Rodinia: the Neoproterozoic paleogeography of South American cratonic fragments. Terra Nova. 15. 350 - 359. 10.1046/j.1365-3121.2003.00506. x.

CORDANI, Umberto & Neves, B.B. (1982). The geologic evolution of South America during the Archean and Early Proterozoic. Revista Brasileira de Geociências. 12. 78-88.

CORDANI, Umberto G. et al. The significance of the Transbrasiliano-Kandi tectonic corridor for the amalgamation of West Gondwana. **Brazilian journal of Geology**, v. 43, n. 3, p. 583-597, 2013.

CURTO, Barbosa Curto Ma. O Lineamento Transbrasiliano na Bacia do Paraná: Compartimentação Crustal do Eembasamento e Reativações Fanerozóica. Dissertação (Doutorado em Geologia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

DANNI, J. C. M.; FUCK, R. A.; LEONARDOS, O. H. Geologia e petrografia da Intrusão Ultramáfica-Alcalina de Arenópolis, Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., 1976, Ouro Preto. Anais [...] Ouro Preto: SBG, 1976. v. 2, p. 265-271.

DARDENNE M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho & D.A. Campos. 2000. Tectonic evolution of South America. 31 st International Geological Congress, Rio de Janeiro, SBG. p. 231-263.

DAVIES, J. & BLANCKENBURG, F. 1995. Slab breakoff: A model of lithosphere detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens. Earth and Planetary Science Letters. 129. 85-102. 10.1016/0012-821X(94)00237-S.

DAVIS, Anthony et al. Multifractal characterizations of nonstationarity and intermittency in geophysical fields: Observed, retrieved, or simulated. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, v. 99, n. D4, p. 8055-8072, 1994.

Dentith, M., & Mudge, S. (2014). Geophysics for the Mineral Exploration Geoscientist. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139024358.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula das 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

FARIA, A. de; FUCK, R.A.; VELOSO, J.A.V.; HIRSON, J. da R.; MARINI, O.J.; ANDRADE, G.F. de; FONSECA, M.R.C.B. da - 1975 - Projeto Piranhas. Convênio DNPM/FUB, Brasília, v. 1, 143 p.

FERREIRA, A.C.D; CONCEIÇÃO, R.V; MIZUSAKI, A.M.P. 2022. Magmatismo alcalino e toleítico do Mesozoico ao Cenozoico relacionado à ruptura e dispersão de Gondwana Ocidental. Gondwana Research 106 (2022) 15–33.

FRASCA, A.A.S. 2015. Amálgamas do W-Gondwana na província Tocantins. Tese de Doutorado.

FARIA, A.; FUCK, R. A.; VELOSO, J. A. V.; HIRSON, J. R.; MARINI, O. J.; ANDRADE, G. F.; FONSECA, M. R. C. B. Projeto Piranhas. Relatório final. (1975). 143 p. Trabalho Final de Graduação - – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1975.

FERREIRA F. J. F., WEIHERMANN J. D., BARÃO L. M., FEDALTO G., CASTRO L. G., STEVANATO R. 2016. Gamaespectrometria Aérea e sua Aplicação na Cartografia Geológica. In: Nadalin R. J. (eds.) Tópicos Especiais em Cartografia Geológica. 2ª ed, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 303-335 p.

Fonseca, M. A; Dardenne, M. A; Uhlein, A. Faixa Brasília Setor Setentrional: Estilos Estruturais e Arcabouço Tectônico. Resvista Brasileira de Geociências. 25(4):267-278, dezembro de 1995.

FUCK R.A.; PIMENTEL M.M. & D'EL - REY SILVA L .J. 1994. Compartimentação Tectônica na porção oriental da Província Tocantins. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú (SC), Anais, p.215-216.

FUCK, R. A., PIMENTEL, M. M., ALVARENGA, C. J., & DANTAS, E. L. (2017). The northern Brasília belt. São Francisco Craton, Eastern Brazil. In: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent, 205-220.

GUY, H. Quelques principes et quelques experieuces sur la methodologie de la photo-interpretation. In:SYMPOSIUM INTERNATIONAL DE PHOTO--INTERPRETATION, 2, 1966, Paris. Acte… Paris: |s.n.|, 1966 p.21-41.

HASUI Y. & ALMEIDA F.F.M. De 1970. Geocronologia do Centro Oeste Brasileiro,

Rev. Bras. Geociências 19 (1): 6-26.

HATTINGH, K. e colab. Magmatismo com tendência adakítica de alto K no Arco Magmático de Arenópolis. XI Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia. XVII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. 26 a 29, Maio 2019, Bento Gonçalves - RS - Brasil.

ISLES, David and Rankin, Leigh R. (2013). Geological Interpretation of Aeromagnetic Data. Australian Society of Exploration Geophysicists. E-book.

JAQUES A.L., WELLMAN P., WHITAKER A., WYBORN D. 1997. High-resolution Geophysics in Modern Geological Mapping. AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics, 17(2): 159- 173.

JOHNSON, P. R. et al. Late Cryogenian–Ediacaran history of the Arabian–Nubian Shield: a review of depositional, plutonic, structural, and tectonic events in the closing stages of the northern East African Orogen. **Journal of African Earth Sciences**, v. 61, n. 3, p. 167-232, 2011.

JUNQUEIRA-BROD, T. C.; ROIG, H. L.; GASPAR, J. C.; BROD, J. A.; MENESES, P. R. A Província Alcalina de Goiás e a Extensão do seu Vulcanismo Kamafugítico. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 559-566, 2002.

KEAREY, P., BROOKS, M., & HILL, I. (2009). Geofísica de exploração. Ed. Oficina de textos, 438 p. Lacerda Filho J.V. et al. 1999. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal – Relatório do Mapa Geológico do Estado de Goiás – Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/METAGO/UnB

KORB, A. R., Dybwad, P., Wadsworth, W., and Salisbury, J. W., 1996, 1996, Portable FTIR spectrometer for field measurements of radiance and emissivity: Applied Optics, v. 35, p. 1679-1692.

LACERDA FILHO, Joffre Valmório de; SANTOS, Débora Regina Vieira; MENEGHINI, Paulo Fernando Villas-Bôas; MARTINS, Felipe Rodrigues; SOUZA, João Olímpio; CARNEIRO, Jônatas de Sales Macêdo; GOLLMAN, Karine. (2021). Programa Levantamentos Geológicos e de Potencial Mineral de Novas Fronteiras. Projeto Geologia e Metalogenia da Porção Oeste de Goiás (Projeto Oeste de Goiás).

Laranjeira,N.P.F.; Dardenne,M.A. 1993. Litoestratigrafia do Grupo Paranoá na região de Unaí, MG. Anais 2° Simp. Cráton São Francisco, SBG, Salvador, p. 282-284

LAUX, Jorge Henrique et al. Two Neoproterozoic crustal accretion events in the Brasília belt, central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 18, n. 2, p. 183-198, 2005.

Levantamento Aerogeofísico do Estado de Goiás – 1ª Etapa – Convênio SGMTM / MME / SIC / SGM / FUNMINERAL – Arco Magmático de Mara Rosa – Relatório Final do Levantamento e Processamento dos dados Magnetométricos e Gamaespectométricos – Volume I – Texto Técnico – 2004. LASA Engenharia e Prospecções. 159p.

LUZ, Adão Benvindo e Lins, Fernando Antônio Freitas. Rochas & Minerais

Industriais. 2.Ed. - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

MENESES, P.R.; Almeida, T. . Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto. 1. ed. Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2012. v. 1. 266p.

MILANI, E. J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. 1997. 2 v. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

MILANI, Edison & Ramos, Victor. (1998). Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências. 28. 473–484. 10.25249/0375-7536.1998473484.

MILANI, Edison & Rangel, Hamilton & Bueno, Gilmar & Stica, Juliano & Winter, Wilson & Caixeta, Jose & Neto, Otaviano. (2007). Bacias Sedimentares Brasileiras - Cartas Estratigraficas. Boletim de Geociências da Petrobras. 15. 183-205.

MILANI, Edison. (2004). Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli, a., Carneiro C.D.R., Brito-Neves B.B. (org). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flavio Marques de Almeida. São Paulo. 265-279.

NASCIMENTO, E. L. C. Geologia, geoquímica e mineralogia do Complexo Carbonatítico Morro Preto-GO. 2018. 204 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociencias, Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2018.

SILVA, Maria da Glória da. Metalogênese das províncias tectônicas brasileiras / Organizadores Maria da Glória da Silva, Manoel Barretto da Rocha Neto, Hardy Jost [e] Raul Minas Kuyumjian. – Belo Horizonte: CPRM, 2014. 589 p. : il.

PENA, G. S.; FIGUEIREDO, A. J. de A. Projeto Alcalinas – Relatório Final. Goiânia: DNPM/CPRM, 1972. 143 p. (Conv. DNPM/CPRM).

PEREIRA, E.; CARNEIRO, C. D.; BERGAMASCHI, S.; ALMEIDA, F. F. M. Evolução das Sinéclesis Paleozóicas: Províncias Solimões, Amazonas, Parnaíba e Paraná. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (eds.). Geologia do Brasil, 2010. p. 374-395.

PIMENTEL M.M., FUCK R.A., JOST H., FERREIRA FILHO C.F., ARAÚJO S.M. 2000. The basement of the Brasília fold belt and the Goiás Magmatic Arc. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A. (eds.) Tectonic Evolution of South America. International Geological Congress, 31st, Rio de Janeiro, p. 195-230. ALMEIDA, F. F. M. DE, HASUI, Y., DE BRITO

NEVES, B. B., FUCK, R. A. (1981). Brazilian structural provinces: an introduction. Earth-Science Reviews, 17(1-2), 1-29.

PEREIRA, Luciana Felício et al. Evolução geológica dos grupos Canastra e Ibia na região entre Coromandel e Guarda-Mor, MG. **Geonomos**, 1994.

PIMENTEL, M. M. A Sequência Vulcano-sedimentar de Arenópolis-GO: petrologia ígnea e metamórfica, contexto geotectônico e considerações metalogenéticas preliminares. 1985. 188 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociencias, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 1985

PIMENTEL, M. M., FUCK, R. A., JOST, H., FERREIRA FILHO, C. F., ARAÚJO, S. D. (2000). The basement of the Brasília fold belt and the Goiás magmatic arc. In Tectonic Evolution of South America. 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro (Vol. 195-229).

PIMENTEL, M. M., JOST, H. & FUCK, R. A. 2004. O embasamento da Faixa Brasília e o Arco Magmático de Goiás. In:

MANTESSO NETO, V BARTORELLI, A., CARNEIRO, C. D. R. & BRITO-NEVES, B. B. (eds) Geologia do Continente SulAmericano: evolução e obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca, São Paulo, 355–368

PIMENTEL, M. M.; DARDENNE, M. A.; FUCK, R. A.; VIANA, M. G.; JUNGES, S. L.; FISCHEL, D. P., SEER, H. J.; DANTAS, E. L. Nd isotopes and provenance of the detrital sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil. Journal South America Earth Science, v. 14, n. 6, p. 571-585, 2001.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. Geocronologia Rb-Sr da porção Sudoeste do Maciço de Goiás. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 104-111, 1994.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. Geologia da Sequência Vulcano-sedimentar de Arenópolis (GO). Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 217-223, 1986.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. Late Proterorozoic Granitic Magmatism in Southwestern Goiás, Brazil. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 415-425, 1987b.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A. Origem e evolução das rochas metavulcânicas e metaplutônicas da região de Arenópolis (GO). Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 2-14, 1987a.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; ALVARENGA, C. J. S. PostBrasiliano (Pan-African) high-K granitic magmatism in Central Brazil: the role of Late Precambrian-early Palaeozoic extension. Precambrian Research, v. 80, p. 217-238, 1996b.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; BOTELHO, N. F. Granites and the geodynamic history of the neoproterozoic Brasília belt, Central Brazil: a review. Lithos, v. 46, n. 3, p. 463-483, 1999.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K. Geocronologia de rochas graníticas e gnáissicas da região de Arenópolis-Piranhas, Goiás. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 3-8, 1985.

PIMENTEL, M. M.; HOLLANDA, M. H. B. M.; ARMSTRONG, R. Shrimp U-Pb age and Sr-Nd isotopes of the Morro do Baú mafic intrusion: implications for the evolution of the Arenópolis volcano-sedimentary sequence, Goiás Magmatic Arc. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 75, n. 3, p. 331-339, 2003.

PIMENTEL, M.M. & FUCK, R.A. 1992. Neoproterozoic crustal accretion in central Brazil. Geology. 20: 375-379.

PIMENTEL, M.M.; FUCK, R.A.; JOST, H.; FERREIRA FILHO, C.F.; ARAÚJO, S.M. 2000a. Geology of the central part of the Tocantins Province:Implications for the geodynamic history of the Brasília belt. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.A. (Eds), Tectonic Evolution of South America. 31StInternational Geological congress. Rio de Janeiro, p.195-229.

PIMENTEL, MÁRCIO MARTINS. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: a geochronological and isotopic approach. Brazilian Journal of Geology, v. 46, p. 67-82, 2016.

REIS, Humberto & Alkmim, Fernando & Fonseca, Renato & Nascimento, Thiago & Suss, João & Prevatti, Lúcio. (2017). The São Francisco Basin. In: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent, 11-143.

PIRAJNO, Franco. Intracontinental strike-slip faults, associated magmatism, mineral systems and mantle dynamics: examples from NW China and Altay-Sayan (Siberia). **Journal of Geodynamics**, v. 50, n. 3-4, p. 325-346, 2010.

REIS, Humberto & Alkmim, Fernando. (2015). Anatomy of a basin-controlled foreland fold-thrust belt curve: The Três Marias salient, São Francisco basin, Brazil. Marine and Petroleum Geology. 10.1016/j.marpetgeo.2015.07.013.

RIBEIRO, Vanessa Biondo; MANTOVANI, Marta; LOURO, Vinicius Hector Abud. Aerogamaespectrometria e suas aplicações no mapeamento geológico. Terræ Didática, v. 10, n. 1, p. 29-51, 2014.

RODRIGUES, J. B.; GIOIA, S. M. C. L.; PIMENTEL, M. M. Geocronologia e Geoquímica de ortognaisses de Região entre Iporá e Firminópolis: Implicações para a Evolução do Arco Magmático de Goiás. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 207-216, 1999.

Schobbenhaus Filho, C., Ribeiro, C. L., Oliva, L. A. & Takanohashi, J. T. 1975. Texto explicativo, Folha de Goiás (SD-22). Carta Geol. Brasil Milion., Dep. Nac. Prod. Min., Brasflia

TEIXEIRA, A.L., Gaucher C., Paim P.S.G., Fonseca M.M.da, Parente C.V., Silva Filho W.F.da, Almeida A.R.de. 2004. Bacias do estágio da transição da Plataforma Sul-Americana. In: Mantesso-Neto V., Bartorelli NA., Carneiro C.D.R., Brito-Neves B.B.B. (orgs.) 2004. Geologia do Continente SulAmericano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São

Paulo, BECA, p. 487-536. (Cap. 29).

UHLEIN, A., FONSECA, M. A., SEER, H. J., & DARDENNE, M. A. (2012). TECTÔNICA DA FAIXA DE DOBRAMENTOS BRASÍLIA–SETORES SETENTRIONAL E MERIDIONAL. Geonomos.

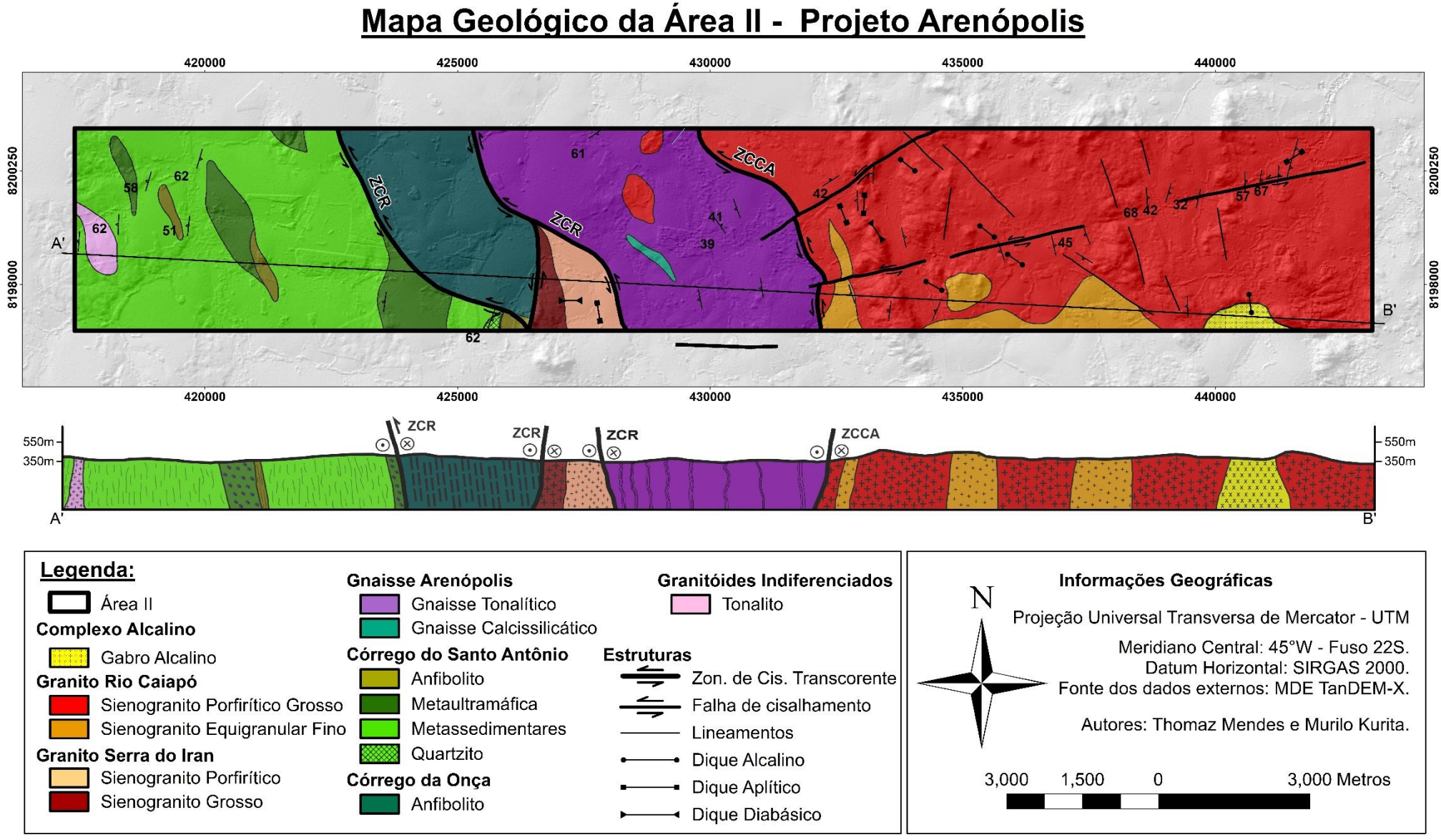
VALERIANO C.M., DARDENNE M.A., FONSECA M.A., SIMÕES L.S.A., SEER H.J. 2004. A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: V. Mantesso-Neto A. Bartorelli C.D.R. Carneiro B.B. Brito Neves (eds). Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Beca, São Paulo, p.575-593.

VALERIANO, C. M.; PIMENTEL, M. M.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J. C. H.; TROUW, R. A. J. Tectonic evolution of the Brasília belt, central Brazil, and early assembly of Gondwana. In: PANKHURST, R. J.; TROUW, R. A. J.; BRITO NEVES, B. B.; DE WIT, M. J. (eds.) West Gondwana: Precenozoic Correlations across the South Atlantic Region. London: Geological Society, 2008.p. 197-210. (Special Publications, 294).

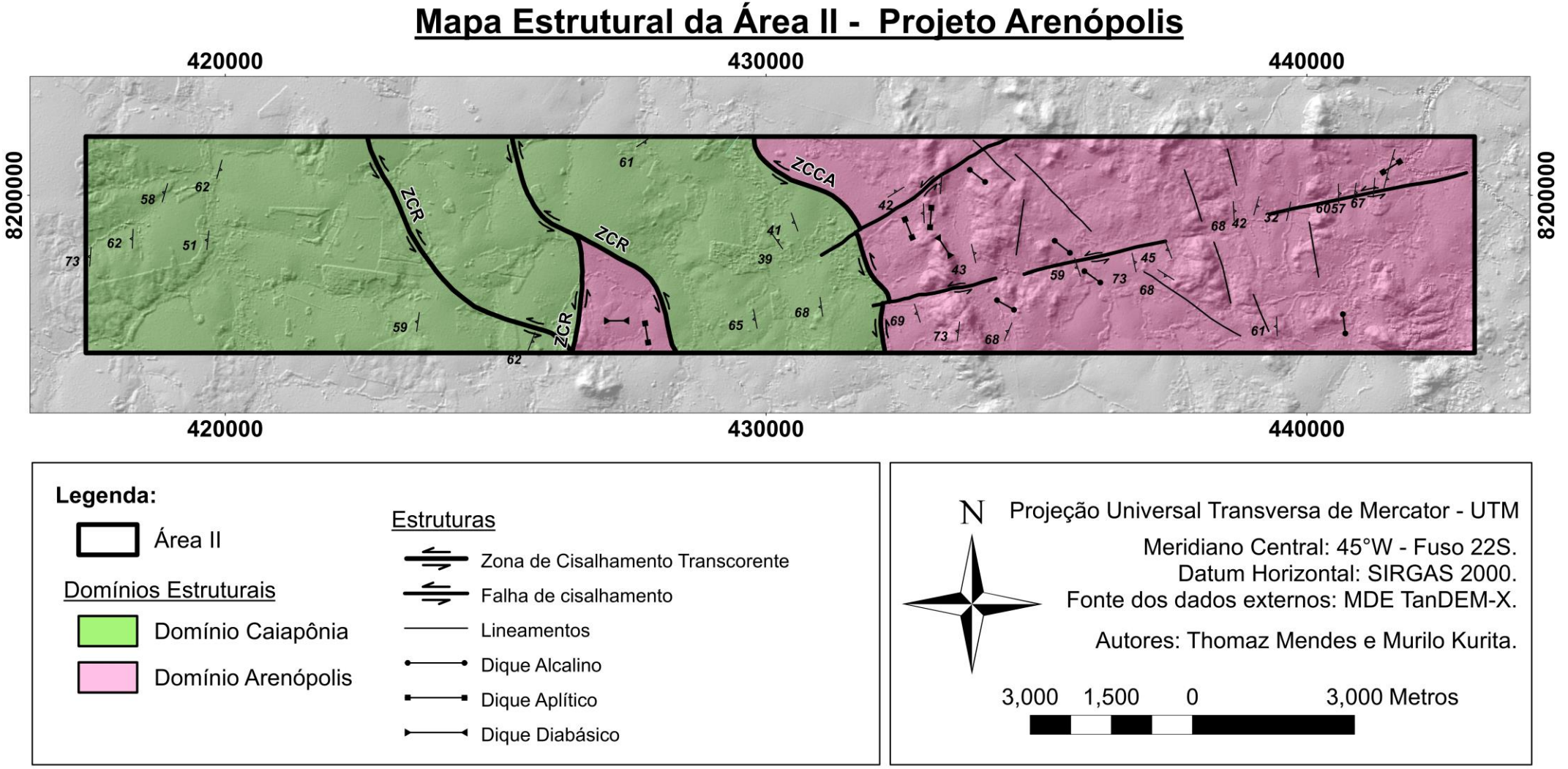
Vauchez, A., Tommasi, A., 2003. Wrench faults down to the asthenosphere: geological and geophysical evidence and thermomechanical effects. Geol. Soc. London, Spec. Public. 210, 15–34.

12 Anexos

Mapa Geológico da Área II



Mapa Estrutural da Área II



Mapa de Pontos da Área II

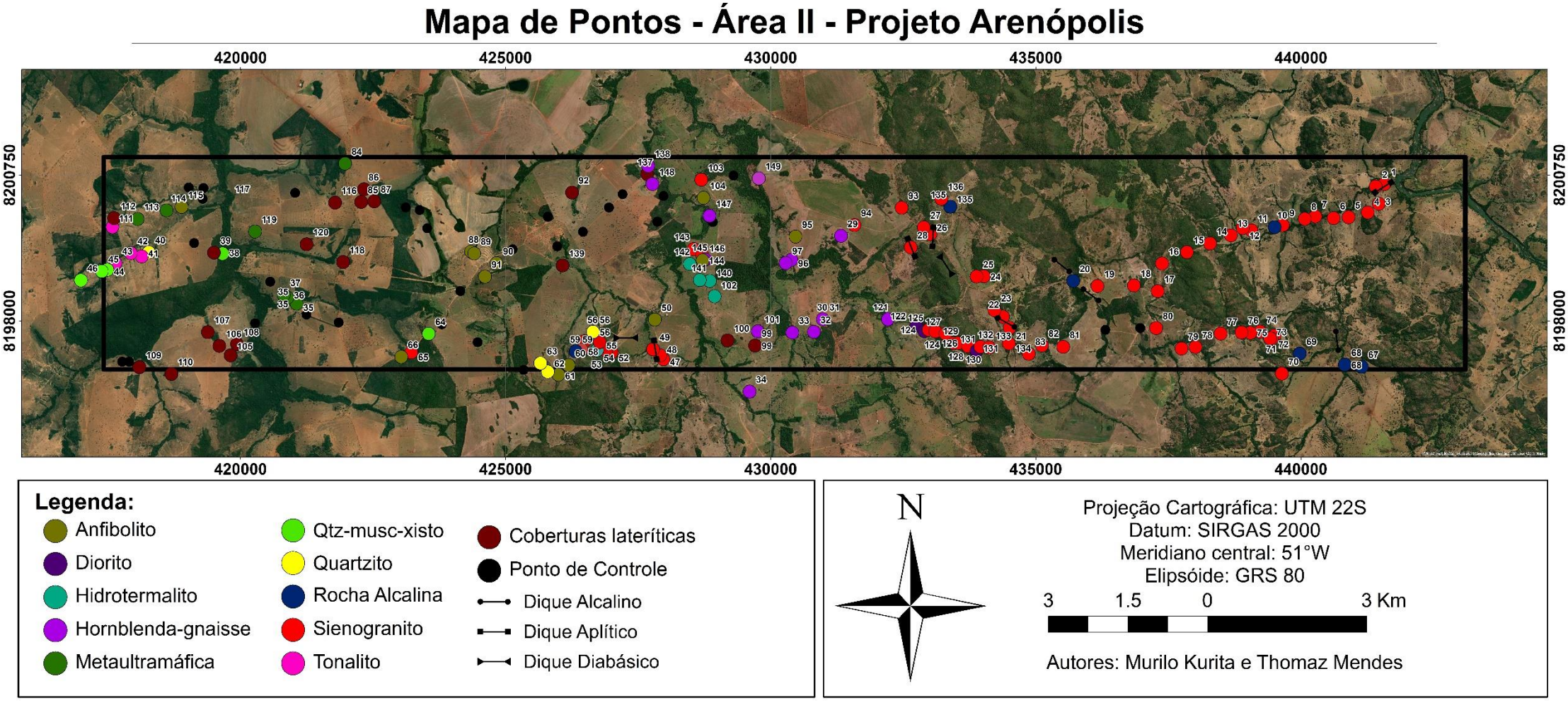


Tabela de lâminas do Projeto Arenópolis:

Unidade	Nomenclatura	Litologia	X (UTM)	Y (UTM)
Complexo Alcalino	ARE 28A	Alcalina	431622	8178195
Complexo Alcalino	ARE 29A	Alcalina	434472	8177670
Complexo Alcalino	ARE 29B	Alcalina	434472	8177670
Complexo Alcalino	ARE 30	Alcalina	434424	8172898
Complexo Alcalino	ARE 31B	Alcalina	437816	8177920
Complexo Alcalino	ARE 64B	Alcalina	442361	8195784
Complexo Alcalino	TF23-III-P157	Ultramáfica	441156.25	8194748.89
Complexo Alcalino	TF23-III-P261	Gabro Alcalina	441002.25	8193113.17
Complexo Alcalino	TF23-III-P8	Sianito Nefelinico	440273.50	8194759.30
Complexo Alcalino	TF23-II-P67	Gabro Alcalina	441147	8197137
Córrego da Onça	APA17	Grt-ms-xisto	439087	8170346
Córrego da Onça	TF23-III-P115B	Anfibolito	438019	8173653
Córrego da Onça	TF23-IX-86E	Diorito	434704	8173011
Córrego da Onça	TF23-IX-P086F	Anfibolito	434704	8173011
Córrego da Onça	TF23-IX-P097B	Ultramáfica	435715	8171918
Córrego da Onça	TF23-IX-P124A	Anfibolito	438505	8170322
Córrego da Onça	TF23-IX-P139	Vulcânicas Félsicas	436491	8171205
Córrego da Onça	TF23-IX-P86D	Vulcânicas Félsicas	434704	8173011
Córrego da Onça	TF23-VII-104A	Gnaisse	434533	8179518
Córrego da Onça	TF23-VIII-35A	Anfibolito	434358	8173321

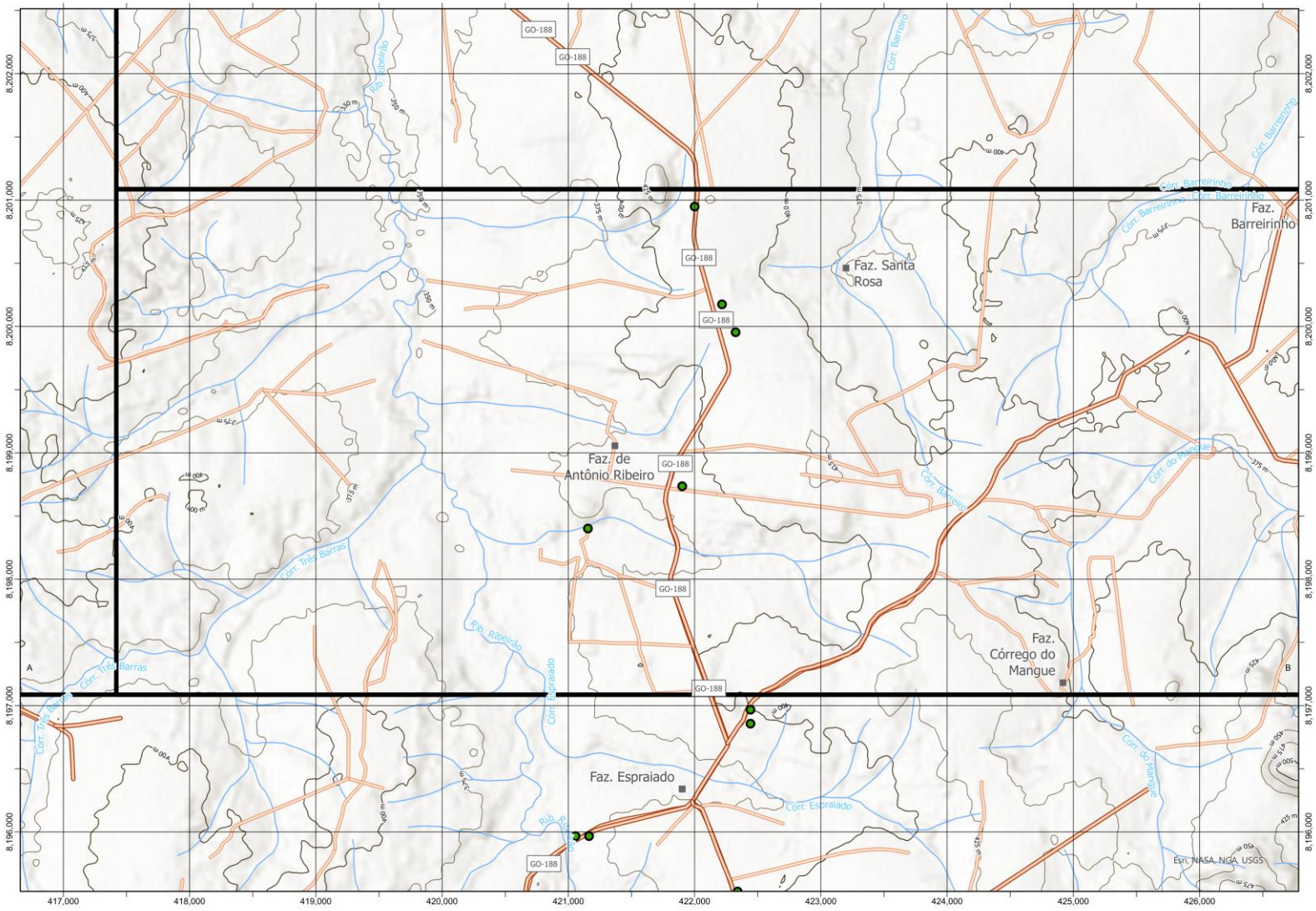
Córrego da Onça	TF23-VIII-P36A	Granito	434552	8173499
Córrego da Onça	TF23-VII-P202	Quartzo xisto	433012	8178907
Córrego da Onça	TF23-VI-P119B	Vulcânicas Félsicas	431584	8182702
Córrego da Onça	TF23-VI-P120	Calciossilicática	431498	8182533
Córrego da Onça	TF23-VI-P206	Vulcânicas Félsicas	433751	8181213
Córrego da Onça	TF23-V-P181	Máfica	432009	8185130
Córrego da Onça	TF23-V-P81B	Ultramáfica	435601	8186097
Córrego da Onça	TF23-V-P83D	Clorita xisto	435563	8185718
Córrego do Horácio	APA33A	Riolito	434488	8177652
Córrego do Horácio	APA33B	Andesito	434488	8177652
Córrego do Horácio	TF23-AVIII-P64A	Ignimbrito	435676	8177909
Córrego do Horácio	TF23-AVII-P196	Riolito	425551.36	8193852.32
Córrego do Horácio	TF23-VII-143	Riolito	435670	8177903
Córrego Santo Antônio	APA1*	Hornblendito alterado	423496	8183834
Córrego Santo Antônio	APA18	Riolito	424773	8164719
Córrego Santo Antônio	APA21	Hbl Gabro	421676.02	8171243.48
Córrego Santo Antônio	APA27	Carbonato	428667	8166801
Córrego Santo Antônio	TF23-II-P42	Tonalito	417932	8199277
Córrego Santo Antônio	TF23-II-P84	Ultramáfica	421970	8200965
Córrego Santo Antônio	TF23-IX-060	Mármore	425667	8171168
Córrego Santo Antônio	TF23-IX-38A	Serpentinito orientado	423385	8169336
Córrego Santo Antônio	TF23-IX-P172	Anfibolito	432403	8170595

Córrego Santo Antônio	TF23-IX-P216B	Ultramáfica - Cloritita	425460	8169901
Córrego Santo Antônio	TF23-IX-P231	Ultramáfica - Hornblendito	425097	8171111
Córrego Santo Antônio	TF23-IX-P236A	Xistos Metassedimentares	427894	8172548
Córrego Santo Antônio	TF23-VIII-P27A	Anfibolito	420067	8175757
Córrego Santo Antônio	TF23-VIII-P3A	Gabro	427853	8175446
Córrego Santo Antônio	TF23-VIII-P43A	Mármore calcissilicático	428192	8173595
Córrego Santo Antônio	TF23-VII-P162A	Mármore	424702	8178810
Córrego Santo Antônio	TF23-VII-P4	Gabro	425548	8180415
Córrego Santo Antônio	TF23-VI-P138	Anfibolito	419645	8184058
Córrego Santo Antônio	TF23-V-P109A	Calciossilicática	424359	8188237
Córrego Santo Antônio	TF23-V-P191	Anfibolito	423626	8188538
Córrego Santo Antônio	TF23-V-P54C	Metatufo	416571	8188283
Córrego Santo Antônio	TF23-V-P99	Anfibolito	428950	8185087
Córrego Santo Antônio	TF23-X-P10	Anfibolito	433223	8167061
Córrego Santo Antônio	TF23-X-P106	Xistos Metassedimentares	430682	8166457
Córrego Santo Antônio	TF23-X-P233	Mármore	428621	8166624
Córrego Santo Antônio	TF23-X-P32	Ultramáfica - Cloritita actnolita xisto	427004	8167305
Gnaisse Arenópolis	APA12A	Gnaisse	437496	8178807
Gnaisse Arenópolis	APA15	Gnaisse	440436.4	8175293.56
Gnaisse Arenópolis	APA8	Ortognaisse Bandado	432440.98	8194698.05
Gnaisse Arenópolis	TF23-III-P107	Anfibolito fino hidrotermalizado	435025.94	8193694.78
Gnaisse Arenópolis	TF23-II-P146	Anfibolito	428718	8199141

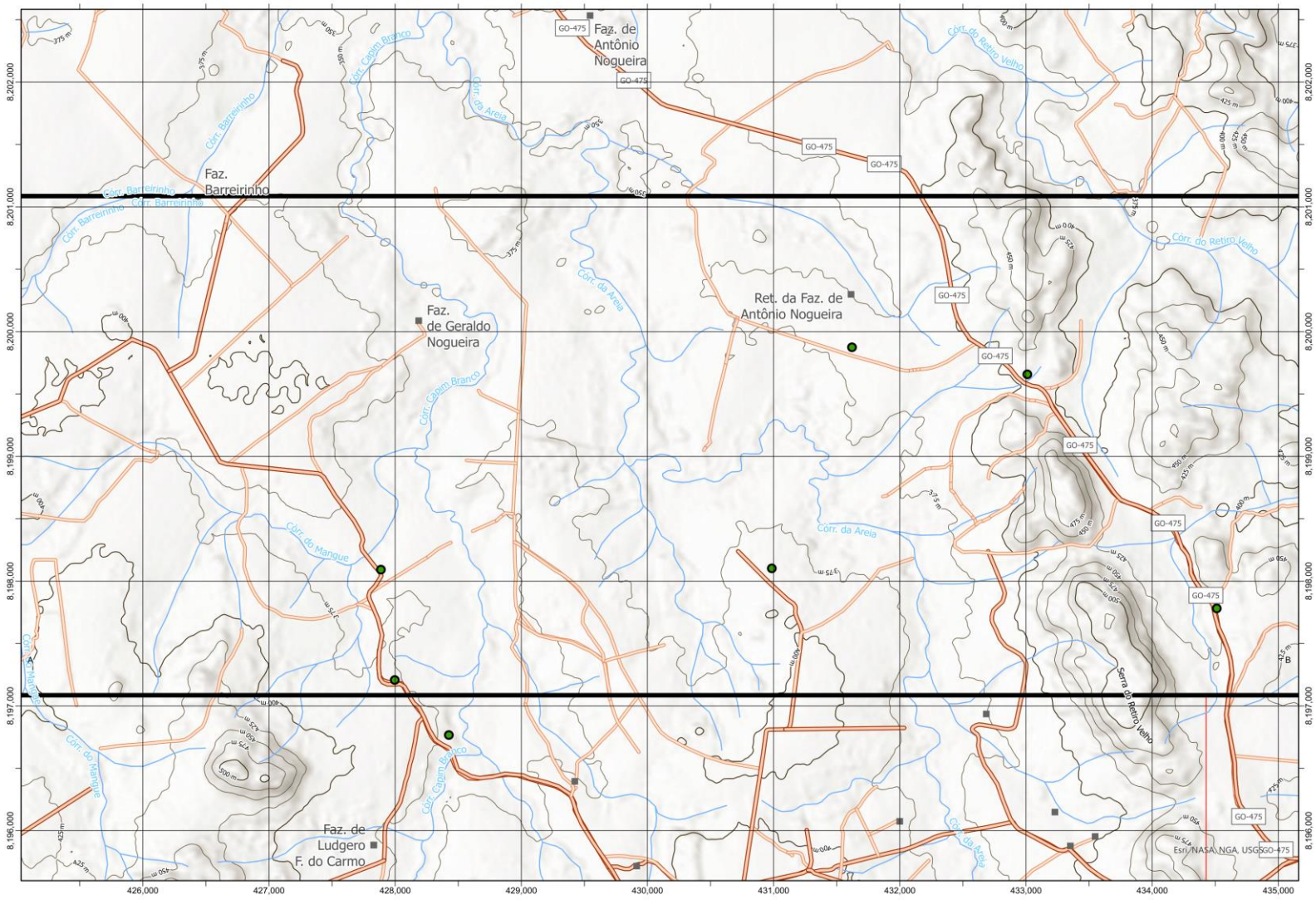
Gnaisse Arenópolis	TF23-II-P147	Granito Milonítico	428847	8199981
Gnaisse Arenópolis	TF23-IX-P09	Gnaisse	433671	8169429
Gnaisse Arenópolis	TF23-V-P74	Bt-gnaisse	435840	8187665
Gnaisse Ribeirão	TF23-VIII-P31A	Bt-gnaisse tonalítico	434049	8173172
Gnaisse Ribeirão	TF23-VI-P271		431046	8184641
Granito Indiferenciado	TF23-IX-P226	Granito Milonítico	427570	8170901
Granito Rio Caiapó	TF23-III-P114	Granodiorito	435836.91	8193673.71
Granito Rio Caiapó	TF23-III-P15	Biotita Granito milonítico	439660.33	8195281.30
Granito Rio Caiapó	TF23-III-P251	Granito	439354.24	8193528.46
Granito Rio Caiapó	TF23-II-P68	Mingling	440828	8197176
Granito Rio Caiapó	TF23-I-P5(D7)	Granito	442489	8202759
Granito Rio Caiapó	TF23-I-P7(D9)	Mingling (rapakivi)	435201	8202377
Granito Rio Caiapó	TF23-I-P8(09)	Granito	434955	8202392
Granito Rio Caiapó	TF23-IV-P189	Hidrotermalito (epidosito)	437475	8190262
Granito Rio Caiapó	TF23-IV-P201	Mingling	439657	8192164
Morro do Baú	APA28	Meta tonalito	432986	8166660
Morro do Baú	TF23-X-P101	Gabro	436275	8167338
Ribeirão Água Limpa	APA19	Granito	419569.34	8170912.76
Ribeirão Água Limpa	TF23-III-P228	Gnaisse	414985.42	8195084.15
Ribeirão Água Limpa	TF23-VIII-P28A	Granito	420701	8175350
Ribeirão Água Limpa	TF23-VI-P303	Granito Porfirítico	417410	8184388
Ribeirão Água Limpa	TF23-X-P42	Bt gnaisse	423582	8167858

Serra do Iran	TF23-III-P157	Granito Grosso - Fino	427450.30	8194110.79
Serra do Iran	TF23-III-P168	Fácies intermediárias: Qtz dioritos, tonalidos, dioritos.	429798	8193589
Serra do Iran	TF23-III-P48	Vulcânica Félsica	428967.96	8196436.99
Serra do Iran	TF23-IV-65	Sienogranito	427197	81889407
Serra do Iran	TF23-IV-P67	Fácies intermediárias: Qtz dioritos, tonalidos, dioritos.	426965	8190319
Serra do Iran	TF23-IV-P78	Vulcânica Félsica	424981	8189686
Serra do Iran	TF23-V-P138	Fácies intermediárias: Qtz dioritos, tonalidos, dioritos.	430942	8186739
Serra do Iran	TF23-V-P138B	Vulcânica Félsica	430942	8186739
Serra do Iran	TF23-V-P15	Granito Grosso - Fino	432520	8189085
Serra do Iran	TF23-V-P93	Fácies intermediárias: Qtz dioritos, tonalidos, dioritos.	429954	8185487
Serra do Tatu	TF23-II-P103	Granito	428692	8200660
Serra do Tatu	TF23-VIII-P127A	Fonolito ou dacito	437654	8176221
Serra do Tatu	TF23-VIII-P128	Granito	437588	8176387
Serra do Tatu	TF23-VIII-P128		437579	8176390
Serra do Tatu	TF23-VII-P77	Granito grosso porfirítico	436931	8179997
Serra do Tatu	TF23-VI-P101	Granito Milonítico	434664	8184129

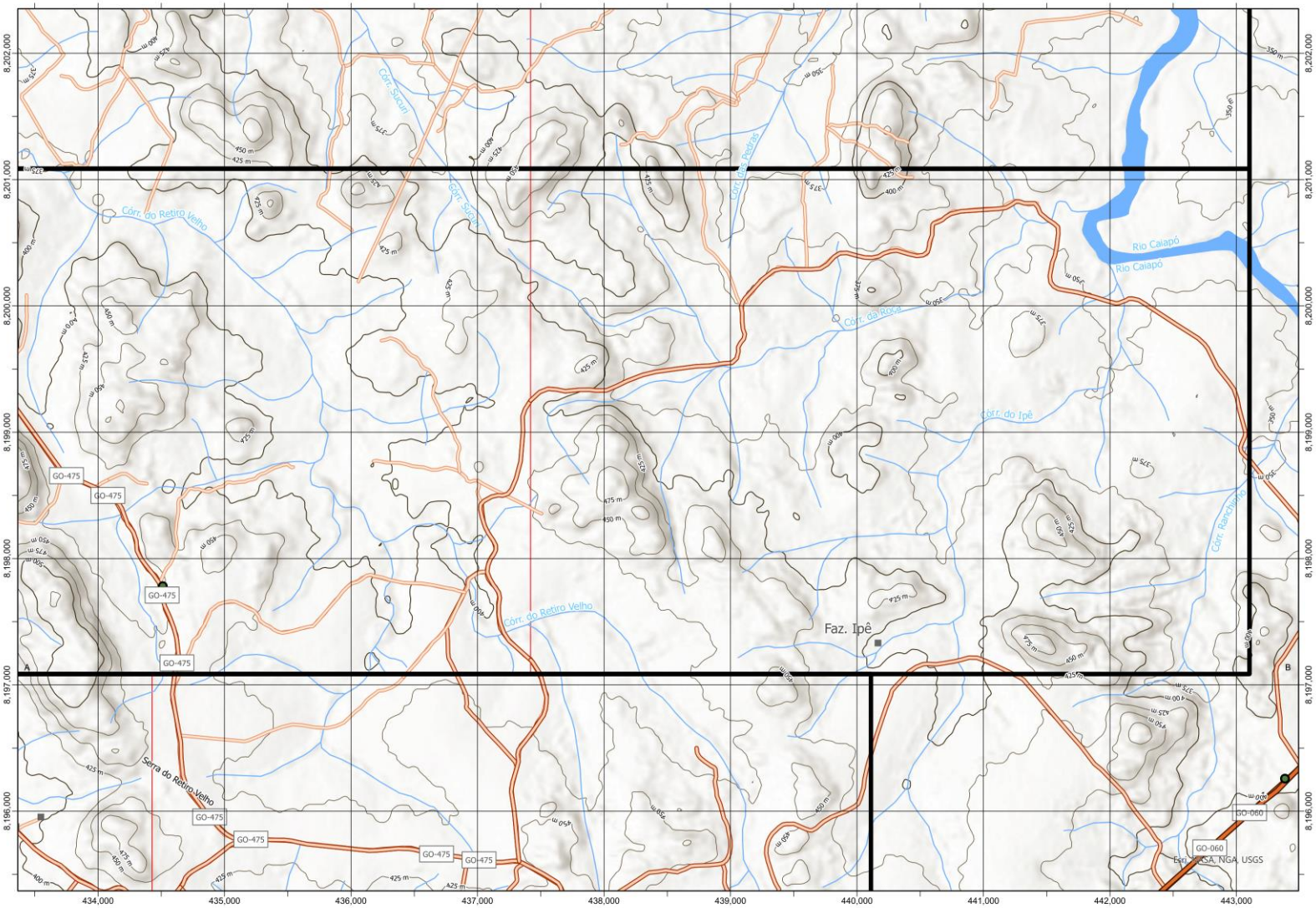
Mapa Base da Área II - A



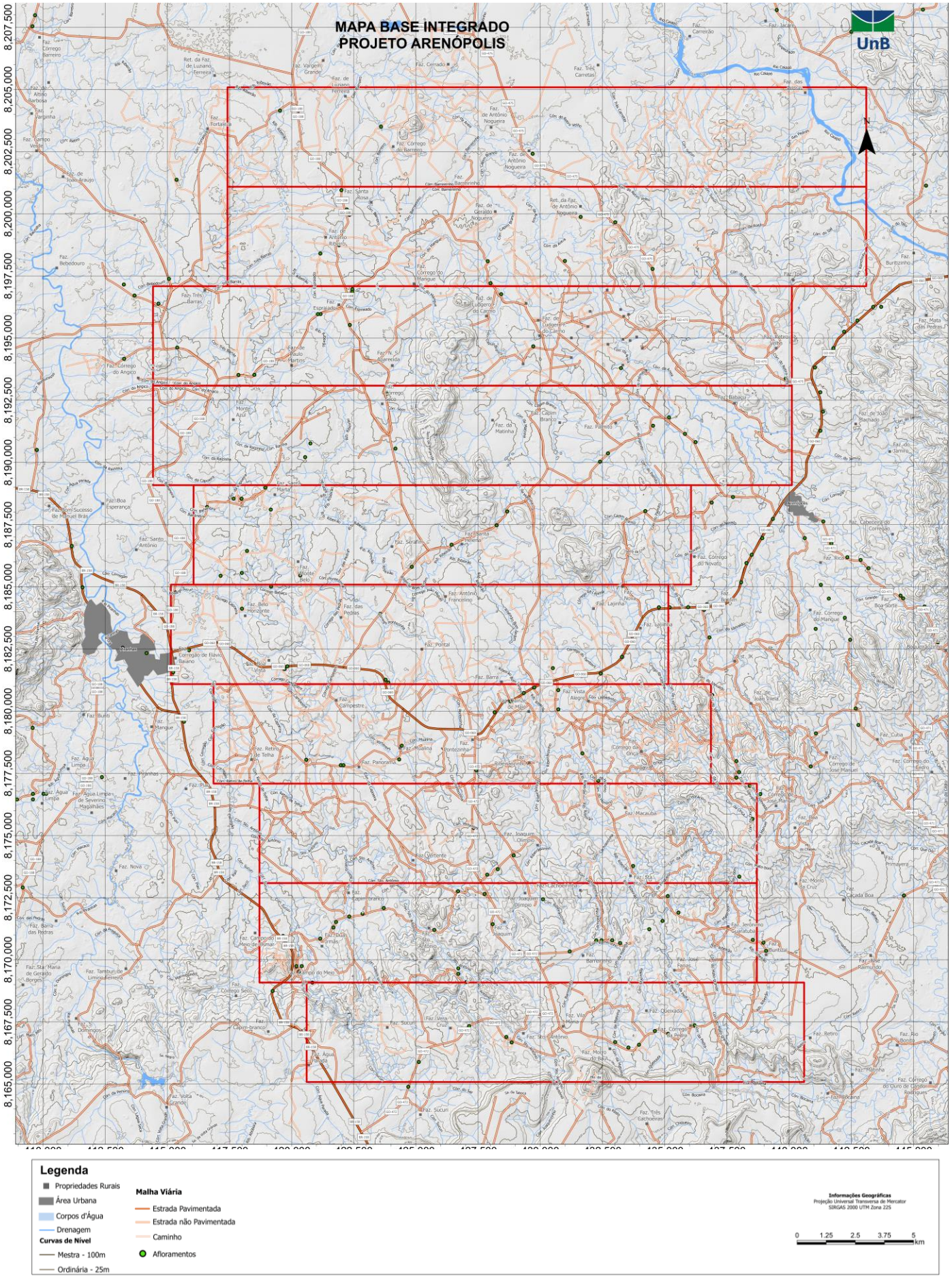
Mapa Base da Área II - B



Mapa Base da Área II - C



Mapa Base Integrado do Projeto Arenópolis



Fichas Petrográficas Área II:

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23 - II - 27 **Unidade: Granito Rio Caiapó** **Coordenadas: 432888E 8199763 S UTM 22 S**

Descrição macroscópica

A rocha apresenta dois domínios de composição distinta, um domínio félsico, e um máfico.

O domínio félsico é leucocrático de coloração rosada, holocristalino de granulação grossa, apresenta textura porfirítica, com fenocristais de K-feldspato, e matriz composta por quartzo, plagioclásio e biotita.

O domínio máfico é mesocrático de coloração cinza, holocristalino de granulação fina e sua mineralogia é composta por biotita, plagioclásio, quartzo e anfibólio.

Foto Macroscópica

Descrição microscópica

Minerais Essenciais - Domínio 1 (%)		Minerais Acessórios - Domínio 1 (%)		Minerais Secundários (%)	
K-feldspato	36%	Apatita	1%		
Quartzo	34%	Biotita	5%		
Plagioclásio	23%	Opacos	1%		

Minerais Essenciais - Domínio 2 (%)		Minerais Acessórios - Domínio 2 (%)		Minerais Secundários (%)	
Biotita	33%	Titanita	7%		
Plagioclásio	32%	Opacos	4%		
Quartzo	19%	Anfibólio	3%		
		Apatita	1%		

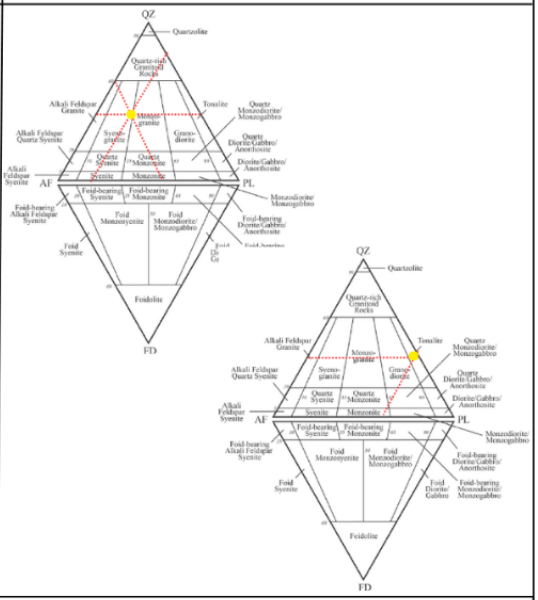
Descrição Microscópica **Orientada** ☐

A rocha apresenta dois domínios distintos, o domínio 1 é félsico de granulometria grossa representando o total de 40% da lâmina e o domínio 2, máfico, de granulometria fina, que representa 60% do total da lâmina.

D1: Rocha holocristalina de granulação grossa, textura porfirítica, com fenocristais de K-feldspato (36%) em matriz composta por quartzo (34%), plagioclásio An -12 (23%) e biotita (5%). Apatita e opacos (1%) apresenta-se como mineral acessório.

D2: Rocha holocristalina de granulação fina, textura inequigranular marcada pelo alinhamento dos cristais de biotita, composta por quartzo (19%) , biotita(33%) e plagioclásio (32%). Oxidos (4%) Titanita (7%), apatita (1%) e anfibólio (3%) apresentam-se como minerais acessórios.

Diagrama Composicional

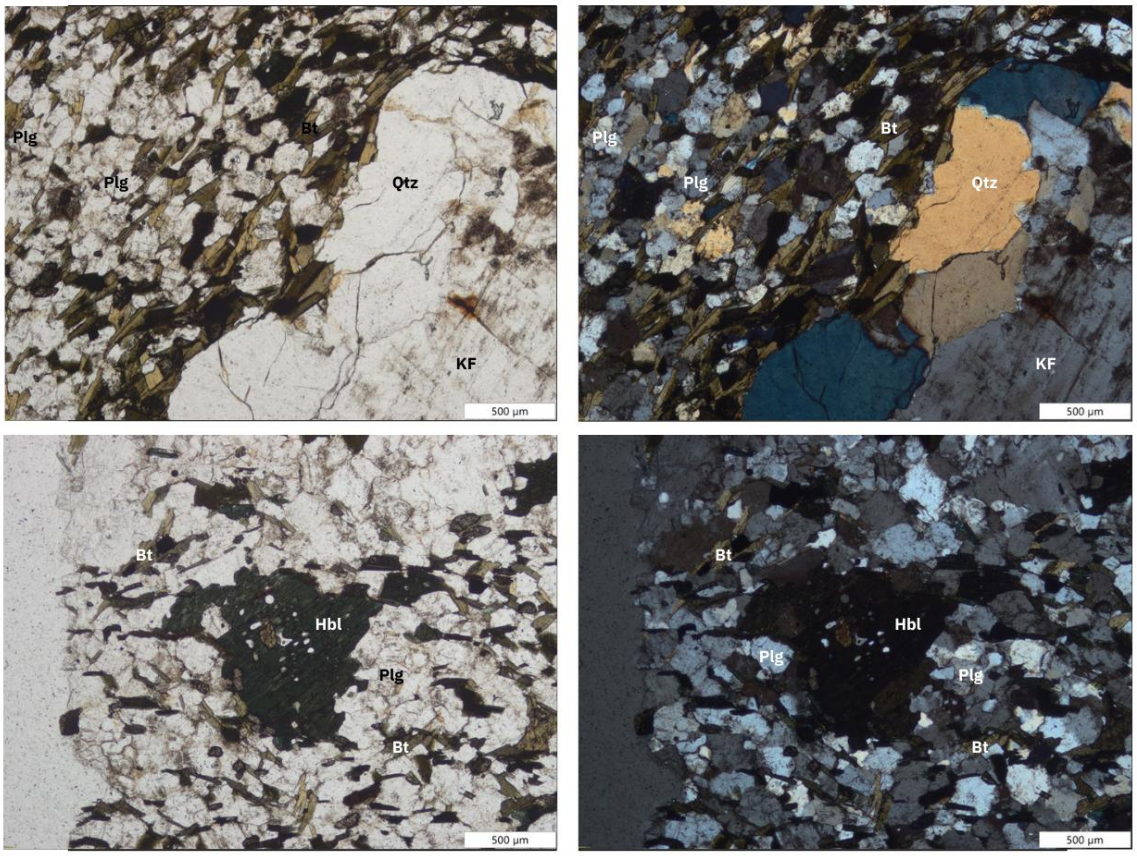


Classificação da Rocha: Dique tonalítico hospedado por sienogranito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Fotomicrografias



Legenda Micrografias

Bt - Biotita	Qtz - Quartzo
Hbl - Hornblenda	
Kf - K-feldspato	
Pl - Plagioclásio	

Interpretações

A rocha apresenta o contato entre dois domínios de diferentes composições, o domínio félsico representado pelo sienogranito e o domínio intermediário/máfico representado pelo tonalito. A presença de ambos os domínios associadas as feições observadas em campo indicam a presença de dois diferentes magmas coexistentes durante o plutonismo.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

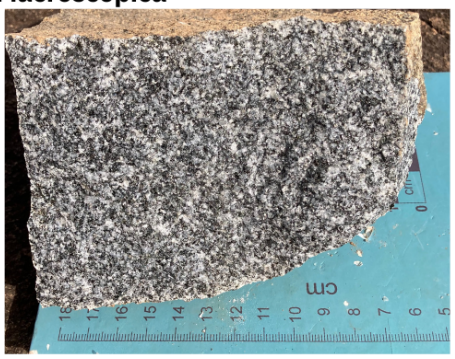
Código da Lâmina: TD23 - II - 42 **Unidade: Córrego do Sto Antônio*** **Coordenadas: 417932E 8199277 S UTM 22 S**

Descrição macroscópica

Rocha mesocrática (37% de minerais máficos) de coloração cinza clara a escura, holocristalina de granulação média à grossa, os minerais apresentam-se subédricos à euédricos em arranjo equigranular.

A mineralogia é composta por plagioclásio, biotita, clorita e quartzo.

Foto Macroscópica



Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Plagioclásio	39%	Óxidos	1%	Clorita	12%
Biotita	24%				
Quartzo	23%				

Descrição Microscópica Orientada ☐

Rocha de granulação média, holocristalina de textura equigranular. A composição mineralógica é representada por cristais subedrais de plagioclásio (40%), quartzo (25%), biotita (24%) e clorita (13%).

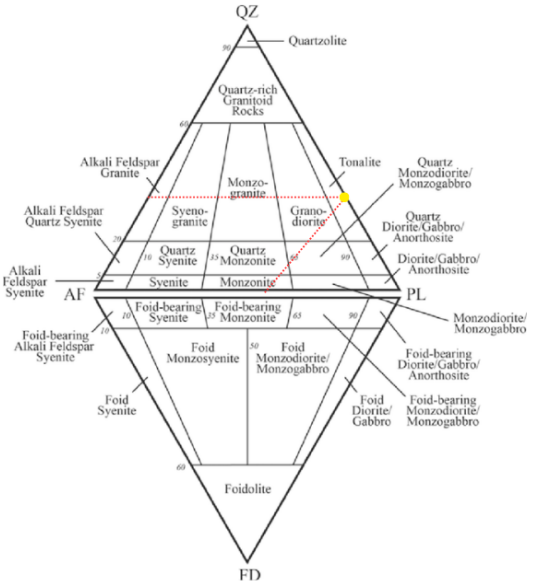
Os grãos de plagiocásio apresentam-se subédricos, incolores à NP e possuem geminação do tipo albita à NX, estão frequentemente alterados em locais em que apresenta coloração acinzentada à NP, possui teor de An-31 (andesina).

Os grãos de quartzo apresentam-se em cristais subédricos de relevo baixo, incolores à NP e possuem extinção ondulante à NX.

A biotita apresenta-se em cristais lamelares, euédricos à subédricos, com pleocroísmo em marrom claro à marrom escuro, quando observados à NX apresentam cor de interferência alta e extinção picotada.

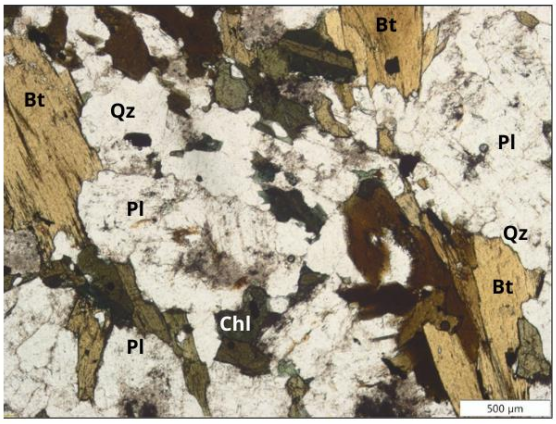
Os cristais de clorita encontram-se associados à biotita, e apresentam pleocroísmo fraco em tons de verde, quando observado à NX apresentam birrefringência baixa.

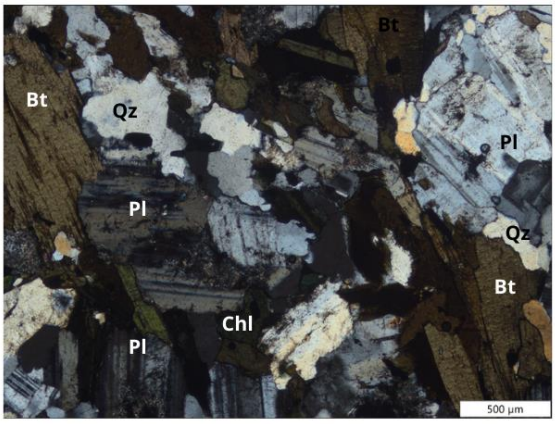
Diagrama Composicional



Classificação da Rocha: Tonalito

Fotomicrografias





Legenda Micrografias

Bt - Biotita
Chl - Clorita
Pl - Plagioclásio
Qz - Quartzo

Interpretações

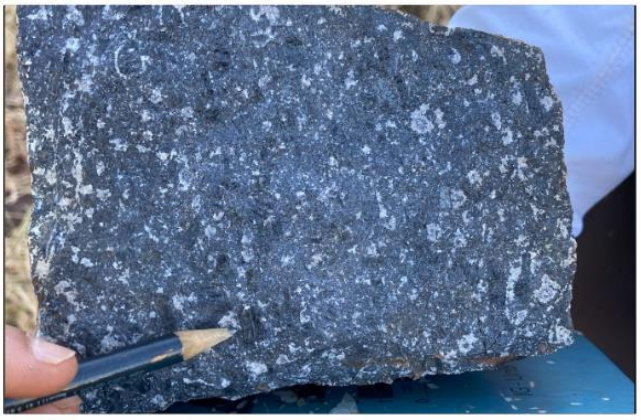
O tonalito apresenta-se pouco deformado. É possível observar a relação de associação entre os cristais de biotita e de clorita, que ocorre como produto de alteração da biotita.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF - II - 67	**Unidade: Corpo Arenópolis**	**Coordenadas: 441147 E 8197137 S UTM 22S**

Descrição macroscópica: Rocha de cor escura, equigranular, com granulação média, composta por cristais de piroxênio, flogopita, plagioclásio e cristais alterados de possível nefelina.



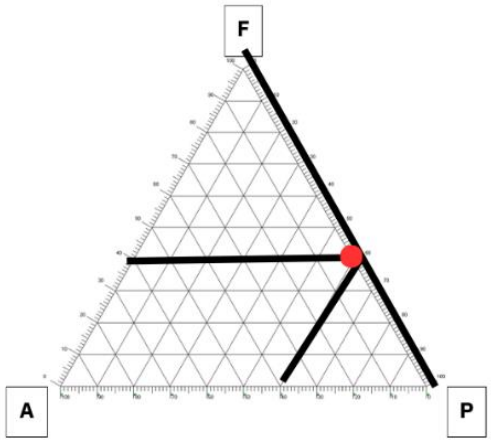
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Augita	28%	Zircão	1%		
Olivina	20%	Opacos	12%		
Plagioclásio	17%				
Nefelina	10%				
Flogopita	7%				
Titanita	5%				

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

A olivina e a augita ocorrem como fenocristais.
Os cristais de augita possuem cor marrom. Estão alterados e em associação com óxidos.
Os cristais de nefelina são incolores e tem aspecto "sujo" devido a intensa alteração. Ocorrem entre os cristais de olivina e augita.
Assim como a nefelina, o plagioclásio também ocorre entre os cristais de olivina e augita. Apresenta geminação (lei da albita, com composição vairando de oligoclásio a andesina.
A flogopita ocorre como cristais subedrais, com pleocroísmo de marrom pálido à marrom escuro e, assim como os cristais de augita, está em associação como óxidos.

Diagrama Composicional



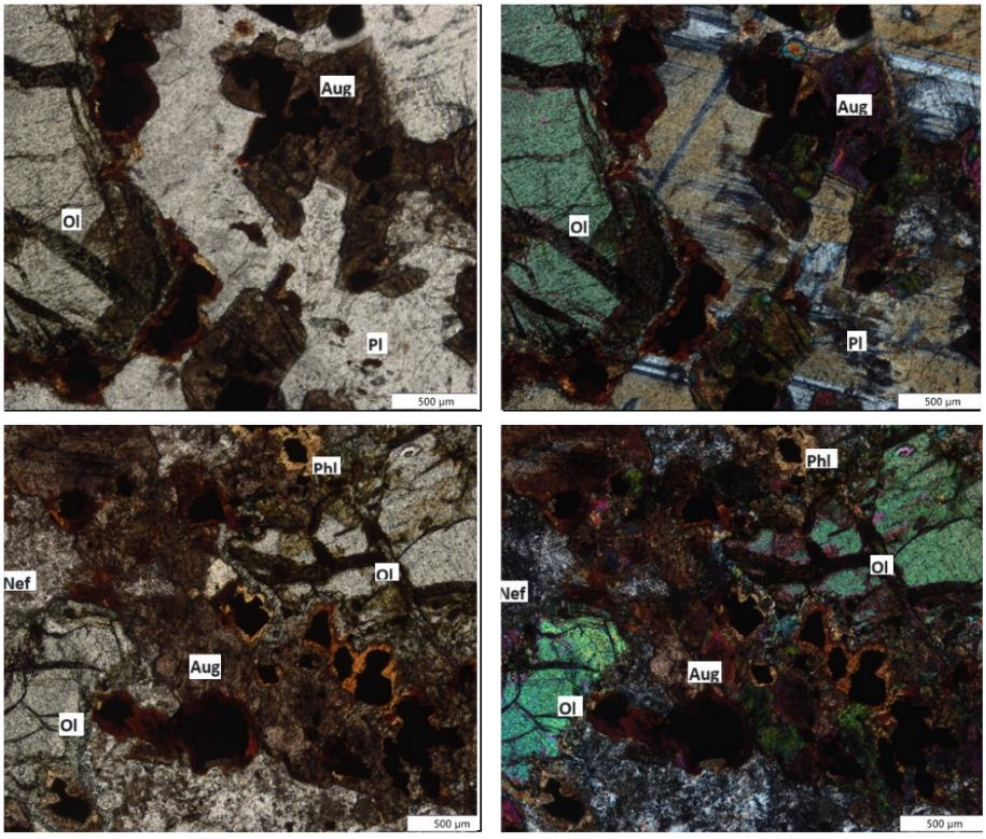
Paragênese: Aug+Ol+Pl+Nef+Phl+Opacos

Textura: Cumulática

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Fotomicrografias



Legenda Micrografias

A) Fenocristais de olivina de augita englobados pelo cristal de plagioclásio, indicando a ordem de cristalização.
C) Associação de augita com opacos e alteração dos cristais de nefelina.
Abreviações: Olivina (Ol), Augita (Aug), Plagioclásio (Pl), Flogopita (Phl) e Nefelina (Nef).

Interpretação e Discussão

A rocha apresenta textura, em geral, cumulática, com cúmulus de olivina e augita e intercúmulus de plagioclásio e nefelina. A augita aparenta sempre estar associada a flogopita. Além disso, há domínios poiquilíticos com o plagioclásio englobando os os cristais de augita e olivina. Esses indícios permitem indicar uma ordem de cristalização: i) olivina+augita, ii) plagioclásio e iii) nefelina.
Rocha plutônica e alcalina, com textura cumulática, associada as rochas alcalinas cretáceas. Provincíncia Alcalina de Iporá, Corpo Arenópolis.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
	Rocha Ígnea	Gabro Alcalino

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF - II - 68 | **Unidade: Corpo Arenópolis** | **Coordenadas: 440828 E 8197176 S UTM 22S**

Descrição macroscópica: Rocha de coloração clara composta essencialmente por cristais de granulação média de feldspato potássico e plagioclásio, além de flogopita. Possui feições de mistura de heterogenia de magma, mingling, com enclaves de porções de composição máfica, e granulação mais fina, compostos por piroxênio, flogopita e plagioclásio.

Descrição microscópica

DOMINIO MÁFICO PORFIRITICO (%)

Titano-Augita	32%
Plagioclásio	20%
Flogopita	18%
Titanita	15%
Opacos	15%

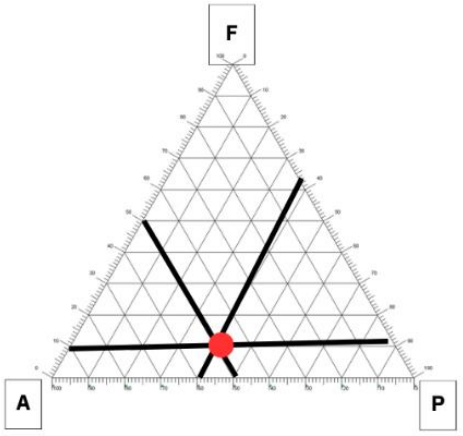
DOMINIO INEQUIGRANULAR GROSSO (%)

Plagioclásio	32%
K-Feldspato	30%
Flogopita	15%
Augita	10%
Nefelina	5%
Opacos	8%

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

A titano augita ocorre como fenocristais euhédricos e também como constituinte da matriz, como cristais finos e subhédricos, principalmente no domínio máfico. Ocorrem também fenocristais de titanita.
O plagioclásio ocorre tanto como cristais maiores geminados, por vezes reabsorvidos, no domínio leucocrático, quanto de granulação menor constituindo a matriz no domínio máfico.
A flogopita ocorre como cristais subedrais, com pleocroísmo de marrom pálido à marrom escuro e relevo moderado a baixo.

Diagrama Composicional



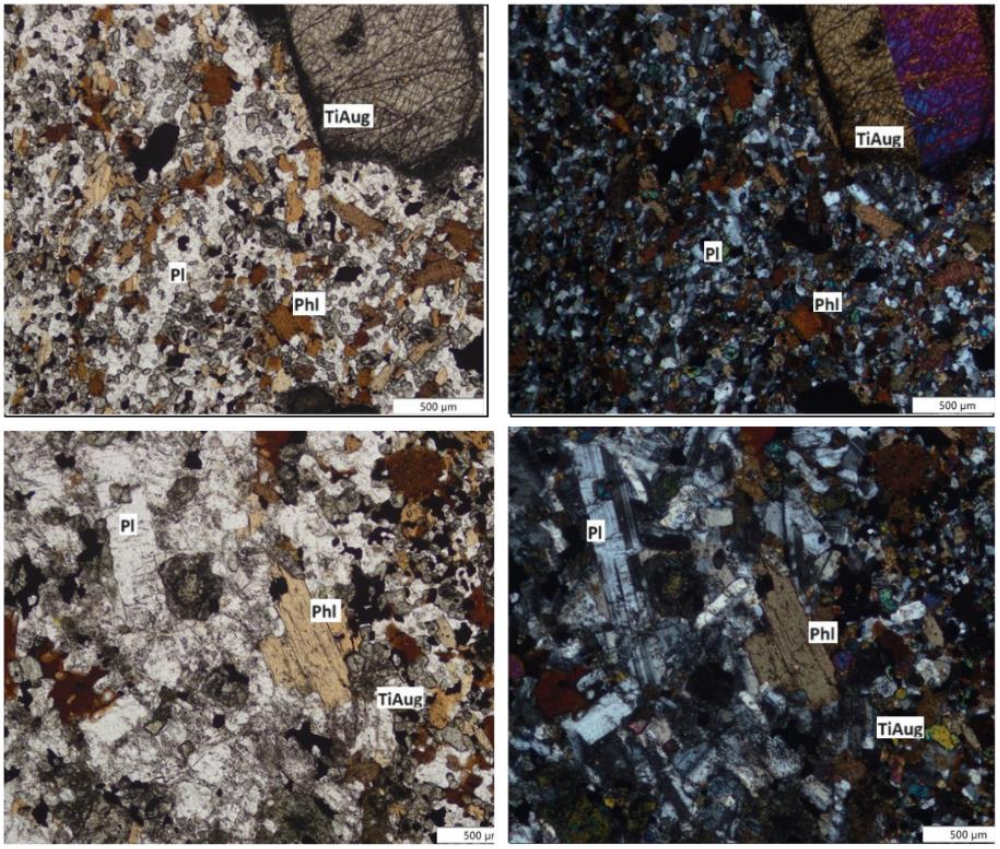
Paragênese: Kfs+Pl+Phl+TiAug+Nef+Opacos

Textura: Inequifranular grosso; Porfirítico; Equigranular fino; Mingling

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Fotomicrografias



Legenda Micrografias

A) Domínio Porfirítico Máfico com fenocristais de titano augita e matriz com feldspato potássico, plagioclásio, flogopita e clinopiroxênio (tambem indentificado como titano augita)
C) Contato entre os domínios, evidenciado pela mudança de granulação e composição.
Abreviações: Titano Augita (TiAug), Plagioclásio (Pl), flogopita (Phl).

Interpretação e Discussão

A rocha apresenta feições de mistura magmática, mingling, no qual podemos observar domínios heterogêneos. Foram individualizados três domínios: Inequigranular de granulação média a grossa, com fenocristais de plagioclásio e feldspato potássico, e cristais menores de clinopiroxênio, flogopita e nefelina. Porfirítico, porção máfica, com fenocristais de titano augita e titanita, e matriz de granulação fina composta por plagioclásio, flogopita e clinopiroxênio. Equigranular de granulação fina, composto por plagioclásio e feldspato potássico com orientação magmática, no contato do mingling. Rocha alcalina, no contexto do Corpo Arenópolis, evidenciando episódios tardios de reinjeção magmática.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
	Rocha Ígnea	Nefelina Monzonito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF - II - 84 **Unidade: Córrego do Santo Antônio** **Coordenadas: 434866 E 8197380 S UTM 22S**

Descrição macroscópica: Rocha de coloração verde, inequegranular, composta por cristais médios de horblenda, imersos em uma matriz de mineral de granulação fina e esverdeada, identificado como serpentina ou clorita.

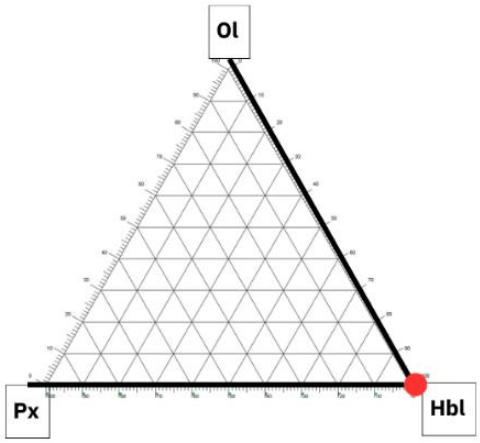
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)			
Hornblenda	55%	Opacos	10%		
Clorita	35%				

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Os fenocristais de hornblenda ocorrem imersos em matriz de minerais de alteração. Os opacos na rocha concentram-se inclusos nesses fenocristais.
Sinais de alteração deutérica.
A nicóis paralelos os cristais de clorita apresentam aspecto “sujo” e possuem granulação fina. Estão presente por toda a lâmina, envolvendo os demais cristais, constituindo uma matriz de alteração.

Diagrama Composicional



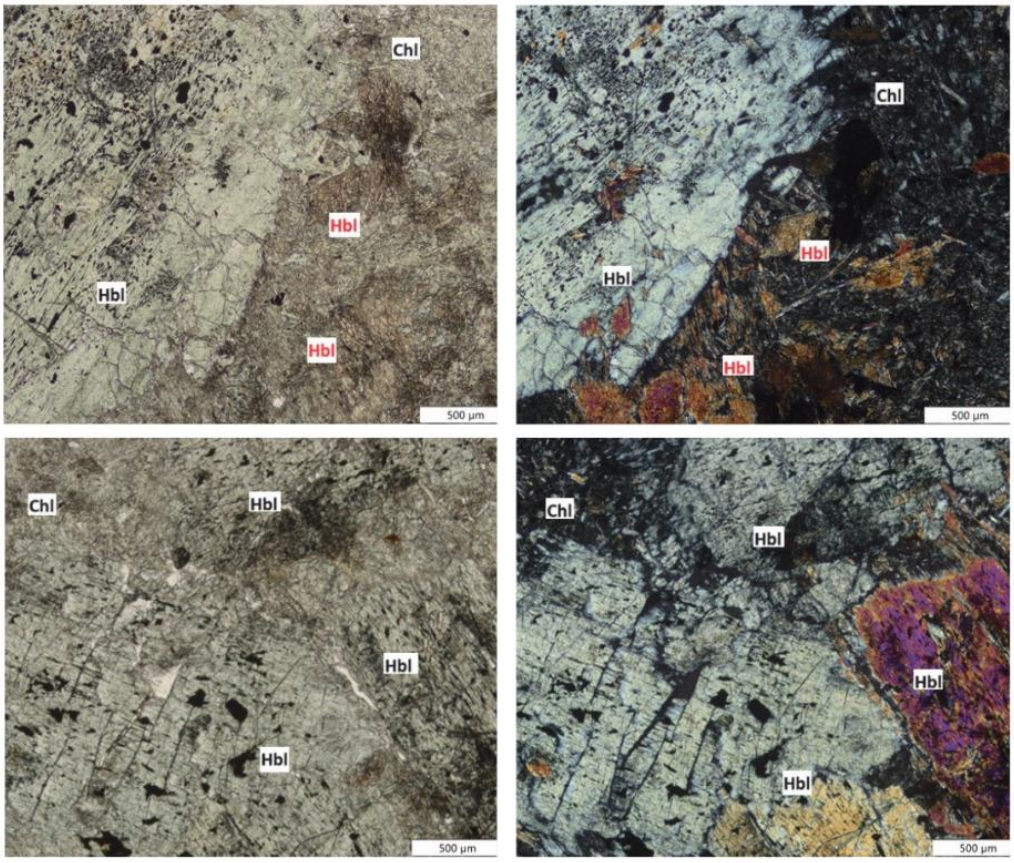
Paragênese: Hbl+Opacos

Textura: Porfirítica

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Fotomicrografias



Legenda Micrografias

A) Cristais de hornblenda primários transformados para clorita, processo de cloritização.
C) Fenocristais pseudomorfos de clinopiroxênio alterados para anfibólio, identificados como hornblenda, imersos em uma matriz composta por clorita intensamente alterada.
Abreviações: Hornblenda (Hbl) e Clorita (Chl).

Interpretação e Discussão

Os fenocristais identificados na descrição macroscópica são pseudomorfos de clinopiroxênio, uralitizados para anfibólio, aqui identificados como hornblenda. Cristais de hornblenda primários, com feições de desequilíbrio, estão intensamente alterados para clorita, secundária.
Rocha plutônica e ultramáfica, com textura porfirítica a megaporfirítica, composta inicialmente por fenocristais de clinopiroxênio, indica correlação com os complexos ultramáficos da Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas, no ambiente tectônico do Arco de Arenópolis.
Intensa alteração, por processos de uralitização e cloritização.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
	Rocha Ígnea	Piroxenito/Hornblendito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF23 - II - 103 **Unidade: Granito Rio Caiapó** **Coordenadas: 428692E 8200660 S UTM 22 S**

Descrição macroscópica

Rocha mesocrática de coloração cinza com variações pontuais em rosa, ácida, fanerítica de granulação grossa, holocristalina, constituída predominantemente de cristais subédricos de quartzo, k-feldspato, plagioclásio e biotita. A rocha apresenta textura protomilonítica.

Foto Macroscópica

Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Quartzo	34%	Anfibólio	7%		
K-feldspato	28%	Titanita	2%		
Plagioclásio	15%	Apatita	1%		
Biotita	11%	Óxidos	1%		

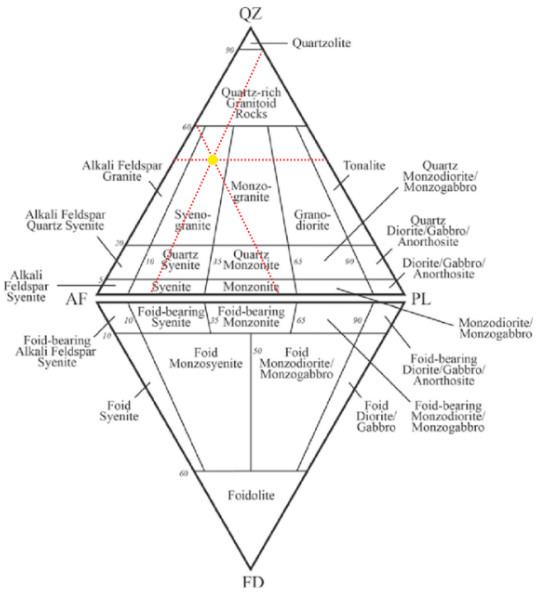
Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Rocha holocristalina de granulação grossa, apresenta textura predominantemente granoblástica. A composição mineralógica é definida por cristais de quartzo, K-feldspato, plagioclásio e biotita, apresenta anfibólio, titanita e apatita como minerais acessórios.

Os grãos de quartzo apresentam-se anédricos e recristalizados, e possuem feições de encurtamento axialfrequentemente.

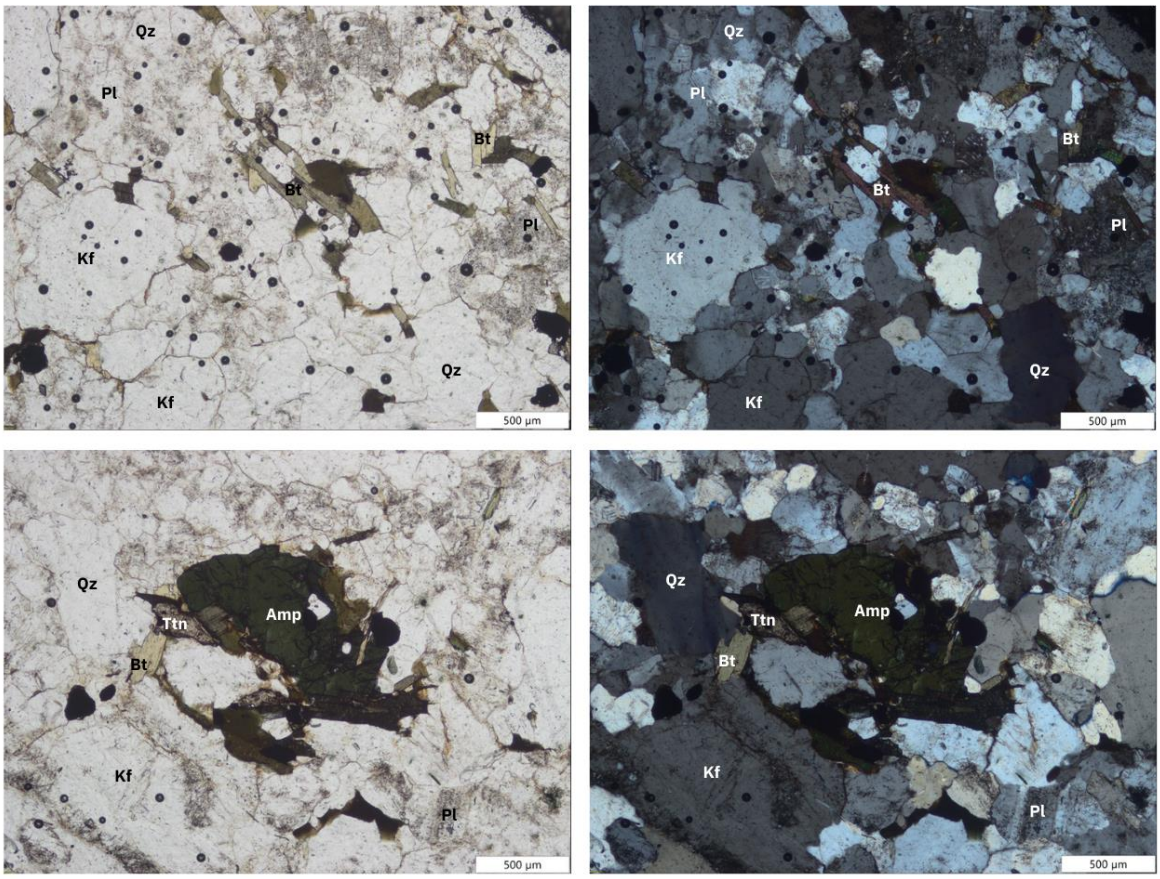
O k-feldspato se expressa através de porfiroclastos anédricos, que comumente apresentam textura pertítica.

Diagrama Composicional



Classificação da Rocha: Sieno Granito

Fotomicrografias



Legenda Micrografias

Amp - Anfibólio	Qz - Quartzo
Bt - Biotita	Ttn - Titanita
Kf - K-feldspato	
Pl - Plagioclásio	

Interpretações

A associação entre a textura observada e as características microscópicas que se expressam principalmente através dos grãos de quartzo com feições de subgrãos em xadrez apontam associação da rocha a eventos deformacionais. A textura pertítica observada nos grãos de k-feldspato representam exoluções entre soluções ricas em K e outras ricas em Na. A presença de anifbólio cálcico confere caráter metaluminoso ao granito.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TD23 - II - 140	**Unidade: Gnaisse Arenópolis**	**Coordenadas: 4218851 E 8198754 S UTM 22 S**

Descrição macroscópica: Rocha de cor verde, composta por epidoto e hornblenda, de granulação fina a média. Exibe domínios/veios de feldspato potássico associado com granadas. Alteração hidrotermal.

Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		**Minerais Acessórios (%)**			
Epidoto	25%	Opacos	10%		
K-Feldspato	22%				
Granada	20%				
Horblenda	18%				
Titanita	5%				

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Cristais de hornblenda verde com granulação média e subhedrais, alterando para epidoto.

Cristais de feldspato potássico com granulação muito grossa, por vezes englobando cristais de granada.

Cristais de granada ocorrem como aglomerados.

Titanita ocorrem como fenocristais.

Inclusão acentuada de opacos.

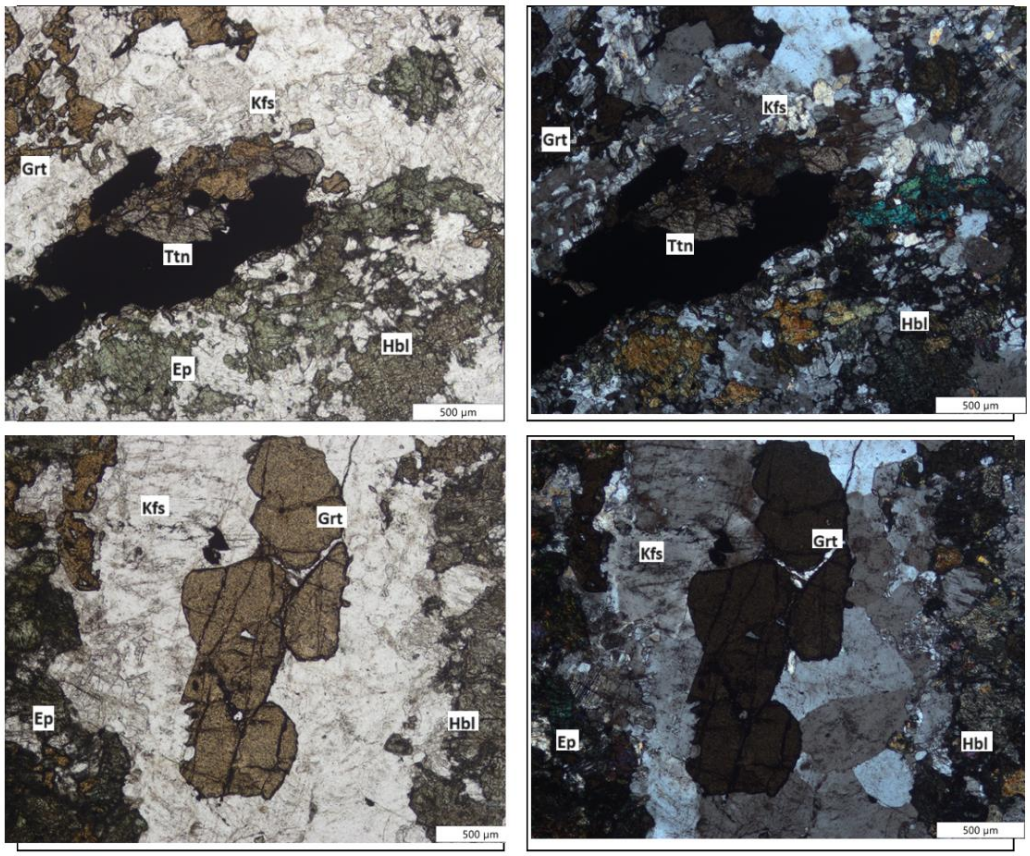
Diagrama Composicional

Textura: Granoblástica; Porfiroblástica

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Fotomicrografias



Legenda Micrografias

A) Epidotização da hornblenda.
C) Aglomerados de granada englobados por megacristais de feldspato potássico.
Abreviações: Granada (Grt), Feldspato Potássico (Kfs), Epidoto (Ep), Hornblenda (Hbl), Titanita (Ttn).

Interpretações

A assembleia original da rocha foi alterada devido a atividade hidrotermal. Cristais originalmente de plagioclásio foram transformados para epidoto. Textura predominantemente granoblástica, de granulação média, composta por cristais de epidoto, granada e hornblenda e domínios porfiroblásticos com megacristais de feldspato potássico e granada.

Rocha plutônica, ambiente hidrotermal, protolito máfico correlacionado a fácies anfibolítica do Gnaisse Arenópolis. Hidrotermalito/Gnaisse calcissilicático.

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF - II - 146 | **Unidade: Gnaisse Arenópolis** | **Coordenadas: 428718 E 8199141 S UTM 22S**

Descrição macroscópica:

Rocha mesocrática de coloração cinza escuro, básica, holocristalina, apresenta granulometria média e textura nematoblástica definida pelo alinhamento mineral da hornblenda. A mineralogia é definida por honblenda e plagioclásio.

Foto Macroscópica

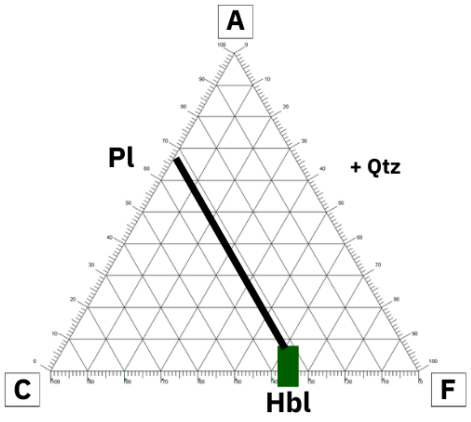
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Hornblenda	58%				
Plagioclásio	34%				
Quartzo	8%				

Descrição Microscópica — Orientada ☐

Rocha holocristalina de granulação média, apresenta textura nematoblástica marcada pelo alinhamento mineral dos cristais de hornblenda com domínios granoblásticos em que predominam cristais de plagioclásio e quartzo. A composição mineralógica é definida por hornblenda, plagioclásio e quartzo.
Os cristais de hornblenda apresentam hábito prismático, pleocroísmo variando entre verde claro e escuro, quando observados à NX apresentam birrefringência entre 1a e 2a ordem. Encontram-se imersos em matriz de plagioclásio e quartzo.
O plagioclásio apresenta teor de An - 42 e estão frequentemente saussuritizados.

Diagrama Composicional



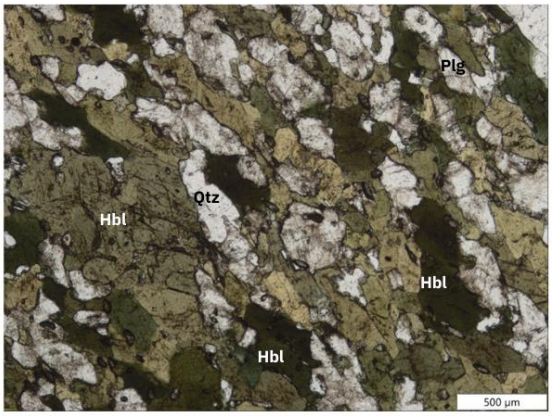
Paragênese: Hb + Pl + Qtz

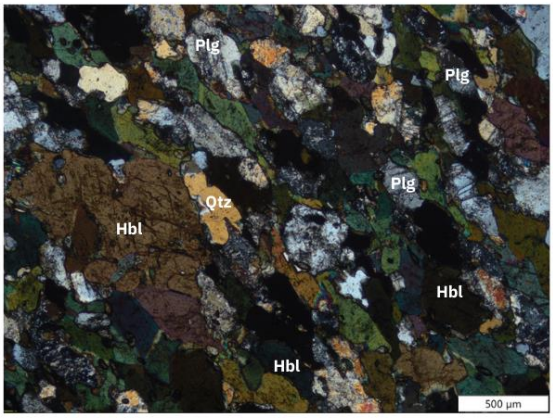
Textura: Nematoblástica

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Fotomicrografias





Legenda Micrografias

Hbl - Hornblenda
Pl - Plagioclásio
Qz - Quartzo

Interpretação e Discussão

A paragênese constituída por Hbl+Pl é típica de rochas metabásicas metamorfizadas em fácies anfibolito. A rocha apresenta-se pouco deformada e não contém feições de retrometamorfismo.

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Rocha básica (gabro)	Anfibolito	Anfibolito

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Código da Lâmina: TF - II - 147* **Unidade: Gnaisse Arenópolis** **Coordenadas: 428847 E 8199981 S UTM 22S**

Descrição macroscópica:

Rocha mesocrática, apresenta variação de cor entre cinza escuro e verde claro, definida por bandamentos de diferentes composições. A rocha apresenta textura nematoblástica, é holocristalina de granulação média e sua mineralogia é definida por hornblenda, plagioclásio e epidoto.

Foto Macroscópica

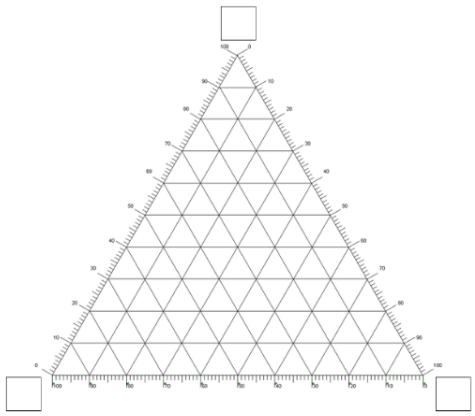
Descrição microscópica

Minerais Essenciais (%)		Minerais Acessórios (%)		Minerais Secundários (%)	
Hornblenda	40%	Diopsídio	5%	Epidoto	12%
Plagioclásio	30%	Titanita	4%		
		Opacos	3%		

Descrição Microscópica **Orientada** ☐

Rocha holocristalina de granulação grossa, textura predominantemente granoblástica. A composição é representada por cristais de hornblenda, plagioclásio, epidoto, diopsísio, titanita e opacos.
Os grãos de hornblenda apresenta-se subédricos em hábito prismático, com pleocroísmo ao verde claro e birrefringência em cores de 2a ordem.
O plagioclásio possui teor de An- 32.
Os cristais de epidoto apresentam pleocroísmo em verde, e quando observados à NX estes possuem altas cores de interferência entre 2a e 3a ordem.
O diopsídio apresenta-se sem pleocroísmo e quando observado à NX possui birrefringência alta, em cores de 2a ordem superior.

Diagrama Composicional



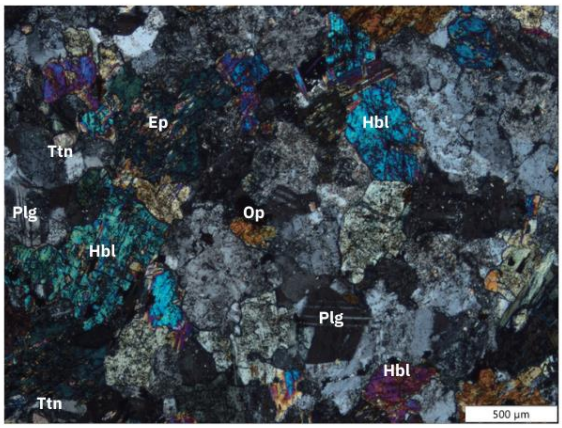
Paragênese:

Textura:
granoblástica

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Trabalho de Conclusão de Curso

FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA
PROJETO ARENÓPOLIS - PIRANHAS

Fotomicrografias



Legenda Micrografias

Ep - Epidoto	Ttn - Titanita
Hbl - Hornblenda	
Op - Opacos	
Pl - Plagioclásio	

Interpretação e Discussão

Protolito	Fácies Metamórfico	Classificação
Rocha básica (gabro)	Anfibolito	Hidrotermalito (Gnaisse Calcissilicático)

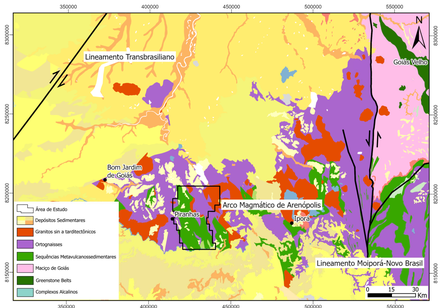
Ponto	Longitude	Latitude	Altitude	Nome da Rocha	Ponto	Longitude	Latitude	Altitude	Nome da Rocha
1	441577	8200580	355	Granito Rio Caiapó	33	430408	8197779	376	Gnaisse Arenópolis
2	441412	8200531	356	Granito Rio Caiapó	34	429600	8196669	400	Gnaisse Arenópolis
3	441472	8200206	362	Granito Rio Caiapó	35	421058	8198324	364	TQdl
4	441261	8200044	373	Granito Rio Caiapó	35	421058	8198324	364	Xisto Máfico (Clt+ Tlc)
5	440900	8199954	354	Granito Rio Caiapó	35	421058	8198324	364	Ultramafica
6	440616	8199936	369	Granito Rio Caiapó	36	420881	8198441	376	Ultramafica
7	440274	8199969	357	Granito Rio Caiapó	37	420813	8198490	376	Hornblendito
8	440074	8199923	366	Granito Rio Caiapó	38	419660	8199267	363	Musc-Xisto
9	439660	8199806	362	Granito Rio Caiapó	39	419497	8199288	373	TQdl
10	439506	8199767	366	Complexo Alcalino	40	418265	8199294	379	Quartzito
11	439066	8199706	375	Granito Rio Caiapó	41	418134	8199216	382	Diorito
12	438902	8199748	369	Granito Rio Caiapó	42	417932	8199277	378	Diorito
13	438679	8199614	375	Granito Rio Caiapó	43	417642	8199089	392	Diorito
14	438288	8199458	371	Granito Rio Caiapó	44	417486	8198964	388	Qtz-Musc-Xisto
15	437851	8199295	408	Granito Rio Caiapó	45	417382	8198936	386	Qtz-Musc-Xisto
16	437381	8199081	420	Granito Rio Caiapó	46	416987	8198766	413	Qtz-Musc-Xisto
17	437299	8198560	429	Granito Rio Caiapó	47	427975	8197277	387	Granito Serra do Iran
18	436851	8198668	422	Granito Rio Caiapó	48	427915	8197351	383	Sienogranito Serra do Iran
19	436165	8198657	410	Granito Rio Caiapó	49	427780	8197464	366	Sienogranito Serra do Iran
20	435705	8198754	392	Alcalina	50	427814	8198023	368	Anfibolito
21	434506	8197869	427	Granito Rio Caiapó	51	427241	8197680	394	Dique Máfico
22	434382	8198079	443	Granito Rio Caiapó	52	427003	8197408	399	Sienogranito Serra do Iran
23	434221	8198201	427	Granito Rio Caiapó	53	426896	8197436	414	Sienogranito Serra do Iran
24	434019	8198841	475	Granito Rio Caiapó	54	426725	8197450	432	Riolito
25	433884	8198837	437	Granito Rio Caiapó	55	426774	8197599	417	Sienogranito Serra do Iran
26	433007	8199633	410	Granito Rio Caiapó	56	426649	8197793	404	Granito
27	432888	8199763	418	Granito Rio Caiapó	56	426649	8197793	404	Hidrotemalito
28	432641	8199386	416	Granito Rio Caiapó	56	426649	8197793	404	Quartzito
29	431325	8199603	379	Gnaisse Arenópolis	57	426481	8197615	409	Sienogranito Serra do Iran
30	430983	8198031	400	TQdl	58	426431	8197458	416	Dique Máfico
31	430983	8198031	400	Gnaisse Arenópolis	58	426431	8197458	416	Quartzito
32	430815	8197794	397	Gnaisse Arenópolis	58	426431	8197458	416	Granito Serra do Iran

Ponto	Longitude	Latitude	Altitude	Nome da Rocha	Ponto	Longitude	Latitude	Altitude	Nome da Rocha
59	426321	8197426	411	Diorito	89	424407	8199269	411	Anfibolito
59	426321	8197426	411	Alcalina	90	4424483	8199167	418	Anfibolito
60	426186	8197166	416	Sienogranito Serra do Iran	91	4424692	8199186	412	Anfibolito
61	425995	8196986	423	Sienogranito Serra do Iran	92	426250	8200420	397	TQdl
62	425793	8197041	433	Quartzito	93	432470	8200132	392	Granito Rio Caiapó
63	425655	8197203	428	Quartzito	94	431580	8199806	390	Granito Rio Caiapó
64	423549	8197758	432	Musc-Xisto	95	430468	8199589	379	Anfibolito
65	423222	8197408	418	Granito	96	430392	8199151	386	Gnaisse Arenópolis
66	423030	8197323	428	Anfibolito	97	430281	8199091	371	Gnaisse Arenópolis
67	441147	8197137	437	Gabro	98	432241	8195050	390	Gnaisse Arenópolis
68	440828	8197176	396	Granodiorito (Mixing)	99	429703	8197537	399	Biotita Granada Gnaisse
68	440828	8197176	396	Dique Alcalino	99	429703	8197537	399	TQdl
69	439981	8197384	408	Granodiorito	100	429182	8197632	375	TQdl
70	439642	8197007	400	Granito Rio Caiapó	101	429757	8197802	390	Gnaisse Granodioritico
71	439505	8197725	424	Granito Rio Caiapó	102	428942	8198463	385	Hornblenda Gnaisse
72	439451	8197665	432	Granito Rio Caiapó	103	428692	8200660	392	Serra do Tatu *
73	439418	8197671	440	Granito Rio Caiapó	104	428731	8200321	382	Anfibolito
74	439229	8197797	431	Granito Rio Caiapó	105	419811	8197352	365	TQdl
75	439046	8197776	434	Granito Rio Caiapó	106	419600	8197529	391	TQdl
76	438881	8197784	434	Granito Rio Caiapó	107	419382	8197788	380	TQdl
77	438486	8197761	441	Granito Rio Caiapó	108	419931	8197563	381	TQdl
78	438013	8197508	407	Granito Rio Caiapó	109	418091	8197127	383	TQdl
79	437750	8197480	414	Granito Rio Caiapó	110	418695	8197000	390	TQdl
80	437270	8197866	422	Granito Rio Caiapó	111	417582	8199770	409	Diorito
81	435516	8197511	431	Granito Rio Caiapó	112	417614	8199937	412	TQdl
82	435115	8197538	442	Granito Rio Caiapó	113	418056	8199919	389	Hornblendito
83	434866	8197380	446	Granito Rio Caiapó	114	418603	8200083	383	Hornblendito
84	421970	8200965	427	Hornblendito	115	418885	8200148	376	Anfibolito
85	422274	8200242	423	TQdl	116	421782	8200229	414	TQdl
86	422328	8200481	418	TQdl	117	419889	8200380	352	CONTATO
87	422520	8200253	408	TQdl	118	421933	8199109	413	TQdl
88	424350	8199307	413	Anfibolito	119	420273	8199684	380	Hornblendito

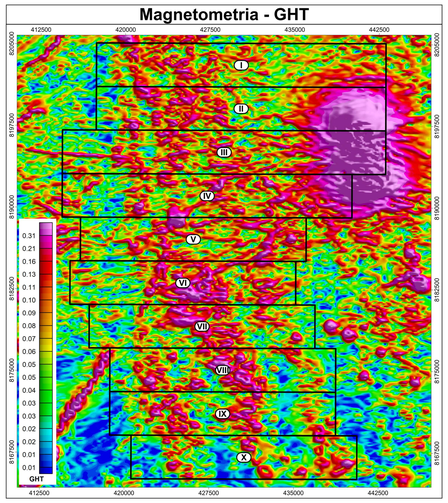
Ponto	Longitude	Latitude	Altitude	Nome da Rocha	Ponto	Longitude	Latitude	Altitude	Nome da Rocha
120	421245	8199444	388	TQdl	148	427769	8200581	372	Hornblenda Gnaisse
121	432209	8198031	364	Hornblenda Gnaisse	149	429774	8200687	356	Granitóide
122	SS20432439	8197985	378	CONTATO					
123	432745	8197904	396	Granito Rio Caiapó					
123	432745	8197904	396	Diorito					
124	432898	8197808	409	Granito Rio Caiapó					
124	432898	8197808	409	Diorito					
125	432980	8197833	434	Granito Rio Caiapó					
126	433105	8197803	440	Granito Rio Caiapó					
127	433299	8197759	471	Granito Rio Caiapó					
128	433462	8197580	525	Granito Rio Caiapó					
129	433542	8197585	523	Granito Rio Caiapó					
130	433722	8197523	534	Granito Rio Caiapó					
131	433882	8197433	509	Granito Rio Caiapó					
131	433882	8197433	509	Diorito					
132	433957	8197514	474	Granito Rio Caiapó					
133	434119	8197499	440	Granito Rio Caiapó					
134	434493	8197575	429	Granito Rio Caiapó					
135	433388	8200153	410	Granito Rio Caiapó					
135	433388	8200153	410	Alcalina					
136	433218	8200302	475	Granito Rio Caiapó					
137	427669	8200766	398	TQdl					
138	427688	8200922	346	Hornblenda Gnaisse					
139	426072	8199045	379	TQdl					
140	428851	8198754	387	Hidrotemalito					
141	428663	8198771	381	Hornblenda Gnaisse					
142	428474	8199074	370	Hornblenda Gnaisse					
143	428547	8199353	367	Granito					
144	428708	8199241	377	Granito					
145	428763	8199156	380	Hornblenda Gnaisse					
146	428718	8199141	381	Anfibolito					
147	428847	8199981	409	Hornblenda Gnaisse					

Mapa Geológico Integrado - Projeto Arenópolis

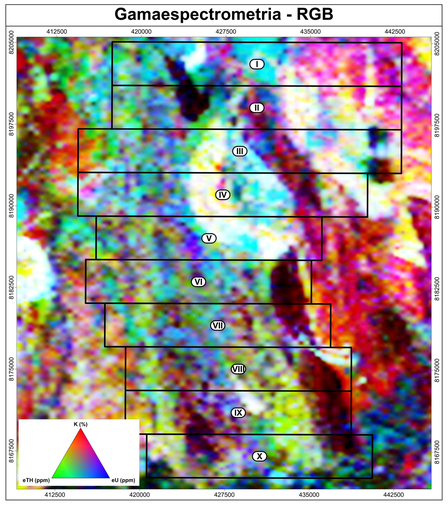
IG | Instituto de Geociências



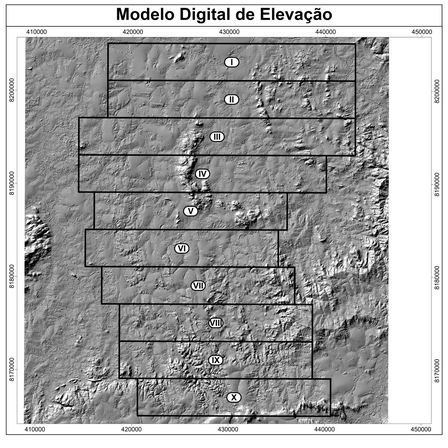
Magnetometria - GHT

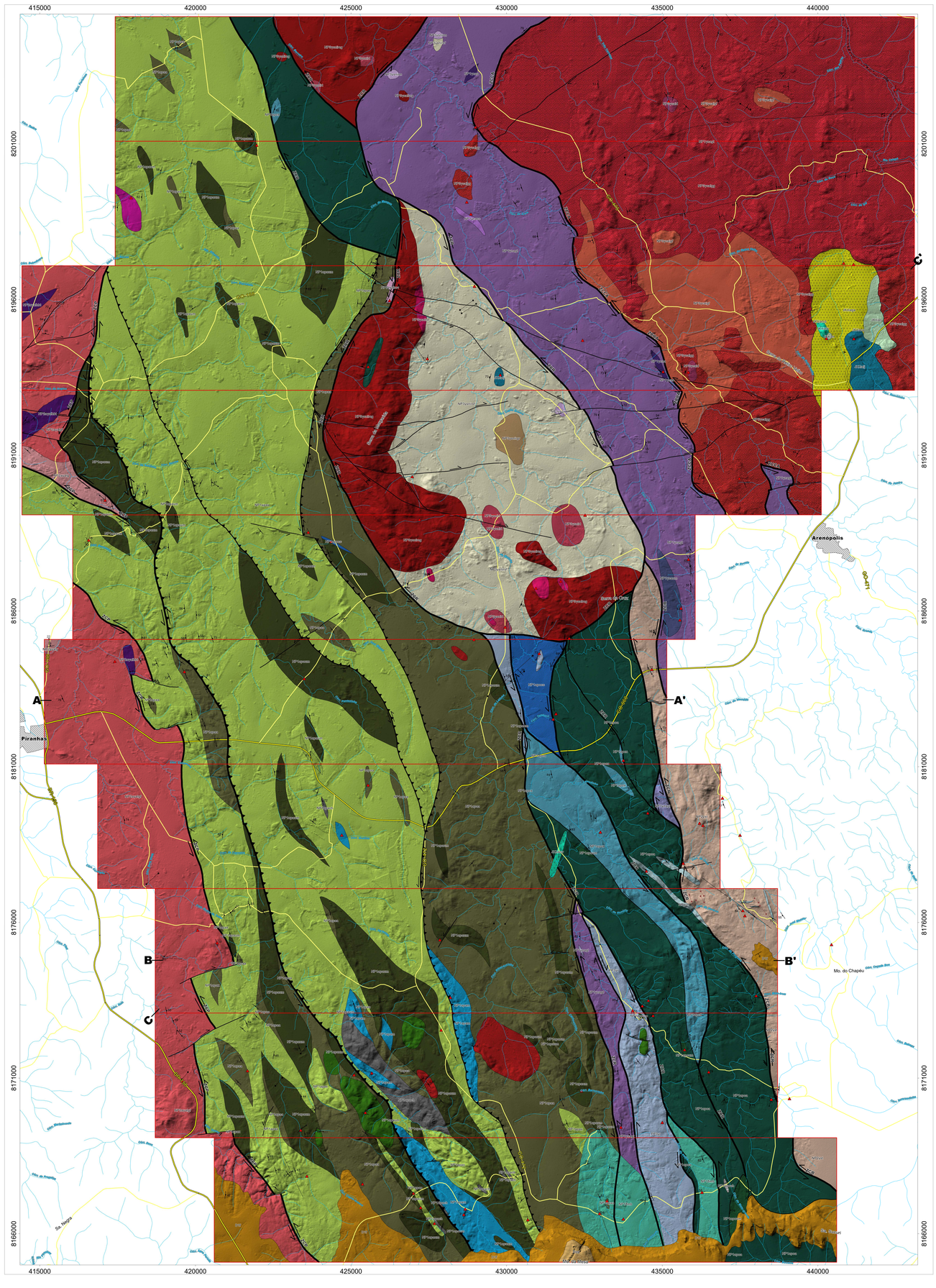


Gamaespectrometria - RGB



Modelo Digital de Elevação





Unidades Geológicas

Mesozóico - Cretáceo

Complexo Alcalino Arenópolis JKλia

Subvulcânicas JKλiasv - Diques de rochas alcalinas subvulcânicas, de coloração cinza escuro e magnéticas. Compostas por fenocristais de olivina, titanoaugita e ocasionalmente flogopita e microfenocristais de nefelina e leucita em matriz afanítica.

Plutônicas Máficas e Ultramáficas: Gabros Alcalinos - JKλiagx: Rochas mesocráticas, de granulação média, compostas por nefelina, augita e plagioclásio em textura subofítica. **Ijolitos e Melteigitos - JKλiaop:** Rochas mesocráticas, de granulação média a grossa, compostas predominantemente por augita, flogopita, olivina e menor quantidade de porção semítica intercumulus. **Clinopiroxenitos:** Rochas melanocráticas, de granulação grossa, compostas predominantemente por augita, flogopita e olivina.

Plutônicas Félsicas: Nefelinitos - JKλian: Rochas leucocráticas de granulação média, equigranular e composta essencialmente por nefelina, com augita e flogopita subordinadas.

Paleozóico - Ordoviciano

Bacia do Paraná

Formação Ponta Grossa: Dpg - Arenitos brancos e ferruginosos, finos a médios, intercalados com argilitos, levemente laminados.

Formação Furnas: D1f - Arenitos esbranquiçados e conglomeráticos com estratificação cruzada, intercalados com siltitos micáceos.

Neoproterozóico - Ediacarano

Granito Serra do Iran NP3ysnir

Fácies Félsicas: Sienogranitos Finos NP3ysnirsf - Rochas leucocráticas, de granulação fina e predominantemente equigranulares, compostas por quartzo, feldspato potássico, biotita e plagioclásio; **Sienogranitos Grossos NP3ysnirsg -** Rochas leucocráticas, de granulação grossa predominantemente equigranulares, com textura granular e localmente inequigranular porfirítica. Compostas por quartzo, feldspato potássico, biotita, hornblenda e plagioclásio; **Monzogranitos NP3ysnirm -** Rochas leucocráticas, de granulação fina à média e predominantemente equigranulares, compostas por quartzo, feldspato potássico, biotita e plagioclásio.

Fácies Intermediárias: Granodioritos NP3Ysnigr - Rochas mesocráticas e equigranulares, compostas por plagioclásio, hornblenda, biotita e quartzo em textura granular isotrópica. **Tonalitos NP3ysnirt -** Rochas mesocráticas, com textura inequigranular seriada e compostas por plagioclásio, biotita, hornblenda, quartzo e feldspato potássico.

Fácies Máficas: Dioritos NP3ysnird - Rochas mesocráticas compostas por plagioclásio, hornblenda, piroxênio e quartzo em textura equigranular.

Fácies Subvulcânicas: Dacitos e Riodacitos NP3ysnirsv - Rochas leuco a mesocráticas e inequigranulares. Apresentam uma matriz fina composta por plagioclásio e quartzo, além de fenocristais de quartzo, plagioclásio e feldspato potássico.

Intrusivas Indiferenciadas

Monzogranitos - Rocha leucocrática, isotrópica, inequigranular seriada, de granulação variando de fina a grossa, constituído por microclínio, quartzo, plagioclásio, biotita e muscovita. **Tonalitos -** Rocha plutônica foliada, mesocrática, granulação média a grossa, constituído por quartzo, plagioclásio, muscovita e biotita.

Tonalitos - Rochas equigranulares, não deformadas, de granulação média, compostas por plagioclásio, biotita, quartzo e clorita.

Hornblenda Gabros - Rocha máfica, de granulação média, equigranular e com foliação incipiente, formada por hornblenda e plagioclásio com textura cumulática.

Granito Rio Caiapó NP3ycai

Fácies Félsicas: Sienogranitos Inequigranulares Grossos NP3ycaigg - Rochas leucocráticas, de granulação fina a grossa em textura inequigranular seriada a porfirítica. Compostas por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e hornblenda; **Sienogranitos Finos NP3ycaigf -** Rochas leucocráticas, de granulação fina a média em textura predominantemente equigranular, compostas por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e hornblenda.

Fácies Intermediárias: Dioritos e Granodioritos NP3ycaid - Rochas mesocráticas, de granulação média, compostas por plagioclásio, hornblenda e quartzo em textura subofítica.

Neoproterozóico - Criogeniano

Granito Ribeirão Água Limpa NP2ayal

Fácies de Biotita Granitos a Biotita Granodioritos - NP2ayalg - Rocha leucocrática, com textura inequigranular porfirítica, composta por fenocristais grossos de feldspato potássico imersos em uma matriz média a fina, rica em quartzo, plagioclásio e biotita.

Fácies Granitos Finos NP2ayalgf - Rochas leucocrática, de granulação fina e equigranular, composta por feldspato alcalino, quartzo e plagioclásio, com pouca ou nenhuma mica.

Fácies Intermediária: Hornblenda-Biotita Tonalito NP2ayalhbt - Rocha leuco a mesocrática, de granulação média e textura equigranular, com discreta foliação espaçada, compostas por plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda.

Vulcânicas Córrego do Horácio NPαch

Vulcânicas Córrego do Horácio NPαch - Diques e derrames riolíticos de coloração vermelho-alaranjado a bege clara, com textura predominante afanítica e porfirítica a glomeroporfirítica subordinadas.

Granito Serra do Tatu NP2yst

Granito Serra do Tatu NP2yst - Rochas leucocráticas, compostas por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e biotita. A textura predominante é milonítica, exibindo porfiroclastos de feldspato alcalino envolvidos por matriz recristalizada de biotita.

Neoproterozóico - Toniano

Gnaisse Arenópolis NP1yna

Gnaisses Tonalíticos NP1ynagt - Rochas com bandamento gnáissico centimétrico, com bandas máficas dominantes, de textura nematoblástica, compostas essencialmente por hornblenda. As bandas félsicas subordinadas possuem textura granoblástica, e são compostas por quartzo e plagioclásio. **Anfibolitos NP1ynaa -** Rochas de coloração acinzentada, de granulação fina, com textura lepidoblástica e compostas por hornblenda e plagioclásio. **Calcissilicáticas NP1ynacc -** Rochas caracterizadas por apresentarem feições de alteração hidrotermal, compostas por epidoto, feldspato potássico, granada, quartzo, hornblenda e opacos. **Ultramáficas NP1ynaum -** Rochas de coloração esverdeada, com granulação fina e textura granoblástica a nematoblástica, compostas por serpentina, talco, clorita e minerais opacos.

Gnaisses Graníticos NP1ynagg - Rochas com bandamento gnáissico centimétrico, com bandas félsicas dominantes, de textura granoblástica compostas por feldspato potássico, plagioclásio e quartzo. As bandas máficas subordinadas apresentam textura nematoblástica, compostas por hornblenda e biotita.

Gabro Morro do Baú NP1δmb

Gabro Morro do Baú NP1δmb - Rochas plutônicas máficas de granulação média a grossa, compostas por plagioclásio, hornblenda, epidoto, sericita e clorita. Apresentam texturas cumuláticas e subofíticas preservadas e enclaves compostos por anfibolitos.

Sequência Metavulcanossedimentar Arenópolis-Piranhas

Unidade Córrego do Santo Antônio

Fácies Máficas e Ultramáficas: Anfibolitos NP1apaa - Rochas de coloração esverdeada, de granulação fina a média, com textura predominantemente nematoblástica e localmente granoblástica, compostas por hornblenda e plagioclásio, com titanita subordinada. **Metaultramáfica NP1apaum -** Rochas constituídas por anfibólio de granulação média inseridos em uma matriz fina esverdeada composta por serpentina, clorita e tremolita.

Fácies Metassedimentares: Mica Xistos NP1apax - Rochas de cor avermelhada que apresentam textura lepidoblástica, sendo constituídas essencialmente por muscovita e quartzo, com a presença local de biotita xistos. Subordinadamente, ocorrem xistos com porfiroblastos de granada e/ou estaurolita. **Quartzitos NP1apaq -** Rochas de coloração cinza claro, com granulação muito fina, textura granoblástica e estrutura maciça. **Mármores NP1apam -** Rochas de coloração cinza claro azulado, com granulação média a grossa. Apresenta domínios recristalizados para calcita branca, com anfibólio subordinado. **Calcissilicáticas NP1apac -** Gnaisses calcissilicáticos com bandamento milimétrico compostos por assembléia calcissilicática, com anfibólio, quartzo, epidoto, biotita, clorita, granada, titanita e calcita. **Metacherts NP1apach -** Rochas de coloração cinza claro, com granulação fina a muito fina. Estrutura predominantemente maciça, ocorrendo localmente de forma bandada. Apresenta malaquita como mineral acessório.

Unidade Córrego da Onça

Fácies Máficas e Ultramáficas: Anfibolitos NP1apoa - Rochas de coloração acinzentada com porfiroclastos de plagioclásio e matriz fina composta por hornblenda e quartzo subordinado. **Ultramáficas NP1apoum:** Rochas de coloração esverdeada, granulação fina e textura nematoblástica, compostas por tremolita, clorita e minerais opacos.

Fácies Metassedimentares: Muscovita Xistos NP1apox - Rochas que apresentam textura lepidoblástica, compostas essencialmente por quartzo, plagioclásio e muscovita. Localmente, ocorrem com granada e grafita. **Metachert NP1apoch:** Rochas silicosas de coloração cinza claro a médio, com granulação fina. Apresentam estrutura laminada e ocorrem de forma intercalada com gonditos. Apresentam pirrotita como mineral acessório. **Calcissilicática NP1apocc -** Gnaisses calcissilicáticos, compostos por assembleia mineralógica de alteração hidrotermal calcissilicática, com anfibólio alterado, quartzo, epidoto, biotita, clorita, titanita e calcita.

Paleoproterozóico

Gnaisse Ribeirão

Gnaisse Ribeirão PP3yr - Biotita tonalitos com intercalação entre níveis lepidoblásticos compostos por biotita fina a média e níveis granoblásticos compostos por quartzo e plagioclásio, de granulação média e grossa. Localmente migmatizado.

Convenções Geológicas

- Amostras Laminadas
- Acamamento
- Foliação
- Foliação Magmática
- Lineação de Estiramento
- Eixo de Dobra
- Contato Definido
- Contato Aproximado
- Anticlinal ou Antiforme
- Dique Alcalino
- Dique de Riolito
- Falha ou Fratura Indiscriminada
- Falha ou Fratura Encoberta
- Falha Transcorrente Dextral
- Falha Transcorrente Sinistral
- Zona de Cisalhamento Compressiva
- Zona de Cisalhamento Transcorrente Dextral
- Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral

Zonas de Cisalhamento

ZCP: Zona de Cisalhamento Piranhas
ZCR: Zona de Cisalhamento Ribeirão
ZCCA: Zona de Cisalhamento Córrego da Areia

Convenções Cartográficas

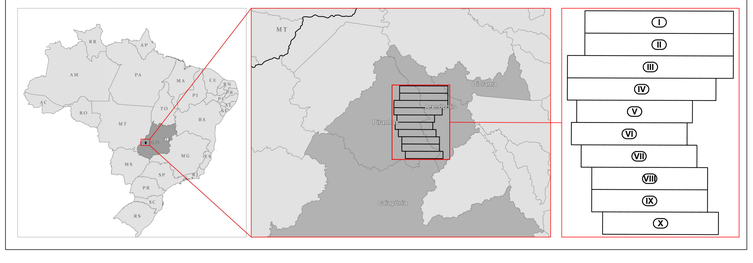
- Áreas - Projeto Arenópolis

Hidrografia
- Cursos d'água

Malha Viária
- Estrada Pavimentada
- Estrada não Pavimentada

Localidades
- Área Urbana

Localização



Elaboração

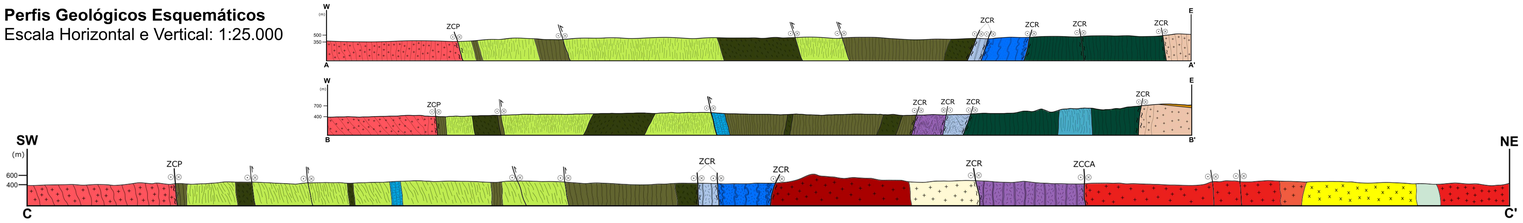
Equipe de Professores:
Profa. Dra. Natalia Hauser (Coordenadora)
Prof. Dr. Elton Luiz Dantas
Prof. Dr. Luis Gustavo Viegas
Prof. Dr. Caio Arthur Santos
Dr. Italo Lopes de Oliveira
Profa. Julia Barbosa Curto Ma
Prof. Henrique Llacer Roig

Apoio:
Antônio Mendes de Carvalho
Jean Moreira Barbosa
Marco Marcilio Sobral
Sergio Paulo Ferreira de Brito
Willian Gervazio Mariano

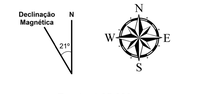
Área I: Suellen Santos Magalhães e Luiz Eduardo Silva Garcia
Área II: Murilo Guimarães Kurita e Thomaz de Aquino Motta Mendes
Área III: Carlos Eduardo dos Reis Santos e Tiago Pedrosa Lyra
Área IV: Samuel Silva da Costa e Wdilson César Guedes Frade
Área V: Jefferson de Oliveira Rodrigues e Matheus Emanuel Souza Mello
Área VI: Humberto Alexandre de Paula Correia e Lucas Cunha Moreira
Área VII: Cauê Oliveira Miranda e Natanael Alencar Pereira
Área VIII: Gustavo Moreira Bianchi e Ycles Campos Mesquita
Área IX: Gisele Pidhorodecki, Lucas Lage Guida e Marcelo Moura da Costa
Área X: Beatriz Sena Farias da Silva e Blenda Rodrigues Carvalho

Perfis Geológicos Esquemáticos

Escala Horizontal e Vertical: 1:25.000



Informações Geográficas



Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Meridiano Central: 45° W - Fuso 22 Sul
Datum Horizontal: SIRGAS 2000
Fonte dos dados: Base Vetorial Contínua do Brasil 1:250.000 - IBGE;
MDE TanDEM-X (GAC, RSTI); Serviço Geológico Brasileiro - SGB.