



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CARACTERIZAÇÃO DA NAPPE GUAXUPÉ NA REGIÃO
DE NOVA RESENDE, FAIXA BRASÍLIA MERIDIONAL,
MINAS GERAIS**

AUTORIA: Frederico Fava Zogheib

ORIENTAÇÃO: Prof. Dr. Tiago Amâncio Novo
Prof. Dr. Antônio Carlos Pedrosa Soares

BELO HORIZONTE

DATA (__/__/__)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DA NAPPE GUAXUPÉ NA REGIÃO DE
NOVA RESENDE, FAIXA BRASÍLIA MERIDIONAL, MINAS
GERAIS

Autor: Frederico Fava Zogheib

Dissertação de mestrado apresentada ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção de título de mestre.

Área de Concentração: Geologia Regional

Orientação: Tiago Amâncio Novo

Antônio Carlos Pedrosa Soares

Belo Horizonte, Maio de 2016.

**CARACTERIZAÇÃO DA NAPPE GUAXUPÉ NA REGIÃO DE NOVA
RESENDE, FAIXA BRASÍLIA MERIDIONAL, MINAS GERAIS**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Tiago Amâncio Novo
Orientador (UFMG)

Prof. Dr. Leonardo Gonçalves

Prof. Dr. Fabrício Caxito

Belo Horizonte, julho de 2016

À minha família: Samir, Valéria e Ludmila.

Sumário

Sumário	6
Lista de Figuras	9
Lista de Tabelas.....	10
Lista de Anexos	11
Resumo	12
Abstract	13
I. INTRODUÇÃO	14
1.1 NATUREZA DO PROBLEMA	14
1.2. OBJETIVOS.....	15
1.3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	15
1.4. METODOLOGIA.....	16
1.4.1. Revisão bibliográfica	16
1.4.2. Trabalhos de campo e coleta de amostras.....	17
1.4.3. Trabalhos de laboratório	17
1.5. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	19
1.6. TRABALHOS PUBLICADOS.....	21
1.7. ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO.....	21
II. CONTEXTO GEOTECTÔNICO E GEOLOGIA REGIONAL	23
2.1. INTRODUÇÃO.....	23
2.2. SÍNTESE SOBRE AS FAIXAS MÓVEIS.....	27
2.2.1. Faixa Brasília	27
2.2.2. Faixa Ribeira	28
III. GEOLOGIA LOCAL.....	30
3.1. ESTRATIGRAFIA	31
3.1.1. Granitóide Rio do Amparo.....	31
3.1.2. Fortaleza de Minas, rochas metaultramáficas.....	32
3.1.3. Complexo Lavras.....	34
3.1.4. Complexo Campos Gerais.....	35
3.1.5. Rochas metamáficas e anfibólitos	36
3.1.6. Rochas metaultramáficas	37
3.1.7. Unidade São Vicente	38
3.1.8. Complexo Varginha-Guaxupé	43
3.1.8.1. <i>Ortognaisse Elói Mendes</i>	43
3.1.8.2. <i>Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária</i>	45
3.1.8.3 <i>Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior</i>	46
3.1.9. Complexo São João da Mata.....	48
3.1.10. Charnockitóides sinorogênicos do orógeno Socorro-Guaxupé	51

3.1.11. Unidade Arantina.....	52
3.1.12. Complexo Petúnia	53
3.1.13. Depósitos aluvionares inconsolidados a semi-consolidados.....	54
3.2. METAMORFISMO	55
3.3. GEOLOGIA ESTRUTURAL	55
3.3.1 Fase de deformação D _B	56
3.3.2. Fase de deformação D _R	65
IV. GEOCRONOLOGIA	70
4.1. AMOSTRA RG-01 – Leucossoma Deformado	72
4.2. AMOSTRA RG-02 – Leucossoma Indeformado	73
4.3. AMOSTRA GX-284 – Hiperstênio granulito da Unidade Granulítica Basal	75
4.4. AMOSTRA GX-594 – Paragnaisse granadífero da Unidade São Vicente	78
4.5. DISCUSSÃO DOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS.....	81
V. ARTIGO	86
VI. CONCLUSÕES.....	117
VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXOS	124

Lista de Figuras

FIGURA 1.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO À FOLHA GUAXUPÉ A PARTIR DE BELO HORIZONTE.	16
FIGURA 1.2. DOMÍNIOS I, II E III, SUBDIVIDINDO ÁREAS COM ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS SEMELHANTES.	20
FIGURA 1.3. GX134, SERRA DA BABILÔNIA, LOCALIZADA NA PORÇÃO CENTRAL DA FOLHA MAPEADA	20
FIGURA 1.4. NR1206, PAISAGEM REPRESENTANDO O DOMÍNIO GEOMORFOLÓGICO II, NA FOLHA NOVA RESENDE	20
FIGURA 1.5. A) GX102 E B) GX321, INSELBERGS DE ARENITO LOCALIZADOS NO NOROESTE DA FOLHA MAPEADA	21
FIGURA 2. 1. MAPA DOS CRÁTONS E FAIXAS MÓVEIS DURANTE A ABERTURA DO GONDWANA.....	24
FIGURA 2. 2. MAPA GEOLÓGICO DA ZONA DE INTERFERÊNCIA ENTRE AS FAIXAS MÓVEIS BRASÍLIA E RIBEIRA	25
FIGURA 2. 3. MAPA GEOLÓGICO REGIONAL MODIFICADO DE TROUW <i>ET AL.</i> , (2013)	26
FIGURA 3. 1. MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA REGIÃO DO CONTATO BASAL DA <i>NAPPE</i> GUAXUPÉ.....	310
FIGURA 3. 2. FEIÇÕES MACROSCÓPICAS DA UNIDADE GRANITÓIDE RIO DO AMPARO.	31
FIGURA 3. 3. FEIÇÕES MICROSCÓPICAS DA UNIDADE GRANITÓIDE RIO DO AMPARO	31
FIGURA 3. 4. FEIÇÕES MACROSCÓPICAS DA UNIDADE FORTALEZA DE MINAS.	32
FIGURA 3. 5. FEIÇÕES MICROSCÓPICAS DA UNIDADE FORTALEZA DE MINAS, COM NICÓIS CRUZADOS.....	33
FIGURA 3. 6. ASPECTO GERAL DO COMPLEXO LAVRAS	34
FIGURA 3. 7. ASPECTO MICROSCÓPICO DO GRANITÓIDE DO COMPLEXO LAVRAS, COM NICÓIS DESCRUZADOS (A) E CRUZADOS (B).....	34
FIGURA 3. 8. FEIÇÃO MACROSCÓPICA DO ORTOGNAISSE BANDADO DO COMPLEXO CAMPOS GERAIS. COLORAÇÃO CINZA A ESVERDEADA E TEXTURA MILONÍTICA -	35
FIGURA 3. 9. FOTOMICROGRAFIA DO ORTOGNAISSE DA UNIDADE CAMPOS GERAIS. TEXTURA GRANOBLÁSTICA COM ESTRUTURAS MILONÍTICAS.	35
FIGURA 3. 10. FOTOMICROGRAFIA DO ANFIBOLITO DE GRANULAÇÃO MÉDIA A GROSSA COM TEXTURA CAÓTICA.....	36
FIGURA 3. 11. FOTOMICROGRAFIA MOSTRANDO GÊMEO DE ANFIBÓLIO COM BIOTITA, FORMANDO A COMPOSIÇÃO MÁFICA DOS ANFIBOLITOS.....	36
FIGURA 3. 12. FOTOMICROGRAFIA DE XISTO ALTAMENTE DEFORMADO DA UNIDADE ROCHAS METAULTRAMÁFICAS.	37
FIGURA 3. 13. MODO DE OCORRÊNCIA DAS ROCHAS METAULTRAMÁFICAS: CAMPO DE BLOCOS.	37
FIGURA 3. 14. PONTO NR1215, PARAGNAISSE DA UNIDADE SÃO VICENTE COM BANDAMENTO PARCIALMENTE MILONITIZADO COM PORFIROCLASTOS DE FELDSPATO ROTACIONADOS.	38
FIGURA 3. 15. NR1280, ASPECTO GERAL DO PARAGNAISSE, MEDIANAMENTE INTEMPERIZADO E COM O BANDAMENTO BEM DEFINIDO. UTM	39
FIGURA 3. 16. PARAGNAISSE DA UNIDADE SÃO VICENTE COM GRANADAS MILIMÉTRICAS DISPERSAS NA ROCHA..	39
FIGURA 3. 17. FOTOMICROGRAFIA DO XISTO DA UNIDADE SÃO VICENTE. LÂMINA GX502.	41
FIGURA 3. 18. FOTOMICROGRAFIA DO XISTO DA UNIDADE SÃO VICENTE MOSTRANDO GRANADA PARCIALMENTE ALTERADA PARA BIOTITA NA LÂMINA GX502, SUGERINDO PROCESSO DE RETROMETAMORFISMO.....	41

FIGURA 3. 19. FOTOMICROGRAFIA DO XISTO DA UNIDADE SÃO VICENTE MOSTRANDO RIBBONS DE QUARTZO ESTIRADOS NA LÂMINA GX314.	41
FIGURA 3. 20. QUARTZITO GX300, UNIDADE SÃO VICENTE. QUARTZITO COM QUARTZO MUITO BEM RECRISTALIZADO E ORIENTADO EM FITAS.	42
FIGURA 3. 21. GX277, ASPECTO GERAL DO GRANULITO.	43
FIGURA 3. 22. BLOCO DE GNAISSE DA UNIDADE ORTOGNÁISSICA MIGMATÍTICA INTERMEDIÁRIA.	44
FIGURA 3. 23. HORNBLENDA-BIOTITA-ORTOGNAISSE MILONÍTICO DE GRANULAÇÃO MÉDIA NO PONTO NR 392.	44
FIGURA 3. 24. FOTOMICROGRAFIA DA UNIDADE PARAGNÁISSICA MIGMATÍTICA SUPERIOR MOSTRANDO TEXTURA PREDOMINANTEMENTE GRANOBLÁSTICA.	45
FIGURA 3. 25. FOTOMICROGRAFIA DA UNIDADE PARAGNÁISSICA MIGMATÍTICA SUPERIOR MOSTRANDO TEXTURA PREDOMINANTEMENTE GRANOBLÁSTICA.	46
FIGURA 3. 26. A) HORNBLENDA-BIOTITA GNAISSE MIGMATÍTICO METATEXÍTICO COM TEXTURA ESTROMÁTICA DO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA. B) DETALHE DAS BANDAS, MOSTRANDO NEOSSOMA OCELAR DENTRO DAS BANDAS MÁFICAS. .	47
FIGURA 3. 27. A) HORNBLENDA-BIOTITA GNAISSE MILONÍTICO À ESQUERDA (PALEOSSOMA) E LEUCOSSOMA ROSADO DO NEOSSOMA À DIREITA DO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA.	48
FIGURA 3. 28. A) DETALHE DO GNAISSE MIGMATÍTICO COM TEXTURA OFTÁLMICA E ESTROMÁTICA. B) GNAISSE MIGMATÍTICO AVERMELHADO DO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA.	48
FIGURA 3. 29 FOTOMICROGRAFIA DO ANF-BT GNAISSE DO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA.	48
FIGURA 3. 30. A) DIATEXITO COM TEXTURA NEBULÍTICA QUE GRADA PARA O GRANITOIDE DA UNIDADE SERRA DA ÁGUA LIMPA). B) DETALHE DE CRISTAIS DE GRANADA DE GRANULAÇÃO FINA NO LEUCOSSOMA DO SERRA DA ÁGUA LIMPA.	49
FIGURA 3. 31. FOTOMICROGRAFIA DO GRN-BT GNAISSE REPRESENTANTE DA PORÇÃO MAIS ALUMINOSA DO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA.	49
FIGURA 3. 32. FOTOMICROGRAFIAS DA UNIDADE CHARNOCKITOIDES SINOROGÊNICOS DO ORÓGENO SOCORRO-GUAXUPÉ COM CRISTAIS DE QUARTZO ESTIRADOS SEGUNDO A FOLIAÇÃO.	50
FIGURA 3. 33. FOTOMICROGRAFIAS DA UNIDADE CHARNOCKITÓIDES SINOROGÊNICOS DO ORÓGENO SOCORRO-GUAXUPÉ MOSTRANDO TEXTURA GRANOBLÁSTICA A GRANOLEPIDOBLÁSTICA.	50
FIGURA 3. 34. A) GNAISSE INTEMPERIZADO DA UNIDADE ARANTINA, DE GRANULAÇÃO GROSSA. B) BANDAMENTO CARACTERÍSTICO DA UNIDADE ARANTINA.	51
FIGURA 3. 35. FOTOMICROGRAFIA DO GNAISSE QUARTZOSO DA UNIDADE ARANTINA.	51
FIGURA 3. 36. ASPECTO MACROSCÓPICO TÍPICO DO COMPLEXO PETUNIA.	52
FIGURA 3. 37. FOTOMICROGRAFIA DO ANFIBOLITO DO COMPLEXO PETÚNIA COM TITANITA.	52
FIGURA 3. 38. RELAÇÃO ENTRE SB1 E SB2 EM FOTOMICROGRAFIA DO XISTO DA UNIDADE SÃO VICENTE.	55
FIGURA 3. 39. MAPA ESTRUTURAL DA REGIÃO SETENTRIONAL DA NAPPE GUAXUPÉ, BASEADO NOS MAPAS GEOLÓGICOS DAS FOLHAS GUAXUPÉ, NOVA RESENDE, CALDAS E POÇOS DE CALDAS.	566
FIGURA 3. 40. PERFIL B-B', QUE CORTA AS VÁRIAS UNIDADES DA ÁREA MAPEADA.	57
FIGURA 3. 41. A) BANDAMENTO BEM MARCADO NA ROCHA, DADO POR MINERAIS MICÁCEOS E ORIENTADOS. B) LINEAÇÃO DE ESTIRAMENTO MINERAL EM BIOTITA, PIROXÊNIO E ANFIBÓLIO.	57

FIGURA 3. 42. A) BANDAMENTO GNÁISSICO COMPOSICIONAL, EVIDENCIADO PELO INTEMPERISMO. B) FOLIAÇÃO S_{B2} MARCADA PELA ORIENTAÇÃO DE BIOTITAS, PIROXÊNIOS E ANFIBÓLIOS EM GRANITÓIDE	58
FIGURA 3. 43. ESTEREOGRAMA DE CONTORNO DE PONTOS POLARES DAS FOLIAÇÕES S_{B2} (ESQUERDA) E DE CONTORNO DE PONTOS POLARES DAS LINEAÇÕES L_{B2} (DIREITA).	59
FIGURA 3. 44. ESTEREOGRAMA DE CONTORNO DE PONTOS POLARES DAS FOLIAÇÕES MILONÍTICA NA REGIÃO SETENTRIONAL DA NAPPE GUAXUPÉ.	59
FIGURA 3. 45. A) PROTOMILONITO DO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA B) MILONITO DO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA 60	
FIGURA 3. 46. A) MILONITO DO LADO ESQUERDO E NEOSSOMA DO LADO DIREITO NO COMPLEXO GNÁISSICO SÃO JOÃO DA MATA. B) MILONITO DO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA.....	60
FIGURA 3. 47. A) LINEAÇÃO MARCANTE DADA POR CRISTAIS DE QUARTZO ESTIRADOS EM FITA N. B) QUARTZO ESTIRADO EM FITAS EM FOTOMICROGRAFIA COM NICÓIS CRUZADOS EM GNAISSE	61
FIGURA 3. 48. STEPS DE FALHA COM MOVIMENTAÇÃO DE TOPO PARA NNE E LINEAÇÃO MINERAL OBLÍQUA, INDICANDO MOVIMENTO TRANSPRESSIVO NA BASE DA NAPPE GUAXUPÉ.	62
FIGURA 3. 49. A) E B) DOBRAS FECHADAS NA UNIDADE MIGMATÍTICA DO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA C) DOBRA MÉTRICA ISOCLINAL INCLINADA D) DOBRA ASSIMÉTRICA NA UNIDADE SÃO VICENTE.....	62
FIGURA 3. 50. A) DOBRA FECHADA COM ZONA DE CISALHAMENTO NO ROMPIMENTO DO FLANCO NO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA. B) DETALHE DA ZONA DE CISALHAMENTO NO ROMPIMENTO DO FLANCO	63
FIGURA 3. 51. MAPA ESTRUTURAL SIMPLIFICADO DA BASE DA NAPPE GUAXUPÉ..	64
FIGURA 3. 52. MILONITO COM FOLIAÇÃO ANASTOMOSADA ENVOLVENDO PORFIROCLASTOS DE FELDSPATO.	665
FIGURA 3. 53. PERFIL A-A' DA ZONA DE CISALHAMENTO DESTAL TIPO II.....	65
FIGURA 3. 54. PORFIROCLASTO ASSIMÉTRICO TIPO DELTA FRAGMENTADO TIPO DOMINÓ	67
FIGURA 4. 1. FÁCIES LEUCOSSOMA SIN-DEFORMACIONAL DO COMPLEXO SÃO JOÃO DA MATA.	710
FIGURA 4. 2. DIAGRAMA CONCÓRDIA WETHERILL DA AMOSTRA RG-01 PARA TODOS OS GRÃOS DE ZIRCÃO.	71
FIGURA 4. 3. DIAGRAMA CONCÓRDIA WETHERILL DA AMOSTRA RG-01 PARA TODOS OS GRÃOS DE MONAZITA.	71
FIGURA 4. 4. IMAGENS DE CATODOLUMINESCÊNCIA DE GRÃOS DE MONAZITA DA AMOSTRA RG01.....	732
FIGURA 4. 5. DIAGRAMA CONCÓRDIA WETHERILL DA AMOSTRA RG-02 PARA TODOS OS GRÃOS DE ZIRCÃO	73
FIGURA 4. 6. DIAGRAMA CONCÓRDIA WETHERILL DA AMOSTRA RG-02 PARA TODOS OS GRÃOS DE MONAZITA	73
FIGURA 4. 7. IMAGENS DE CATODOLUMINESCÊNCIA DE GRÃOS DE MONAZITA DA AMOSTRA RG02.....	734
FIGURA 4. 8. HIPERSTÊNIO GRANULITO DA UNIDADE GRANULÍTICA BASAL DO COMPLEXO VARGINHA-GUAXUPÉ NO AFLORAMENTO ANALISADO	75
FIGURA 4. 9. IMAGENS DE CATODOLUMINESCÊNCIA DOS GRÃOS UTILIZADOS.....	76
FIGURA 4. 10. DIAGRAMA CONCÓRDIA WETHERILL DA AMOSTRA GX-284 PARA TODOS OS GRÃOS DE ZIRCÃO	77
FIGURA 4. 11 PARAGNAISSE GRANADÍFERO DA UNIDADE SÃO VICENTE NO AFLORAMENTO DATADO.....	77
FIGURA 4. 12. IMAGENS DE CATODOLUMINESCÊNCIA E ELÉTRONS SECUNDÁRIOS DE GRÃOS DE ZIRCÃO DA AMOSTRA GX-594.	79

FIGURA 4. 13. HISTOGRAMA DE IDADES U-Pb DE GRÃOS DETRÍTICOS DE ZIRCÃO, COM INDICAÇÃO DA CURVA DE DISTRIBUIÇÃO DOS PICOS DE PROBABILIDADE PARA A AMOSTRA GX-594. 80

FIGURA 4. 14. ACIMA À ESQUERDA, GRÁFICO COM DADOS P-T COMPILADOS; À DIREITA, GRÁFICO COM ESTIMATIVA DE PROFUNDIDADE BASEADA EM DADOS P-T COMPILADOS ASSOCIADO AOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS OBTIDOS NESTA DISSERTAÇÃO; ABAIXO, DADOS GEOCRONOLÓGICOS OBTIDOS; O ESTEREOGRAMA MOSTRA A ORIENTAÇÃO PREFERENCIAL DA EXUMAÇÃO DA NAPPE. 85

Lista de Tabelas

Tabela 1 17

Tabela 2 84

Tabela 3 85

Lista de Anexos

Mapa 1- Mapa geológico da folha Guaxupé	134
Mapa 2 - Mapa geológico da folha Nova Resende	135
Mapa 3- Mapa geológico das folhas Caldas e Poços de Caldas	136
Tabela a1- Resultados analíticos dos zircões analisados da amostra GX284	138
Tabela a2- Resultados analíticos dos zircões analisados da amostra GX594	141
Tabela a3- Resultados analíticos dos zircões analisados da amostra RG01.....	146
Tabela a3- Resultados analíticos dos zircões analisados da amostra RG02.....	149

Resumo

O Terreno Guaxupé é considerado como uma das *nappes* desenvolvidas na porção sul da Faixa Brasília (sudoeste do Brasil) durante a orogenia Brasileira no neoproterozóico. Dois eventos colisionais (ca. 794 e ca. 630-610 Ma) formaram um sistema de empilhamento por deformação de casca fina, desenvolvendo um sinclinal aberto com caimento para ENE. Esse sistema compreende ortognaisses e paragnaisses com metamorfismo crescente para oeste, alcançando fácies anfíbolito alto a granulito (charnockitos). Nós executamos uma análise estrutural detalhada assim como análises U-Pb (LA-ICP-MS) em zircões e monazitas de rochas da rampa lateral da *nappe* Guaxupé, demonstrando uma deformação transpressiva ao longo do flanco de 80 km de extensão. Nossos zircões de 614 ± 3 , 580 ± 7 e 591 ± 22 Ma e monazitas de 608 ± 5 e 595 ± 4 Ma combinados a dados geotermobarométricos compilados sugerem uma taxa de exumação para a *nappe* Guaxupé de 0,5 km/Ma, começando seu movimento entre 15 e 18 km de profundidade na crosta, de 615 Ma a 595 Ma.

PALAVRAS-CHAVE: Geocronologia U-Pb, exumação de *nappe*, *Nappe* Guaxupé, Faixa Brasília

Abstract

The Guaxupé terrain has been considered to be one of the thrust nappes developed in the southern Brasília belt (southeastern Brazil), during the Neoproterozoic Brasiliano orogeny. Two Brasiliano collisional events (ca. 794 Ma and ca. 630-610 Ma) formed a thin-skinned deformation, piled up structural system that makes up an ENE-plunging open syncline. This system comprises orthogneisses and paragneisses, showing increasing metamorphism towards west where high amphibolite to granulite facies (charnockites) are found. We carried out a detailed structural analysis, as well as U-Pb (LA-ICP-MS) analysis on zircon and monazite from rocks of a lateral ramp of the Guaxupé nappe, showing transpressive deformation along a flank 80 km length. Our 614 ± 3 , 580 ± 7 and 591 ± 22 Ma zircons and 608 ± 5 and 595 ± 4 Ma monazites data combined with compiled geothermobarometric data suggest an exhumation rate of 0.5 km/Ma for the Guaxupé nappe, starting between 15 km and 18 km deep in the crust, from ca. 615 Ma to ca. 595 Ma.

KEYWORDS: U-Pb geochronology, nappe exhumation, Guaxupé nappe, Brasília Belt.

I. INTRODUÇÃO

Esta dissertação de mestrado engloba a sucessão do sistema de *nappes* que ocorre no setor meridional da Faixa Brasília, próximo à região limítrofe com a Faixa Ribeira. O mestrado se deu como continuidade de alguns trabalhos de mapeamento das folhas Guaxupé e Nova Resende, escala 1:100.000, que o autor realizou na região (em anexo).

Os trabalhos de campo e despesas laboratoriais, bem como viagens do autor e orientador para realização de análises em laboratório brasileiro (Laboratórios de Geocronologia U-Pb LA-ICP-MS da UFOP), foram custeados pelos contratos CODEMIG-UFMG do PROGRAMA FRONTEIRAS DE MINAS e pelo Laboratório de Geotectônica do CPMTC-UFMG, coordenados pelo co-orientador (A. C. Pedrosa-Soares). A bolsa de mestrado do autor foi concedida pela FAPEMIG.

1.1 NATUREZA DO PROBLEMA

A estruturação e a cinemática de superestruturas tais como a nappe Socorro-Guaxupé são alvos de diversos estudos realizados desde o século XIX e até hoje são alvo de discussões. Nesse contexto, o sistema de empurrões e transcorrências da região sul do orógeno Brasília é de grande importância para o entendimento da geotectônica pré-cambriana da região.

A Faixa Brasília Meridional está situada entre os crátons do São Francisco e Paranapanema sendo parcialmente coberta pelos sedimentos da Bacia do Paraná. Foi colocada na configuração atual principalmente por duas colisões neoproterozóicas: a primeira entre os paleocontinentes Paranapanema e São Francisco e a mais recente entre os paleocontinentes Congo, Kalahari e São Francisco.

A região de estudo inclui domínios estruturais distintos nos quais, majoritariamente, têm-se um sistema de deformação de casca fina com a *Nappe* Socorro-Guaxupé ocupando grande parte da área e moldando um sinclinal suave aberto. A base do sistema de *nappes*, transportada rumo a leste sobre o embasamento cristalino, é marcada por uma deformação de crosta grossa, incluindo as zonas de cisalhamento existentes (Campo do Meio e Ouro Fino). As rampas frontais com empilhamento para leste-nordeste são grandes

sinformais com flancos atuando como rampas laterais e oblíquas ao movimento das *nappes*, como a Socorro-Guaxupé. Há um grande componente transcorrente nestas rampas laterais, formando zonas de cisalhamento transpressivas de dimensões regionais, como a zona que baliza o contato entre a base da *nappe* Guaxupé e o topo da *nappe* Andrelândia.

1.2. OBJETIVOS

Com o avanço dos estudos na região abrem-se algumas questões a respeito da *Nappe* Guaxupé: a) Qual a taxa de arrefecimento do sistema após o seu deslocamento até a configuração atual?; b) As estruturas de alto ângulo e elevado grau metamórfico indicam que a base da *Nappe* foi exumada na forma de lasca tectônicas?; c) Como estão distribuídas as tensões e a foliação ao redor do contato basal da *nappe*?; d) Qual a trajetória Pressão-Temperatura-tempo do sistema durante a exumação da *nappe*?; e) Qual a taxa de exumação da *Nappe* Guaxupé?

Tendo como base o cenário acima descrito, o objetivo desta dissertação é caracterizar e descrever o contato basal da *Nappe* Guaxupé, a fim de meditar e responder às questões propostas, contribuindo assim para o melhor entendimento geotectônico da Faixa Brasília Meridional.

1.3. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área estudada está localizada na borda sudoeste do estado de Minas Gerais e possui como principais centros urbanos as cidades de Poços de Caldas, Guaxupé e Alfenas. Dista da capital Belo Horizonte de aproximadamente 450 km, e o acesso a ela pode ser realizado pela MG050. Após o município de Capitólio, segue-se pela rodovia MG446 até a cidade de Guaxupé. Outro acesso pode ser feito a partir da capital pela BR381 (Fernão Dias) e seguindo pela BR491 na cidade de Alfenas. A Figura 1.1 mostra a localização da área assim como a principal rodovia de acesso.

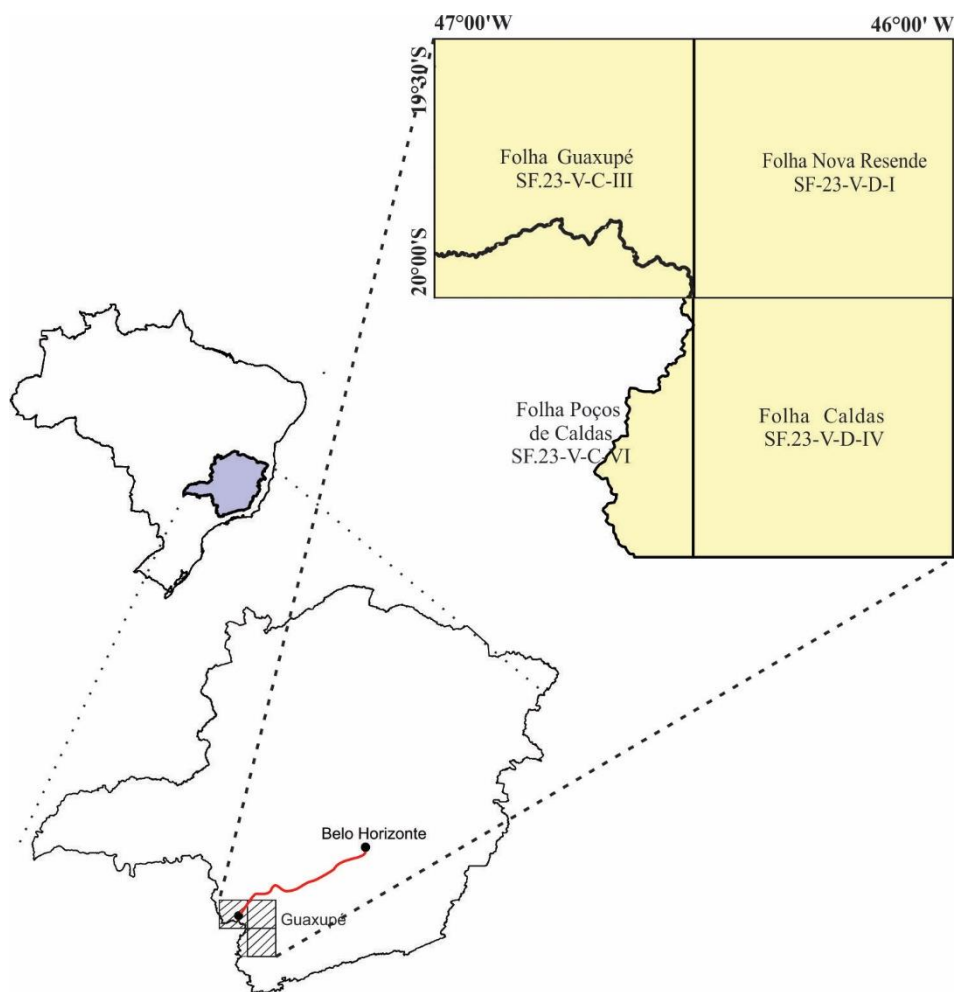


Figura 1.1. Localização e acesso à folha Guaxupé, parte da área de estudo, a partir de Belo Horizonte.

1.4. METODOLOGIA

O estudo realizado se desenvolveu através de trabalhos de pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo e trabalhos de laboratório, apresentados a seguir.

1.4.1. Revisão bibliográfica

O trabalho se iniciou com a uma extensa revisão e consulta bibliográfica de trabalhos que se relacionam com o tema pesquisado. Assim foi reunido grande parte do conhecimento necessário para a dissertação, dentre eles a geologia da região, seu arcabouço geotectônico e modelos de evolução já propostos, e métodos gerais de datação.

Nessa fase também se reuniu todo o material topográfico, de imagens aéreas, de radar e de geofísica a serem consultados e utilizados na pesquisa ao longo seu desenvolvimento. O material foi provido pela Equipe do

Laboratório de Mapeamento Geológico Digital MGD/CPMTC como parte integrante do Projeto Fronteira de Minas, parceria CODEMIG/UFMG.

1.4.2. Trabalhos de campo e coleta de amostras

O trabalho de campo realizado consistiu no mapeamento geológico básico das folhas Guaxupé, Nova Resende, Caldas e Poços de Caldas e foi realizado em oito etapas de campo durante o ano de 2013, nas quais foram descritas 2517 estações de campo e 256 amostras foram colhidas para estudos de petrologia, petrografia, geocronologia e de isótopos.

As folhas topográficas utilizadas como apoio para as etapas de campo foram **Alpinópolis** (CPRM 2007, SF-23-V-B-V, escala 1:100.000), **Guapé** (CPRM 2007, SF-23-V-B-IV, escala 1:100.000) e **Varginha** (CPRM 2008, SF-23-V-D-VI, escala 1:100.000).

1.4.3. Trabalhos de laboratório

Análises Petrográficas

A partir das amostras coletadas, 78 lâminas delgadas foram confeccionadas e descritas em microscópio binocular ZEISS (Axioskop 40) objetivando a caracterização detalhada dos litotipos com base nas feições texturais e composição mineralógica, além das suas respectivas paragêneses e microestruturas associadas. Os critérios adotados para nomenclatura e classificação de rochas foram feitos com base em estimativas modais visuais segundo Streckeisen (1976) e as abreviações dos nomes dos minerais nas fotomicrografias seguem Whitney and Evans (2010) e foram sumarizadas na Tabela 1:

Tabela 1: Abreviações dos nomes dos minerais nas fotomicrografias segundo Whitney and Evans (2010).

Nome	Abreviação	Nome	Abreviação
Anfibólio	Amp	Ortopiroxênio	Opx
Biotita	Bt	Plagioclásio	Pl
Granada	Grt	Quartzo	Qz
Hornblenda	Hbl	Sericita	Ser
Muscovita	Ms	Titanita	Ttn

Análises Geocronológicas - Método U-Pb LA-ICP-MS

Na análise geocronológica empregou-se o método de datação U/Pb (LA-ICP-MS) em zircões (amostras GX284 e GX594) e monazitas (amostras RG1 e RG2). Os cristais de zircão pertencem ao gnaiss granulito charnockítico da *nappe* Guaxupé e ao paragnaisse na fácies anfibolito alto da *nappe* Andrelândia. Os processos de britagem, lavagem e secagem dos 10kg de cada amostra foram realizados no Laboratório de Preparação de Amostras do CPMTC-UFMG, de acordo com os procedimentos convencionais.

Em seguida as amostras foram enviadas para o laboratório MULTILAB da Universidade Estadual do Rio de Janeiro e foi feita a moagem, peneiramento e concentração da fração entre 80# a 120#. A partir do concentrado de minerais é feita a remoção dos minerais magnéticos através de um ímã e deposição no separador magnético tipo *Frantz* onde ocorrem a dissociação da fração mais magnética da menos magnética. A fração menos magnética foi então submetida a um processo de decantação dos minerais pesados, por meio de um líquido denso (Bromofórmio 2,85g/cm³). Do material resultante foi feita a separação manual de 292 cristais de zircão e 116 cristais de monazita com auxílio de lupa óptica binocular.

Os grãos separados foram montados em duas seções circulares de epóxi com 2,5 cm de diâmetro e polidos até ficarem expostos, em seguida foram recobertos por uma película de carbono para obtenção de imagens de elétrons retroespalhados e secundários por catodoluminescência (CL) utilizando microscópio eletrônico de varredura MEV no laboratório MULTILAB da UERJ. Os *mounts* foram lavados para a retirada da cobertura de carbono e novamente metalizados, desta vez com ouro, para a realização das análises U-Pb em LA-MC-ICP-MS.

Duzentos e noventa e dois diferentes grãos de zircão e cento e desesseis diferentes grãos de monazita foram analisados na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), usando um ICP-MS *sector field* da *Thermo-Finnigan Element 2* acoplado a um sistema de laser + G2 CETAC LSX-213. Como material de referência primário, utilizou-se o zircão M127 (Klotzli *et al.*, 2009) e para controle de qualidade, utilizou-se, como padrão secundário, o

zircão *Plešovice* (Sláma *et al.* 2008). Os dados de sinal de tempo resolvido foram processados usando o software *Glitter* (Van Achterbergh *et al.*, 2001).

As incertezas associadas às razões apresentadas nas tabelas de dados são de 2σ , em porcentagem. As idades foram calculadas utilizando o programa **ISOPLOT 4.15** (Ludwig, 2008), para o cálculo das idades foram selecionados os cristais com teor de chumbo comum inferior a 0.5%, discordância abaixo de 20%, erros das razões individuais inferiores a 8%, e aqueles cuja concordância não estava no intervalo entre 95 e 105%. O detalhamento da metodologia analítica pode ser obtido em Chemale *et al.* (2012).

1.5. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Devido à importância da fisiografia na análise geológico/estrutural, convém uma introdução que habitue o leitor ao relevo da região. A área pode ser subdividida em três domínios geomorfológicos, denominados I, II e III, mostrados na Figura 1.2.

O domínio I é o mais abrangente dentre os três e está localizado nas porções norte, noroeste e centro-sul. Possui topografia mais elevada e escarpada, principalmente na porção norte com as serras do Caipora, da Babilônia (Figuras 1.3), dos Alves, Zundum e dos Resendes. Há predomínio de padrão de drenagem dendrítico, passando a retangular em zonas de cota mais elevada.

O domínio II compreende grande parte da região leste, além do sudoeste e centro da área estudada. Forma terrenos mais arrasados, com morfologia de morros suaves e dissecados por drenagens mais expressivas, como as do Ribeirão Macaúbas e do Rio Muzambinho (Figura 1.4). Tais rios desenvolvem padrão de drenagem paralelo, encaixados em grandes zonas de cisalhamento de expressão regional; *e.g.* Zona de Cisalhamento basal da *Nappe* Guaxupé (*trend* ESE, na porção nordeste da área).

O domínio III está situado a norte da cidade Monte Santo de Minas, no extremo noroeste da Figura 1.2, e possui pequena expressão na área mapeada. É importante destacá-lo devido à grande diferença dos demais domínios. As rochas da bacia do Paraná dão forma ao relevo desse domínio,

que compreende extensos platôs de derrame basáltico, e por vezes *inselbergs* de rochas sedimentares, com desníveis de dezenas de metros (Figura 1.5).

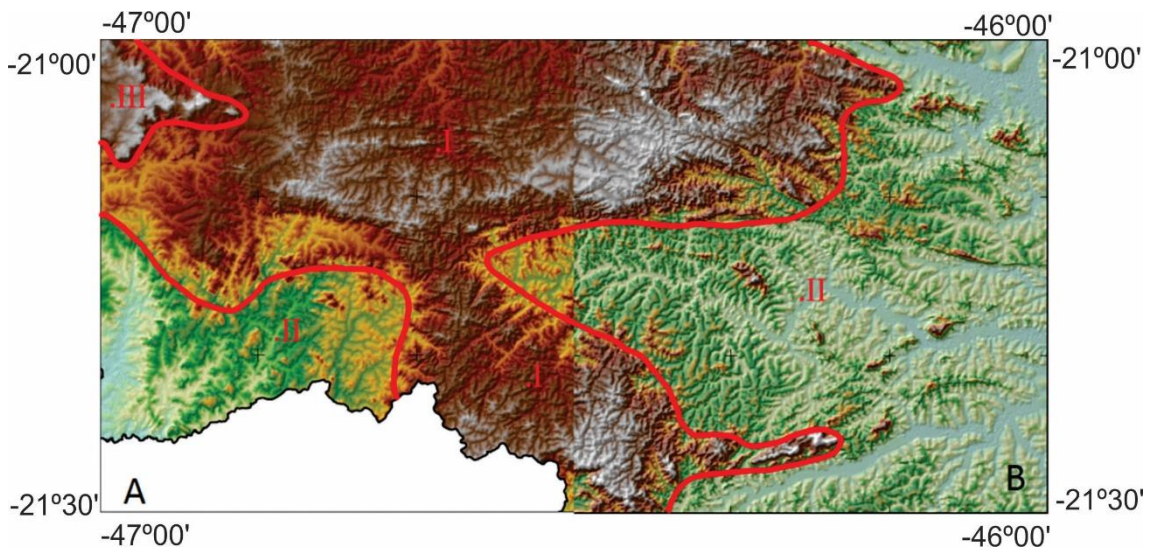


Figura 1.2. Domínios I, II e III, subdividindo áreas com aspectos geomorfológicos semelhantes. Imagens de Modelo Digital de Terreno das folhas Guaxupé (A) e Nova Resende (B).



Figura 1.3. GX134, UTM 305235/7673647 – Serra da Babilônia, localizada nas proximidades da cidade de Guaranésia, representando parte do domínio geomorfológico I. Visada para nordeste



Figura 1.4. NR1206, paisagem representando o domínio geomorfológico II, na folha Nova Resende. Visada para sul.



Figura 1.5. A) GX102, UTM 302903/7662047, e B) GX321, UTM 307572/7669017, inselbergs de arenito localizados no noroeste da folha Guaxupé, representando o domínio geomorfológico III.

1.6 TRABALHOS PUBLICADOS

A presente dissertação de mestrado se desenvolveu apoiada na publicação de trabalhos em congressos e culminou com a confecção de um artigo submetido ao periódico *Brazilian Journal of Geology* (capítulo V). Durante o período da dissertação o autor desenvolveu trabalhos associados ao tema da dissertação que se encontram listados a seguir:

- Participação e apresentação de trabalhos no 47º Congresso Brasileiro de Geologia: “MAPEAMENTO GEOLÓGICO 1:100.000 DA FOLHA GUAXUPÉ (SF.23-V-C-III), SUDOESTE DE MINAS GERAIS” como autor e “GEOLOGIA DA REGIÃO COMPREENDIDA PELAS FOLHAS NOVA RESENDE, E EXTREMA (1:100.000), MG” e “MAPEAMENTO GEOLÓGICO ESCALA 1:100.000 DA FOLHA NOVA RESENDE (SF-23-V-D-I), MG” como co-autor;
- Elaboração dos mapas e dos relatórios das Folhas Guaxupé (CODEMIG 2014, SE-23-V-C-III, escala 1:100.000) e Nova Resende (CODEMIG 2014, SF-23-V-D-I, escala 1:100.000).

1.7. ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Esta dissertação de mestrado é composta por 7 capítulos, descritos sucintamente a seguir, além dos anexos.

Capítulo I. Introdução: apresenta ao leitor a área estudada, um panorama da geologia da região e da *Nappe* Guaxupé, os principais objetivos da dissertação assim como o roteiro metodológico utilizado para alcançá-los.

- Capítulo II.* Contexto Geotectônico e Geológico Regional: consiste na compilação e apresentação dos trabalhos anteriores acerca do arcabouço geotectônico e geológico da região da *Nappe* Guaxupé.
- Capítulo III.* Contexto Geológico Local: apresentação e discussão dos dados litológicos, petrográficos e estruturais obtidos no decorrer da pesquisa, relacionando-os com o mapa geológico produzido. Dado o foco da dissertação voltado à colocação/exumação da *Nappe* Guaxupé, há ênfase à seção de Geologia Estrutural.
- Capítulo IV.* Geocronologia: destinado a apresentação dos resultados das análises isotópicas e geocronológicas feitas na área de estudo, bem como a discussão das implicações destes dados. Quatro amostras foram selecionadas para análise U-Pb em zircão e monazita por LA-ICP-MS.
- Capítulo V.* Traz o artigo produzido, resultado da síntese da presente dissertação submetido ao “Brazilian Journal of Geology” intitulado “Structural analyses and U-Pb Zircon-Monazite Timing of Socorro-Guaxupé Nappe exhumation; Southern Brasilia Belt/Brazil”, cujo primeiro autor é o autor desta dissertação.
- Capítulo VI.* Conclusões: discute os dados obtidos durante esta pesquisa e mostra todas as conclusões do autor a partir das discussões apresentadas.
- Capítulo VII.* Referências bibliográficas: lista todas as referências bibliográficas consultadas para a dissertação e artigo.

II. CONTEXTO GEOTECTÔNICO E GEOLOGIA REGIONAL

2.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se uma compilação de trabalhos que abordam a definição, componentes geotectônicos e compartimentação tectônica adotados para a região da área estudada.

A região em questão aborda ampla complexidade tectônica bem caracterizada em diversos trabalhos de cunho regional (Ebert *et al.*, 1968, 1984, 1991; Almeida *et al.*, 1973, 1977, 1981, 2000; Alkmim *et al.*, 2001; Hasui *et al.*, 1975; Hasui, 1982; Ribeiro *et al.*, 1990, 2003; Heilbron *et al.*, 1990, 1993, 1995; Brito Neves & Cordani 1991; Campos Neto & Figueiredo 1995; Campos Neto *et al.*, 2004, 2007, 2011; Campos Neto 2000; Machado & Endo 1993; Trouw *et al.*, 1994, 2003, 2006, 2013; Peternel *et al.*, 2005; Paciullo *et al.*, 2003; Zuquim *et al.*, 2011; Heilbron *et al.*, 1994, 2000, 2003, Valeriano *et al.*, 2011). Trata-se de região fronteira entre duas Províncias Tectônicas individualizadas durante a assembléia gondwânica no evento Brasileiro (Figura 2.1), Província Tocantins (representada pela Faixa Brasília Meridional) e Província Mantiqueira (representada pela Faixa Ribeira), como mostrado na Figura 2. A colocação destas faixas se deu no Neoproterozóico, fruto de duas colisões consecutivas, a mais antiga entre os paleocontinentes Paranapanema e São Francisco gerando a Faixa Brasília, em tectônica de casca fina com transporte para ENE (Trouw *et al.*, 2003, 2006, 2013). Em seguida há a colisão entre os paleocontinentes Congo, Kalahari e São Francisco, individualizando a Faixa Ribeira sob tectônica de casca grossa, deformando e metamorfizando toda a sequência recém-posicionada da Faixa Brasília. A influência do tectonismo da colagem da Faixa Ribeira no Sistema Faixa Brasília/Cráton São Francisco recém-consolidado é progressiva rumo a sul (Trouw *et al.*, 2013; Peternel *et al.*, 2005 – Figura 2.3) na área de estudo.

Ribeiro *et al.* (1990) identificaram três domínios tectônicos pré-cambrianos para a região:

Domínio I - autóctone – representa a transição entre o antepaís do São Francisco e a porção autóctone da zona orogênica, com deformação progressiva de norte para sul.

Domínio II - alóctone – corresponde à sucessão de *nappes* e escamas empurradas com intensa deformação dúctil e transporte tectônico de topo para ENE, associadas à evolução da Faixa Brasília.

Domínio III - alóctone – zona de intensa interferência entre as Faixas Brasília e Ribeira. Trouw *et al.* (1994) interpretam o domínio II como continuidade meridional da Faixa Brasília e o domínio III como zona de interferência entre as faixas móveis Neoproterozóicas.

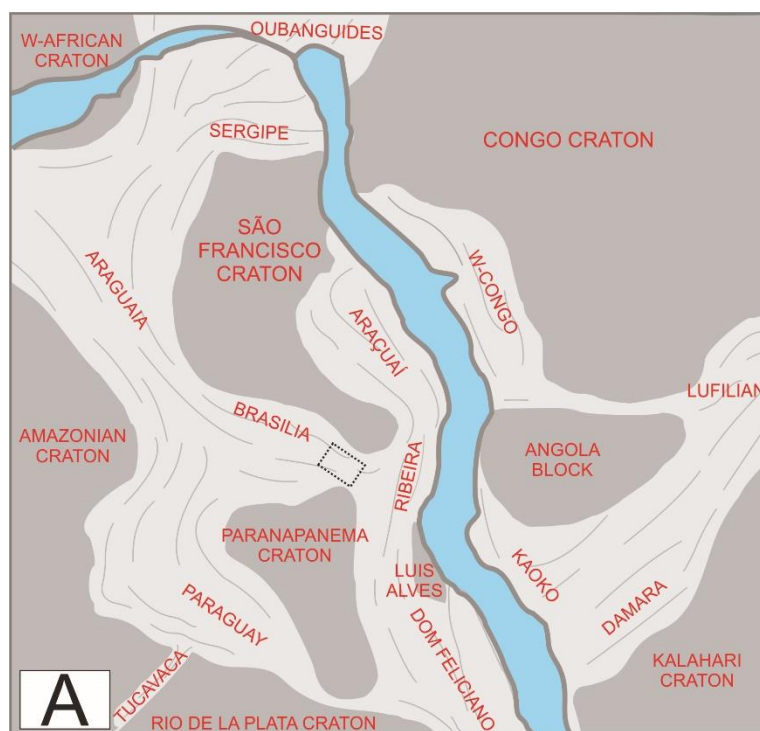


Figura 2. 1. Mapa dos crátons e faixas móveis durante a abertura do Gondwana. Região do contato basal da Nappe Guaxupé em destaque.

A área está majoritariamente inserida na zona limite entre os Domínios II e III, e a porção norte das Folhas Nova Resende e Guaxupé, mapeadas pelo autor desta dissertação, apresenta características associáveis ao Domínio I. Predomina um sistema de *nappes* frontais denominado *Nappe Socorro–Guaxupé* (Figura 2, Campos Neto *et al.*, 2000), que inclui gnaisses orto e paraderivados do embasamento Paleoproterozóico com menores ocorrências de rochas Arqueanas (Fetter *et al.* 2001). São seguidas assembleias de arco magmático, unidades vulcano-sedimentares e supracrustais mesoproterozóicas

seguindo a evolução geotectônica regional. Num primeiro estágio houve a edificação da Faixa Brasília, seguido pela colisão oblíqua da Faixa Ribeira. A síntese da geologia regional se completa com a contextualização das unidades locais no âmbito estratigráfico regional, em seguida aborda-se metamorfismo e estrutural.

2.2. SÍNTESE SOBRE AS FAIXAS MÓVEIS

2.2.1. Faixa Brasília

Pertencente à Província Tocantins, a Faixa Brasília tem extensão de mais de 1.000 km através dos estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins e Distrito Federal. A Faixa é limitada a leste pelo Cráton do São Francisco, a sul em interferência com a Faixa Ribeira, a sudoeste é recoberta pelas rochas sedimentares da Bacia do Paraná e a oeste pelo Maciço de Goiás.

A faixa apresenta vergência de transporte tectônico rumo ao Cráton São Francisco, e pode ser caracterizada por grande diversidade tectônica e litológica, assim como metamorfismo e estilo estrutural.

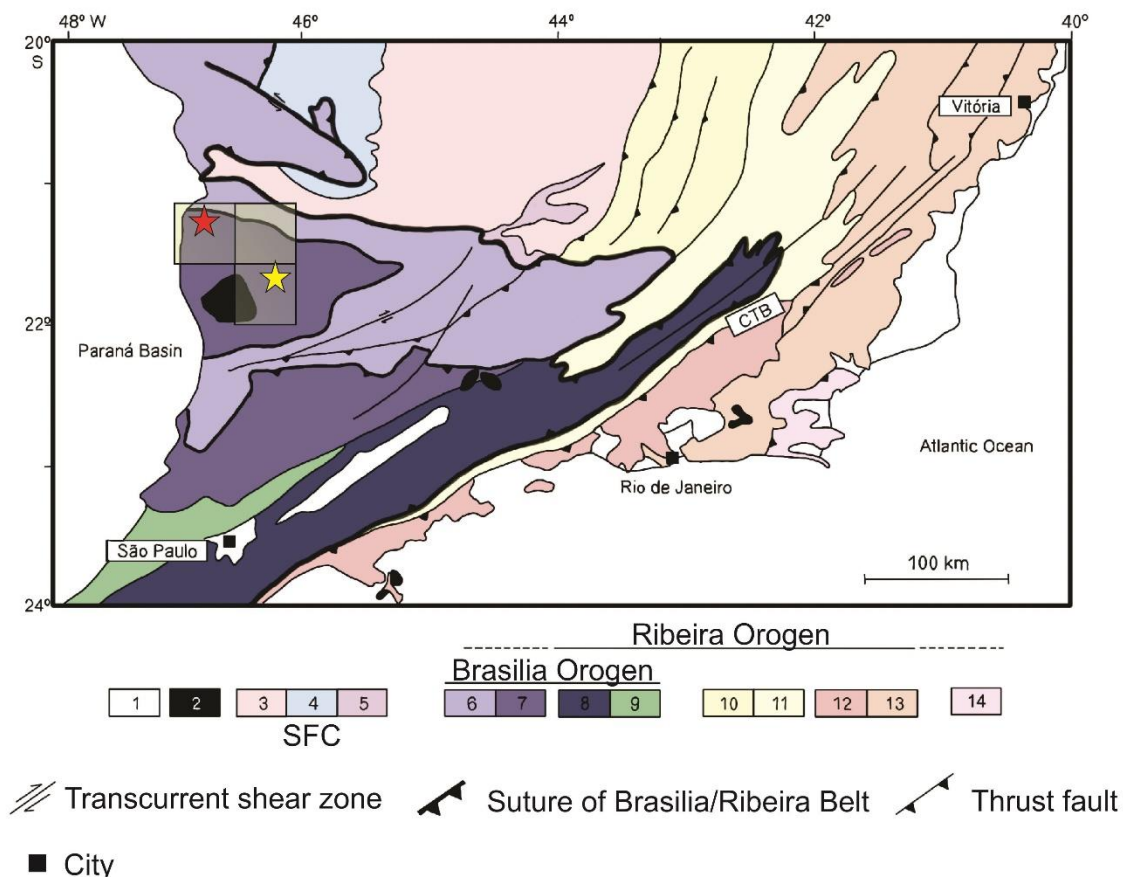


Figura 2.3. Mapa Geológico regional modificado de Trouw *et al.*, (2013), com destaque para a Nappe Socorro-Guaxupé. Área das folhas Nova Resende, Guaxupé, Caldas e Poços de Caldas

no polígono em destaque. As estrelas indicam a localização das amostras datadas: vermelha, amostras GX284 e GX594; amarela amostras RG01 e RG02. Legenda: 1. Bacia do Paraná, Bacia rift Cenozóica; 2. Plutons Alcalinos do Cretáceo Superior/Cenozoico; 3. Embasamento; 4: Cobertura (Grupo Bambuí); 5: Cobertura (rochas metassedimentares autóctonas e para-autóctonas); 6-9, Orógeno Brasília, 6: Sistema de *Nappes* Andrelândia e *Nappe* Passos; 7: *Nappe* Socorro-Guaxupé; 8: Terreno Embu-Paraíba do Sul; 9- Terreno Apiaí; 12-14, Orógeno Ribeira, 10: Domínio Externo; 11: Domínio Juiz de Fora; 12: Arco Rio Negro; 13: Terreno Oriental; 14: Terreno Cabo Frio.

A Faixa Brasília é dividida pela Megainflexão dos Pirineus em dois segmentos distintos, norte e sul, com cinemática geral própria (Uhlein *et al.*, 1995). No segmento sul ocorrem três zonas: interna, externa e cratônica (Fuck *et al.*, 1994) que contém o registro de dois eventos colisionais. O primeiro é representado por granodioritos e granitos com idade de cristalização em torno de 794 Ma (U-Pb em zircão; Pimentel *et al.*, 1992) e o segundo entre 630-610 Ma (Dardenne, 2000) que gerou empurrões para SE, granitogênese e metamorfismo com gradiente aumentando de leste para oeste, atingindo fácies anfíbolito alto e localmente nas zonas internas, fácies granulito. A zona cratônica é representada por parte do embasamento exposto e por coberturas fanerozóicas e pré-cambrianas. A zona externa é caracterizada por depósitos plataformais metamorfizados e estruturados em um cinturão de dobras e falhas de antepaís ainda com presença de resquícios de embasamento. Por fim, o domínio interno são depósitos de talude e melanges ofiolíticas.

As *nappes* da Faixa Brasília meridional representam o domínio interno, que foi exumado e colocado sobre o domínio externo. A região mapeada está inserida no lobo setentrional da *Nappe* Socorro-Guaxupé, aqui chamada de *Nappe* Guaxupé, que representa espessa lasca tectônica com idade Neoproterozóica que se assenta sobre o embasamento cristalino por meio de contato tectônico (Campos Neto & Caby, 2000).

2.2.2. Faixa Ribeira

Por não exercer significativa influência na área de estudo, a síntese da Faixa Ribeira é apresentada de maneira sucinta. Apresenta direção geral NE-SW com cerca de 1.400 km de extensão, transicionando a nordeste para a Faixa Araçuaí. Sua evolução está ligada à subducção para sudeste da paleoplaca sanfranciscana e posterior colisão desta com a microplaca da Serra

do Mar e o paleocontinente do Congo durante a Orogênese Brasileira (Heilbron *et al.* 2000).

Diversos modelos evolutivos já foram apresentados para a Faixa Ribeira e é consenso entre os autores que a Faixa Ribeira apresenta raiz de um orógeno colisional Neoproterozóico profundamente erodido. A estruturação do Orógeno Ribeira é subdividida, segundo Heilbron (1995), Heilbron & Machado (2003), Heilbron *et al.*, (2000, 2004), Tupinambá *et al.*, (2000, 2007) em quatro terrenos tectonoestratigráficos distintos, separados por zonas de empurrão e zonas de cisalhamento oblíquas transpressivas. Estes terrenos são denominados Terreno Ocidental, Klippe ou terreno Paraíba do Sul, Terreno Oriental (que inclui o arco magmático Rio Negro) e Terreno Cabo Frio. Os três primeiros foram amalgamados por volta de 580 Ma, enquanto que o Terreno Cabo Frio colidiu com os demais em ca. 520 Ma.

III. GEOLOGIA LOCAL

Este capítulo consiste na descrição e interpretação de dados estratigráficos, petrográficos e estruturais que foram obtidos durante o mapeamento das folhas Guaxupé, Nova Resende, Caldas e Poços de Caldas (em escala 1:100.000, em anexo), região em que se encontra o contato basal da *nappe* Guaxupé, foco de estudo dessa dissertação.

A estruturação litoestratigráfica descrita a seguir é baseada parcialmente nas nomenclaturas adotadas por Trouw *et al.* (2003, 2006, 2013) e Ribeiro *et al.*, (1990) e podem ser divididas em três grandes grupos geotectônicos (Figura 3.1): embasamento arqueano e paleoproterozóico, rochas neoproterozóicas pertencentes às *nappes* Varginha-Guaxupé e Andrelândia e coberturas cretáceas da bacia do Paraná, que não serão detalhadas nessa dissertação por fugirem ao escopo da pesquisa.

O embasamento da *Nappe* Guaxupé possui maior ocorrência na folha Nova Resende, e é representado principalmente por ortognaisses dos Complexo Campos Gerais e Lavras em escamas interdigitadas com as rochas metassedimentares neoproterozóicas da Unidade São Vicente. Estão associados a lentes tectonizadas de rochas metamáficas e metaultramáficas, principalmente nas regiões de contato entre este embasamento e as rochas do Complexo Guaxupé. Na região norte da área mapeada encontram-se uma sequência de rochas de crosta oceânica de idade Ediacariana do Complexo Petúnia. Tratam-se de anfibolitos e xistos fortemente deformados pela Zona de Cisalhamento Bom Jesus da Penha, de direção NW-SE (Trouw *et al.*, 2013)

As rochas das *nappes* Andrelândia e Guaxupé são representadas pelas unidades São Vicente e Complexo Varginha-Guaxupé, respectivamente. Fazem contato tectônico com o embasamento na forma de grandes zonas de cisalhamento transpressivas de direção WNW-ESE. Este segundo grupo tectônico consiste em uma sequência de granitóides de idade Toniana, metamorizadas desde a fácies anfibolito médio até granulito. Associados às rochas das *nappes* ocorrem lascas de charnockito sinorogênicos na forma de corpos alongados segundo a foliação regional NW-SE.

O último grupo de rochas ocorre de forma restrita à porção NW da folha Guaxupé e consiste nas rochas cretáceas da Bacia do Paraná (Milani *et al.*, 1997). É composto por duas unidades: basalto da Formação Serra Geral e arenito arcoseano a lítico da Formação Aquidauana. Ambas as rochas estão dispostas sub-horizontalmente e afloram em extensas chapadas íngremes que se destacam na paisagem.

Nos itens seguintes são apresentadas as descrições detalhadas das unidades que ocorrem na área de estudo.

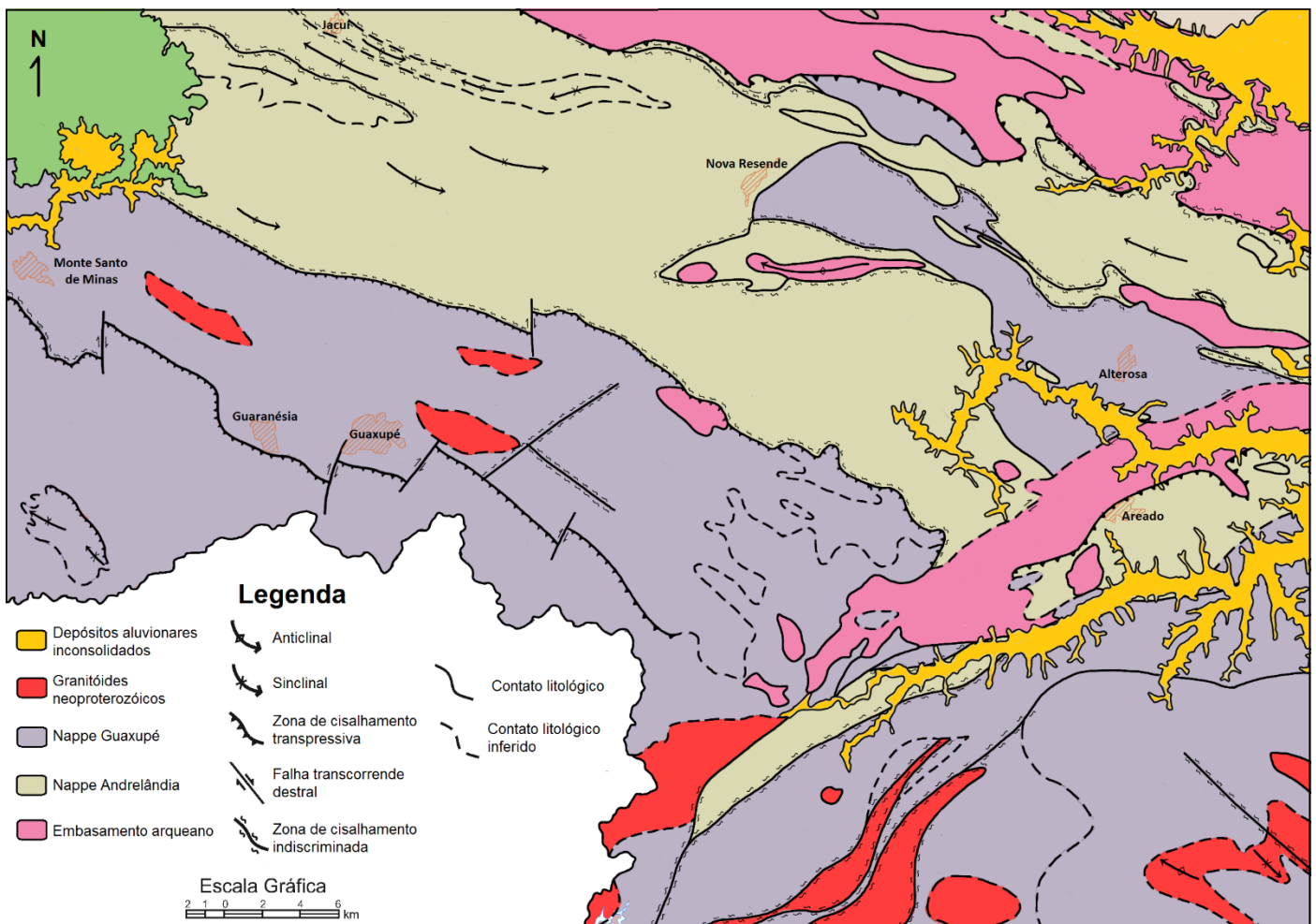


Figura 3.1: Mapa geológico simplificado da região do contato basal da *nappe* Guaxupé, feito com base nos mapas das folhas Guaxupé, Nova Resende, Caldas e Poços de Caldas, em escala 1:100.000, em anexo.

3.1. ESTRATIGRAFIA

3.1.1. Granitóide Rio do Amparo

São ortognaisses porfíricos meso a leucocráticos, de coloração acinzentada a esbranquiçada com granulação média a muito grossa, com cristais de feldspato facoidais (*Augen*) envoltos por matriz máfica rica em

biotita, hornblenda e piroxênio, com quartzo, feldspato e granada de dimensão pequena, subordinados (Figura 3.2).

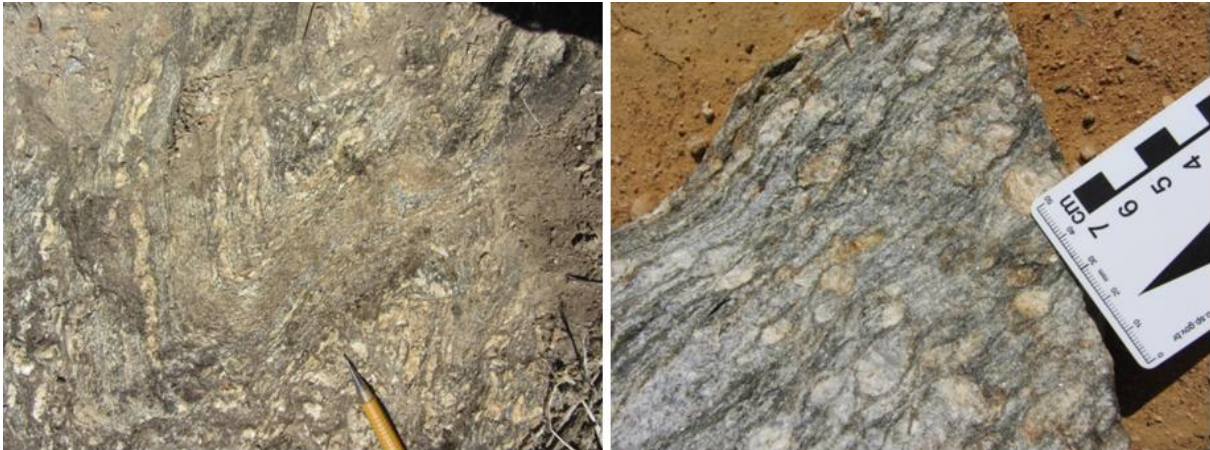


Figura 3. 2. Feições macroscópicas da unidade Granitóide Rio do Amparo. À esquerda, ortogneisse deformado com dobra em S - ponto NR1448 - UTM 367434/7642194, Zona: 23K-Datum: WGS84; à direita, amostra do ortogneisse porfiritico (Augengnaisse) de K-feldspato. Ponto NR560 -UTM 383040/7643138, Zona: 23K-Datum: WGS84.

Possui composição essencialmente granítica e encontra-se metamorfoisado em fácies anfibolito a granulito. Localmente ocorre indeformado, com fenocristais de feldspato hipidiomórficos retangulares e quadrados envoltos por matriz máfica (Figura 3.3).

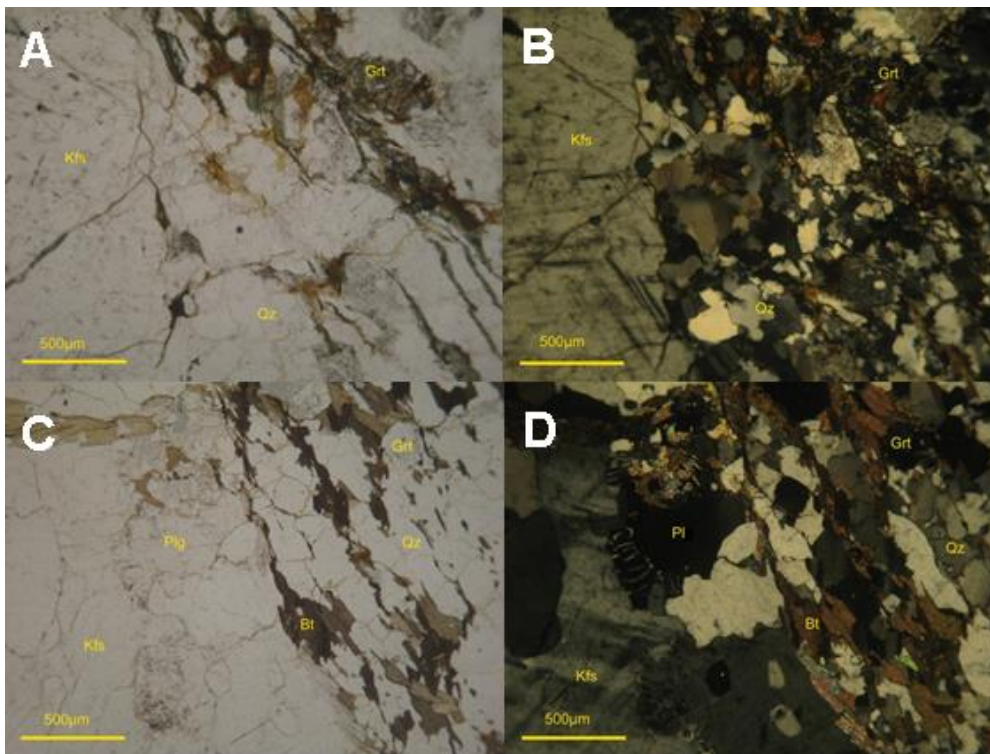


Figura 3. 3. Feições microscópicas da unidade Granitóide Rio do Amparo. A) Fenocristal de K-Feldspato no ortogneisse porfiritico com pequenos cristais de granada do ponto NR560 - UTM 383040/7643138, Zona: 23K-Datum: WGS84 (em “B” com nicóis cruzados); C) granulação

media a grossa no ponto NR1448 com textura mirmequitica, UTM 367434/7642194, Zona: 23K-Datum: WGS84 (em "D" com nicóis cruzados).

A petrografia dos ortognaisses varia localmente de 5% - 10% hornblenda e 10% - 20% biotita e piroxênio, formando a matriz máfica. Possui uma média de 30% de quartzo e de 20% - 30% de K-Feldspato. Como acessórios encontram-se 5% de opacos e 10% de granada.

Em geral os ortognaisses afloram como lajedos em encostas de serras (sustentam as serras do Mirante e do Pau d'Alho, dentre outras) e como blocos e matações em encostas de morros e colinas.

3.1.2. Unidade Fortaleza de Minas, rochas metaultramáficas

Constitui corpos pequenos, alongados em direção preferencial WNW-ESE, alojados na zona limítrofe entre as *nappes* Andrelândia e Guaxupé. São rochas de granulação média a grossa e coloração esverdeada (Figura 3.4).



Figura 3. 4. Feições macroscópicas da unidade Fortaleza de Minas. Blocos de rocha fresca esverdeada e serpentizada da Unidade Fortaleza de Minas no ponto NR26 - UTM 382207/7672224, Zona: 23K-Datum: WGS84.

As rochas metaultramáficas são compostas essencialmente por antofilita e hornblenda com serpentina como secundário e opacos como acessório. As rochas dessa unidade estão muito alteradas e com a foliação pouco penetrativa. Estruturas cataclásicas são comuns na unidade (Figura 3.5).

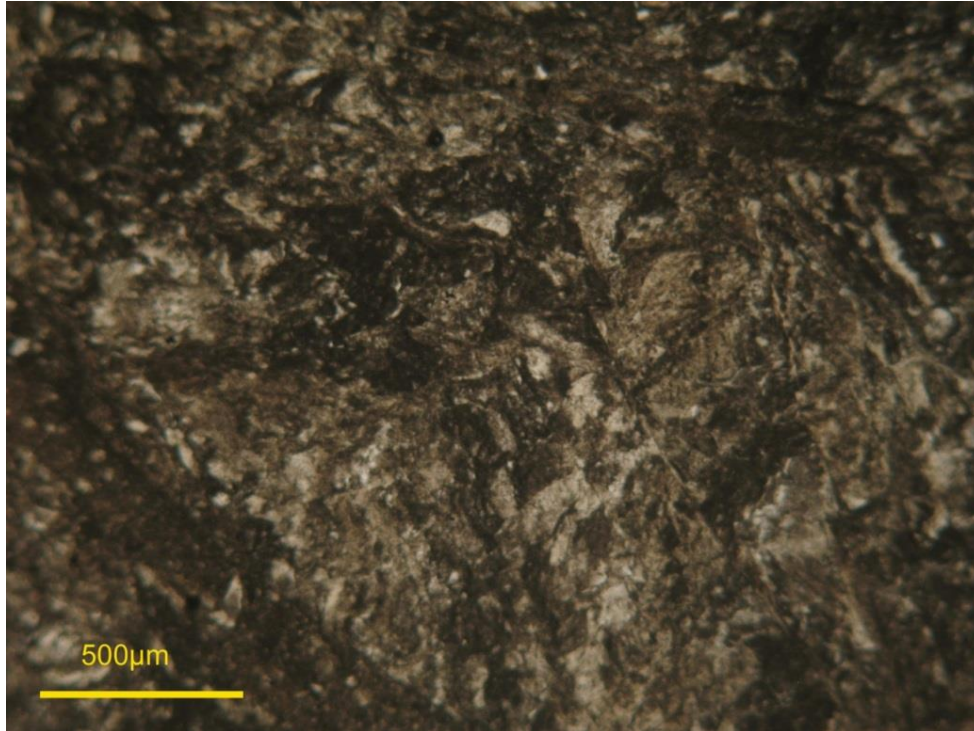


Figura 3. 5: Feições microscópicas da unidade Fortaleza de Minas, com nicóis cruzados. Textura caótica do cataclasito, 50 – 90% matriz composta de anfibólio e hornblenda NR26 - UTM 382207/7672224, Zona: 23K-Datum: WGS84.

3.1.3. Complexo Lavras

Unidade de ocorrência restrita a dois corpos que afloram na porção central da folha. Apresentam-se tectonizados no contato entre o paragnaisse da Unidade São Vicente e o gnaiss migmatítico do Complexo Varginha-Guaxupé.

Os afloramentos do Complexo Lavras são raros, em topo de serras, predominando campos de bloco (Figura 3.6A). A unidade é constituída essencialmente por granitos (Figura 3.6B) e migmatitos de cor marrom, granulação fina (matriz) a média e de textura granoblástica homogênea. Composto por quartzo (até 80%), plagioclásio (5% - 10%), minerais opacos (5%) e rara biotita e anfibólio (10%). Localmente mostram-se microfraturas nas dimensões milimétrica a centimétrica (Figura 3.7).



Figura 3.6. Aspecto geral do Complexo Lavras. A) Campo de blocos do granito Lavras no ponto NR440 - UTM 391456/7651032; B) Granito homogêneo de granulação fina composto principalmente por quartzo no ponto NR443 – UTM 391578/7651697, Zona: 23K-Datum: WGS84.

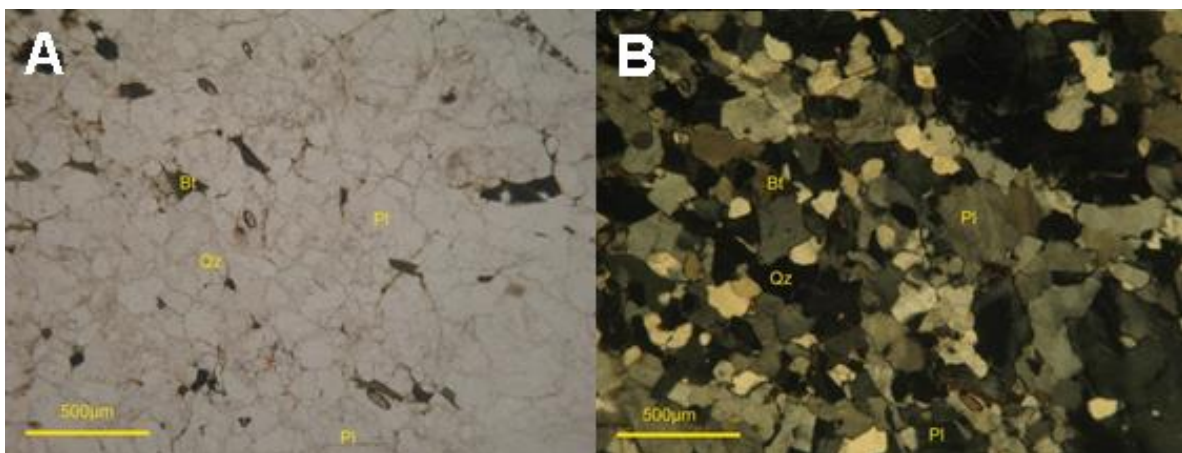


Figura 3.7. Aspecto microscópico do granitóide do Complexo Lavras, com nicóis descruzados (A) e cruzados (B) - Ponto NR441 – UTM 390360/ 7651260, Zona: 23K-Datum: WGS84.

3.1.4. Complexo Campos Gerais

O litotipo predominante desta unidade são ortognaisses foliados de coloração cinza a esverdeada e granulação fina (Figura 3.8). Descreve um corpo de dimensões quilométricas alongado num eixo WNW-ESE na porção norte e nordeste da área mapeada. É limitado a sul por zona de cisalhamento que coloca as rochas desta unidade em contato direto com quartzitos e muscovita-quartzo xistos da Unidade São Vicente. Este contato prescreve feição topográfica bem delineada pelas Serra da Boa Vista e Serra dos Olhares onde o Complexo Campos Gerais comumente aflora em regiões arrasadas e a Unidade São Vicente fica exposta em encostas e topos de morro.



Figura 3. 8. Feição macroscópica do Ortognaisse bandado do Complexo Campos Gerais. Coloração cinza a esverdeada e textura milonítica - ponto NR02, UTM 381606/7675602, Zona: 23K-Datum: WGS84.

O ortognaisse tem composição variável, de tipos monzograníticos a granodioríticos mesocráticos, apresentando sempre quantidades consideráveis de biotita e hornblenda. A textura é inequigranular, predominantemente granoblástica e localmente observa-se textura protomilonítica a milonítica (Figura 3.9). A rocha é constituída principalmente por plagioclásio (30% - 40%), microclina (20%), quartzo (30%-40%) e biotita (10%).

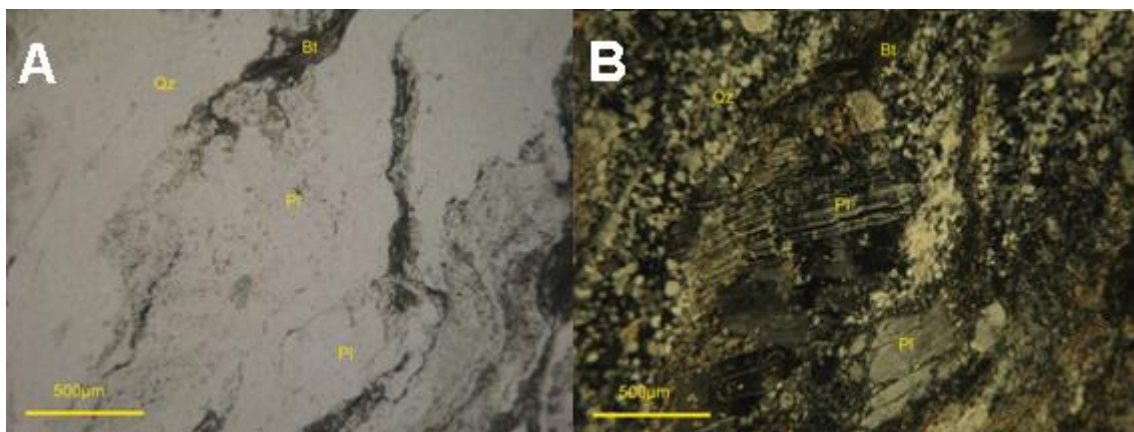


Figura 3. 9. Fotomicrografia do ortognaisse da Unidade Campos Gerais. Textura granoblástica com estruturas miloníticas. Biotita forma bandas composicionais ou schlieren. Nicóis descruzados em "A" e cruzados em "B". NR02 - UTM 381606/7675602, Zona: 23K-Datum: WGS84.

3.1.5. Unidade de Rochas metamáficas e anfibolitos

As rochas metamáficas e anfibolitos constituem um único corpo na borda oeste da folha Nova Resende. O anfibolito é de granulação média a grossa com trama granonematoblástica a milonítica e cor verde escura (Figura 3.10). A rocha é composta essencialmente por anfíbólio (60%), plagioclásio (10%) e piroxênio (20% - 30%) (Figura 3.11).



Figura 3. 10.Foto do anfibolito de granulação média a grossa, com foliação evidente. Ponto NR1417 – UTM 349399/7645361, Zona: 23K-Datum: WGS84.

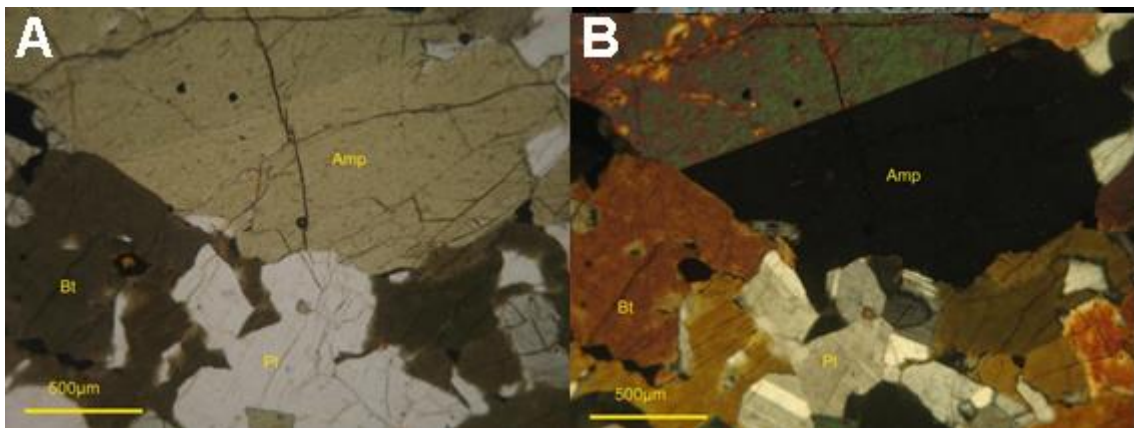


Figura 3. 11. Fotomicrografia mostrando gêmeo de anfíbólio com biotita, formando a composição máfica dos anfibolitos. Ponto NR1417 – UTM 349399/7645361, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis descruzados em “A” e cruzados em “B”.

3.1.6. Rochas metaultramáficas

Constituem lentes alongadas e tectonizadas segundo direção NW/SE na região da Zona de Cisalhamento Bom Jesus da Penha. São xistos e *fe/ses*

anfíbolíticos de granulação média e cor verde escuro, composto por talco, clorita e tremolita (Figura 3.12). Os afloramentos são escassos, comumente na forma de campos de blocos (Figura 3.13).

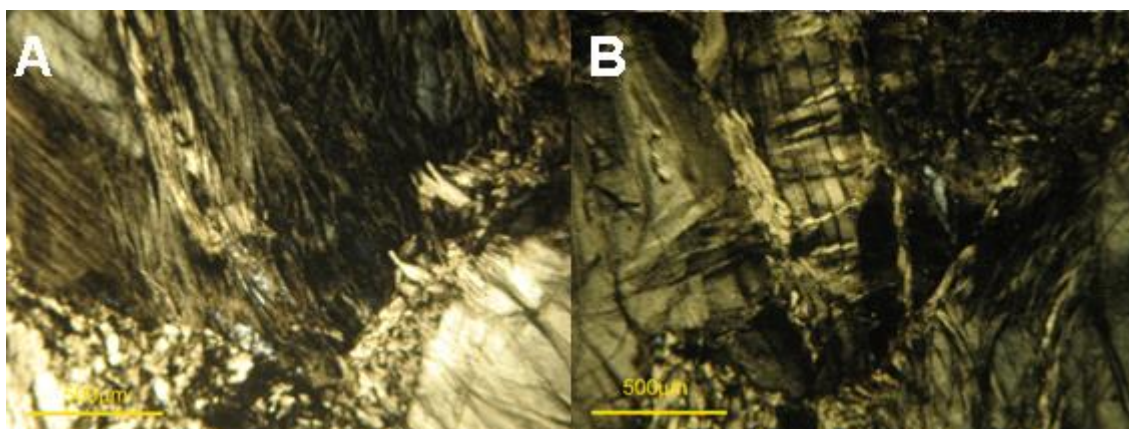


Figura 3. 12.Fotomicrografia de xisto altamente deformado da Unidade Rochas Metaultramáficas. Nicóis descruzados em “A” e cruzados em “B”. Ponto NR141 – UTM 382283/7663014, Zona: 23K-Datum: WGS84.



Figura 3. 13.Modo de ocorrência das rochas metaultramáficas: campo de blocos. Ponto NR204 – UTM 391066/7659928, Zona: 23K-Datum: WGS84.

3.1.7. Unidade São Vicente

A Unidade São Vicente, pertencente à Megassequência Andrelândia, é composta por uma sequência de rochas metamórficas composta por paragneisses com lentes de quartzito, sericita-xistos e quartzitos, que foi empurrada na forma de uma *nappe* para cima do embasamento preexistente. O paragneisse é bastante expressivo, principalmente na folha Guaxupé, em uma faixa alongada de direção NW-SE, com camadas e lentes das outras duas subunidades intercaladas tectonicamente a ele, intensamente dobradas e por vezes milonitizadas (Figura 3.14).



Figura 3. 14. Ponto NR1215, paragnaisse da unidade São Vicente com bandamento parcialmente milonitizado com porfiroclastos de feldspato rotacionados com cinemática destal. UTM 366229/7653821, Zona: 23K-Datum: WGS84.

O paragnaisse possui estrutura granolepidoblástica, granulação fina a média e bandamento milimétrico a centimétrico (Figura 3.15), por vezes tão fino que fica difícil a distinção da rocha com um granito foliado. É composto por plagioclásio, quartzo, biotita, muscovita, epidoto e microclina, com granada por vezes em grande quantidade (Figura 3.16), por vezes subordinada. Os cristais de quartzo possuem extinção ondulante e contatos poligonais a serrilhados, quando nas zonas mais deformadas. Nessas zonas os minerais possuem alto grau de recristalização, assim como porfiroclastos de microclina (por vezes pertítica), plagioclásio e quartzo rotacionados. Apresentam recristalização interna e/ou nas bordas para grãos menores por *bulging recrystallization* e rotação dos subgrãos. Geralmente a unidade aflora em baixadas e com alto grau de intemperismo, formando saprólito e solo argilosos e de cor laranja.



Figura 3.15. NR1280, aspecto geral do paragnaisse, medianamente intemperizado e com o bandamento bem definido. UTM 356617/7652572, Zona: 23K-Datum: WGS84.

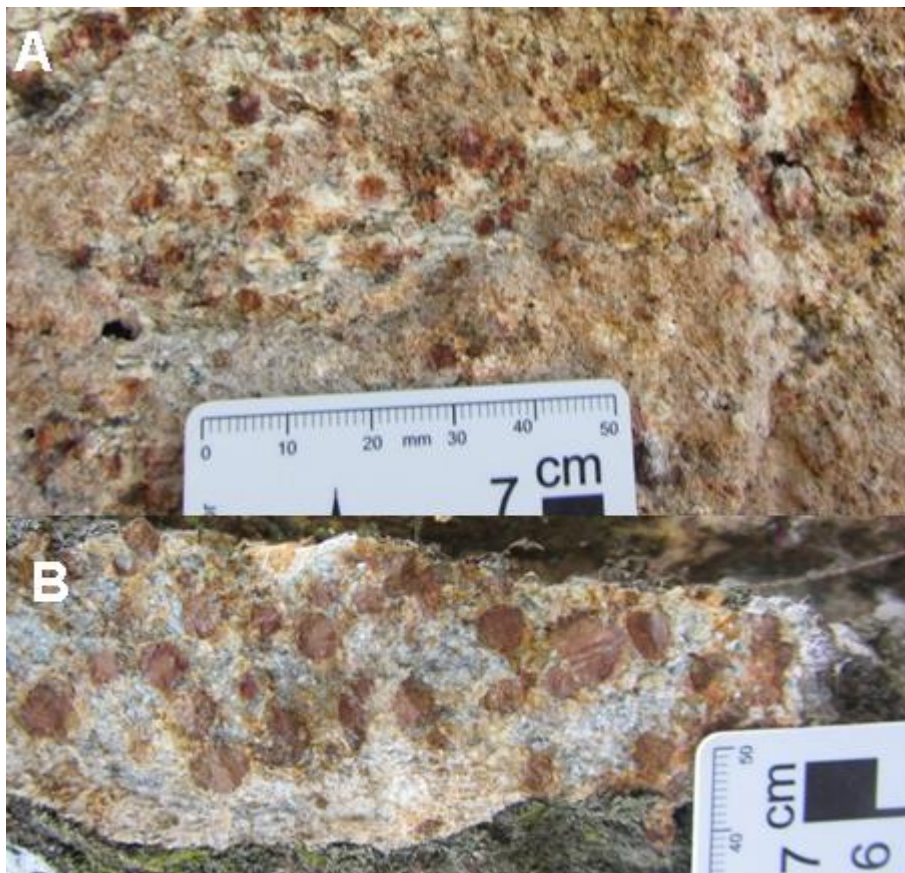


Figura 3. 16. Paragnaisse da unidade São Vicente com granadas milimétricas dispersas na rocha. Pontos NR1223 (A), UTM 362375/7651413, Zona: 23K-Datum: WGS84 e NR1301 (B), UTM 349926/7652660, Zona: 23K-Datum: WGS84.

Há lentes de cianita-granada-xisto em meio ao paragnaisse (Figura 3.17), compostas de quartzo com contatos serrilhados a poligonais ou sinuosos entre si e com os demais minerais, podendo apresentar bandas de deformação e formação de subgrão, sendo comum a extinção ondulante nos cristais. Muscovita orientada, marcando a xistosidade da rocha, formando planos ondulados onde são observáveis *mica fishs* ao redor de cristais de granada ou micrólitos, ocorrendo também sericita massiva; granada pré a sin-deformacional, envolvida pela foliação e comumente apresentando fraturamento intenso, sendo observados cristais de biotita sendo formados a partir das bordas dos cristais de granadas, em substituição parcial a completa. Os cristais de cianita estão rotacionados pela foliação, comumente envoltos por muscovita/sericita (por substituição), além de zircão como acessório.

As alterações observadas nas granadas, amplamente disseminadas, sugerem processos de retrometamorfismo para biotita (Figura 3.18).

Os sericita-xistos da unidade São Vicente possuem textura lepidoblástica, coloração cinza clara a escura quando em rocha fresca e possuem comumente porfiroclastos milimétricos de feldspato e *ribbons* de quartzo orientados segundo a foliação principal (Figura 3.19), muitas vezes anastomosada. Sua matriz, normalmente sericítica e por vezes com muscovita euédrica a subédrica lamelar, ocorre localmente cloritizada e com gibsita secundária, além de cristais de até 1 mm de magnetita e hematita principalmente nos afloramentos mais deformados da rocha, onde há formação de *kinks* e *mica fish* de até 1 cm. Em grande parte dos afloramentos essa subunidade se encontra intensamente intemperizada, formando saprólito e solo argilo-arenoso de cor laranja claro.

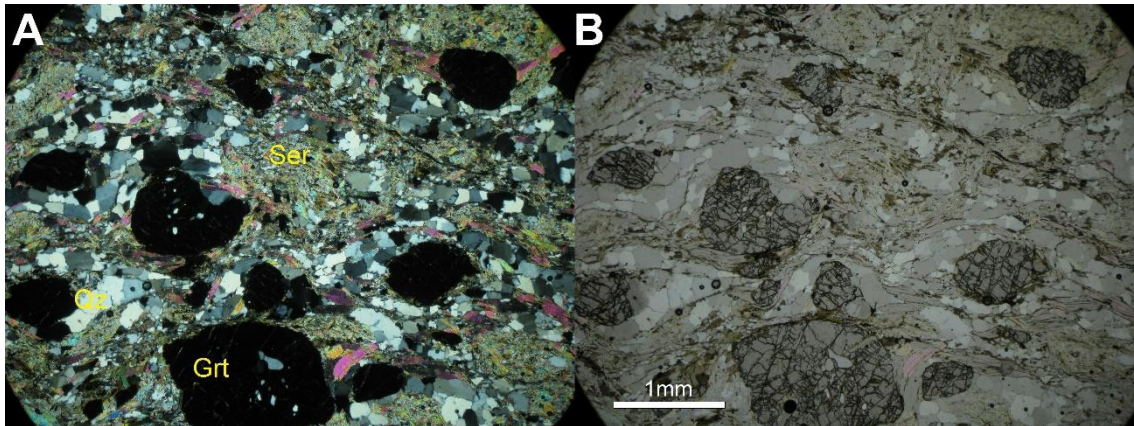


Figura 3. 17. Fotomicrografia do xisto da unidade São Vicente. Lâmina GX502. UTM 335245/7654975, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis cruzados em “A” e descruzados em “B”.

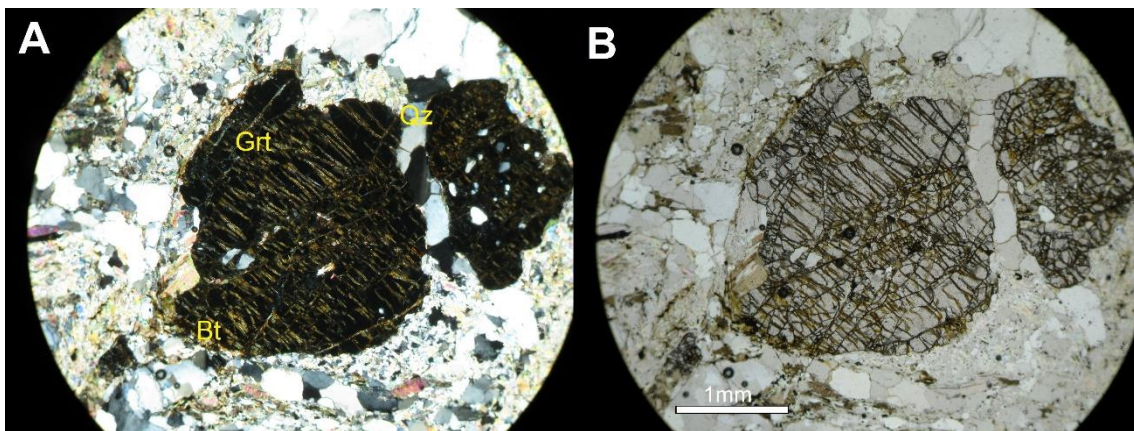


Figura 3. 18. Fotomicrografia do xisto da unidade São Vicente mostrando Granada parcialmente alterada para biotita na lâmina GX502, sugerindo processo de retrometamorfismo. UTM 335245/7654975, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis cruzados em “A” e descruzados em “B”.

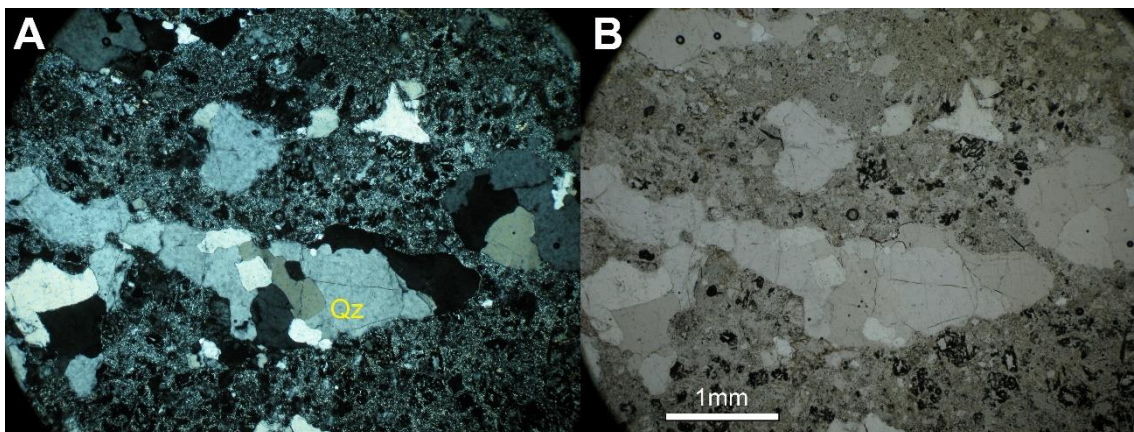


Figura 3. 19. Fotomicrografia do xisto da unidade São Vicente mostrando cristais de quartzo estirados na lâmina GX314. UTM 312031/7671863, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis cruzados em “A” e descruzados em “B”.

Os corpos de quartzito micáceo (Figura 3.20) ocorrem associados a camadas e lentes de quartzo-muscovita-xisto, e possuem dimensões métricas a decamétricas, comumente formando cristas alongadas que se destacam na

paisagem. São homogêneos e com forte achatamento e reorientação dos cristais de quartzo, que compõem a foliação. Possuem granulação fina e são compostos principalmente por quartzo e muscovita, com traços de titanita, rutilo e minerais opacos. O quartzo-muscovita-xisto associado a ele possui, além desses minerais, plagioclásio, granada e biotita, tendo granulação média a grossa e coloração acinzentada. Ambas as rochas dessa subunidade estão normalmente intemperizadas, formando saprólitos e solos esbranquiçados.



Figura 3.20. Quartzito GX300, UTM 317581/7666839, Zona: 23K-Datum: WGS84, unidade São Vicente. Quartzito com quartzo muito bem recristalizado e orientado em fitas.

3.1.8. Complexo Varginha-Guaxupé

O Complexo Varginha-Guaxupé, que faz parte da *nappe* homônima, compreende rochas que foram empurradas tectonicamente sobre as rochas da Unidade São Vicente, descrita anteriormente. Na área de estudo este complexo pode ser dividido em três unidades, do topo para a base: Paragnáissica Migmatítica Superior, Ortognáissica Migmatítica Intermediária e Ortognaisse Elói Mendes, também denominado por Campos-Neto *et al.*, (1999) como Unidade Granulítica Basal.

3.1.8.1. Ortognaisse Elói Mendes

É a mais basal das três subunidades do Complexo Varginha-Guaxupé, aflorando na base na *nappe*. As rochas dessa unidade ocorrem na forma de uma faixa alongada na direção NW-SE possuindo contatos delimitados por zonas de cisalhamento transpressivas com movimento de topo para NE, na base com a Unidade São Vicente e no topo com as duas outras subunidades do Complexo Varginha-Guaxupé.

Trata-se de hiperstênio-granulitos de pressão intermediária por vezes com bandamento de espessura milimétrica a centimétrica, textura granoblástica, granulação fina a média e cor cinza escuro quando fresco (Figuras 3.21). As bandas félsicas são abundantes em plagioclásio, feldspato potássico e quartzo, enquanto que as porções máficas são ricas em ortopiroxênio, clinopiroxênio, com porcentagens menores de granada, anfibólio, biotita e minerais opacos. Esta unidade aflora comumente na forma de lajedos em colinas suaves e possuem até dezenas de metros de espessura, medidos perpendicularmente à foliação principal da rocha.

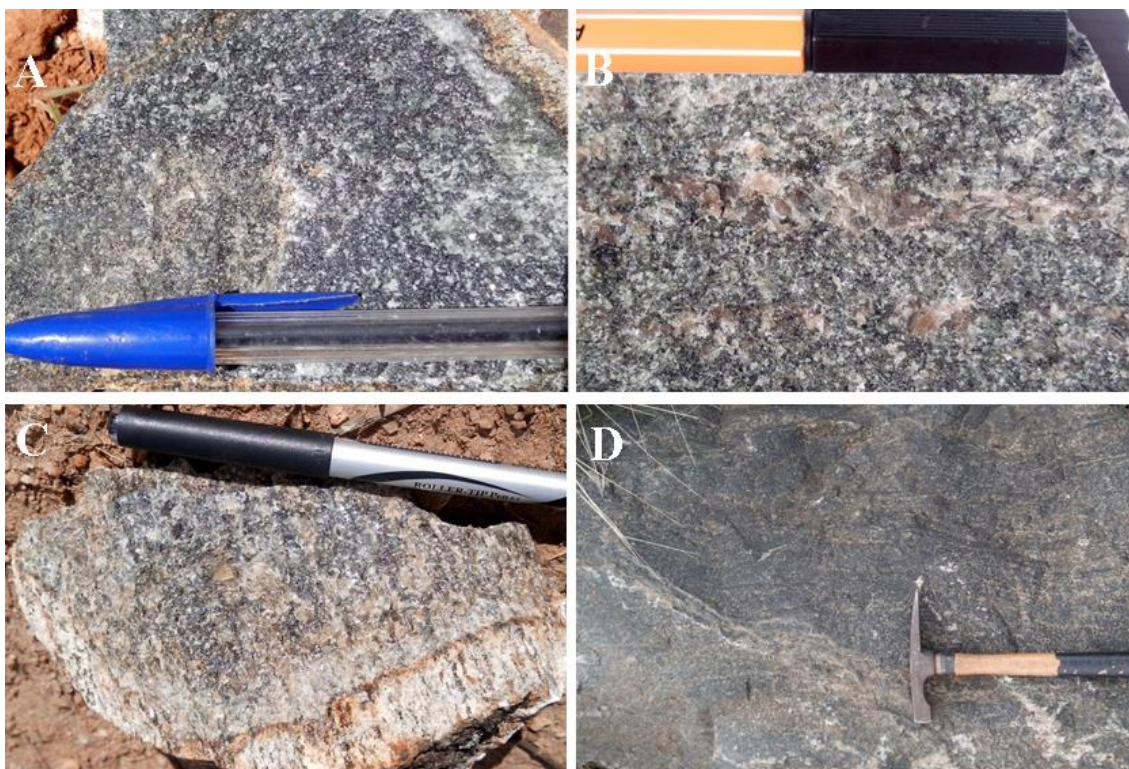


Figura 3. 21. A) GX277, UTM 306455/7650489, Zona: 23K-Datum: WGS84, aspecto geral do granulito da Unidade Elói Mendes, com textura granoblástica e cor cinza escuro. B) GX838, UTM 299950/7634862, Zona: 23K-Datum: WGS84, granulito da Unidade Elói Mendes intensamente recristalizado, localizado nas proximidades de uma zona de cisalhamento transpressiva. C)GX246, UTM 308862/7651803, Zona: 23K-Datum: WGS84, granulito da Unidade Elói Mendes esbranquiçado devido ao intemperismo. D)GX283, UTM 313292/7659629, Zona: 23K-Datum: WGS84, aspecto maciço do granulito Elói Mendes em mesoescala.

3.1.8.2. Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária

Tal unidade configura um grande corpo na porção central e leste da área de estudo, em contato tectônico com os gnaisses paraderivados da Unidade São Vicente. Próximo aos contatos desenvolve textura protomilonítica a milonítica. Os afloramentos são comumente em campo de blocos (Figura 3.22).

É um hornblenda-biotita-ortognaisse migmatítico (textura predominante estromática com fenocristais alongadas) de composição granodiorítica, granulação fina a média e coloração cinza escura. Petrograficamente os ortognaises são constituídos por quartzo (60% - 70% por vezes milonítico), bandas de biotita e hornblenda (10% - 20%) e plagioclásio (20%) (Figura 3.23). Como acessórios encontram-se opacos.



Figura 3. 22. Bloco de gnaiss da Unidade Ortognáissica Migmatítica Intermediária: Pontos NR393 e NR426 – UTM 368285/ 7660012, Zona: 23K-Datum: WGS84 e 384268/ 7651340, Zona: 23K-Datum: WGS84, respectivamente.

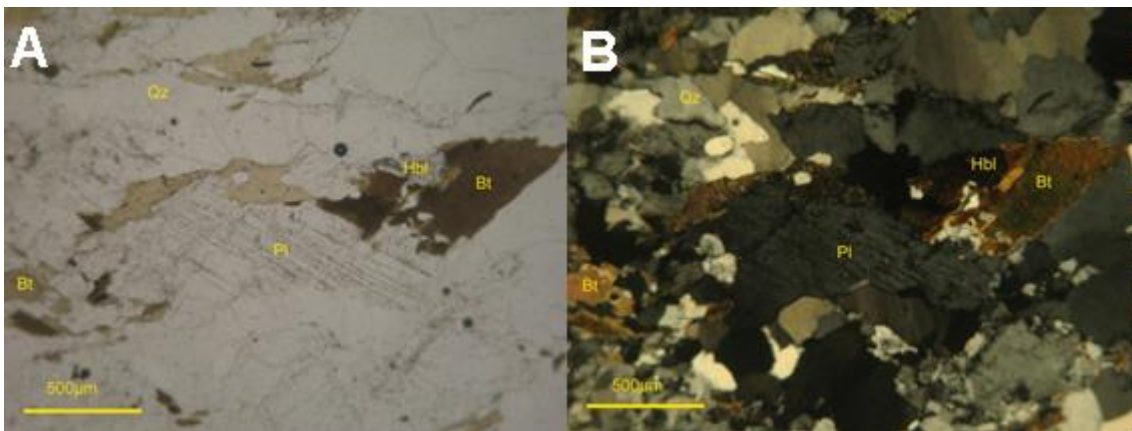


Figura 3. 23. Hornblenda-biotita-ortognaisse milonítico de granulação média no ponto NR 392 – UTM 367451/ 7660329, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis cruzados em “A” e descruzados em “B”.

3.1.8.3 Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior

São rochas metamórficas paraderivadas que afloram de maneira descontínua na porção sul e sudoeste da área de estudo na forma de lajedos em morros suaves. Formam uma extensa faixa de direção NNW-SSE empurrada tectonicamente sobre as rochas da unidade Elói Mendes por uma zona de cisalhamento transpressiva de direção aproximada NW-SE e movimento de topo para NE.

O litotipo desta unidade é um silimanita-granada-paragnaisse com porfiroblastos de feldspato potássico (por vezes megacristais) e granada (Figuras 3.24 e 3.25). Possui cor cinza escuro a claro, granulação fina a média e é composto por biotita, quartzo, microclina, plagioclásio, granada, silimanita e por vezes clorita. Os cristais de quartzo frequentemente estão estirados na direção da foliação, com contatos lobulados a sinuosos entre si e com os cristais de feldspato. A biotita e a clorita são lamelares e com contatos retos a serrilhados com os minerais vizinhos, preferencialmente orientadas segundo a foliação. Apresenta epidoto em contatos sinuosos com os minerais félsicos e interdigitados com os minerais lamelares, frequentemente associado a estes; granada rosada, arredondada, em contatos sinuosos com os minerais félsicos, apresentando alteração incipiente nas bordas para clorita.

A rocha possui textura predominantemente granoblástica, bandamento milimétrico e localmente centimétrico, por vezes dobrado e descontínuo. Quando intemperizado gera solo argiloso laranja claro a escuro e acarreta o desenvolvimento de ravinas e voçorocas.

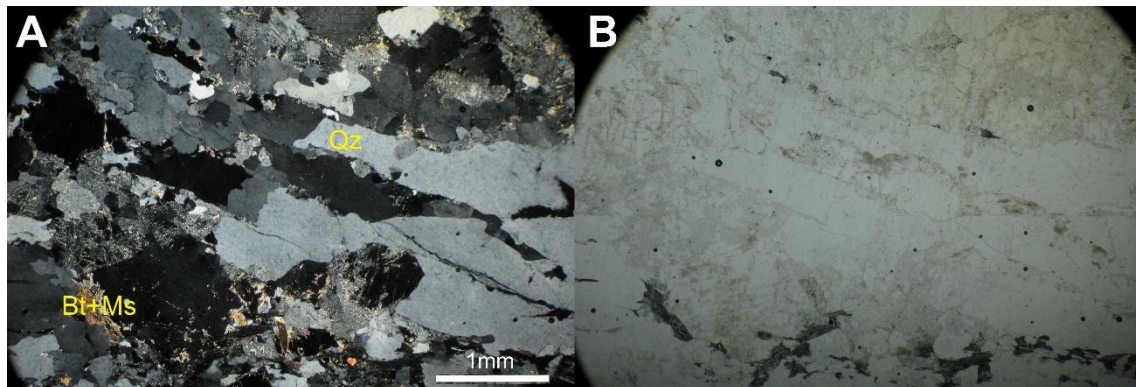


Figura 3. 24. Fotomicrografia da Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior mostrando textura predominantemente granoblástica. Lâmina GX262 – UTM 301123/7652433, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis cruzados em “A” e descruzados em “B”.

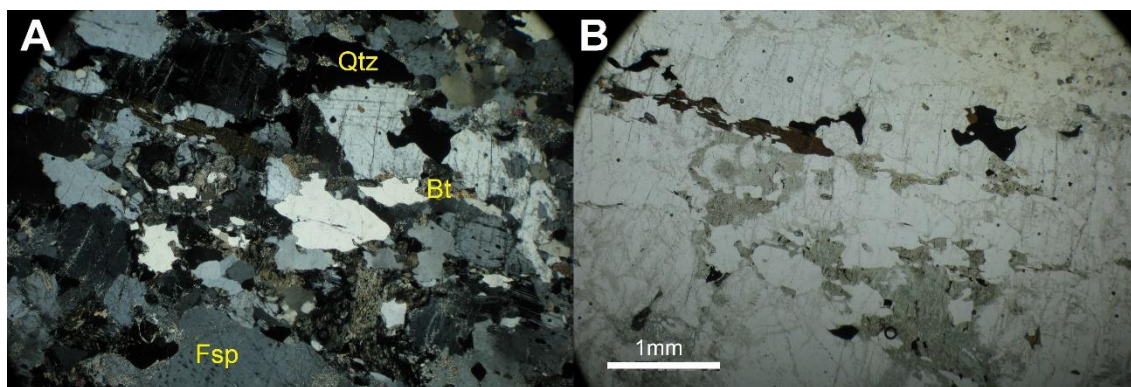


Figura 3. 25. Fotomicrografia da Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior mostrando textura predominantemente granoblástica Lâmina GX262 – UTM 301123/7652433, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis cruzados em “A” e descruzados em “B”.

3.1.9. Complexo São João da Mata

Esta unidade ocorre em grande extensão na região basal da *nappe* Guaxupé. As melhores exposições deste litotipo são em lajedos, pães de açúcar, cortes de estrada e principalmente em cachoeiras na porção leste da área de estudo, nas proximidades de Divisa Nova e Serrania.

O Complexo São João da Mata é representado por (hornblenda)-biotita gnaiss predominantemente migmatítico e por (granada)-(hornblenda)-biotita gnaiss migmatítico. Este último é encontrado principalmente na porção centro-norte das folhas.

A rocha mais comumente encontrada nesta unidade é um gnaiss migmatítico rosado (Figuras 3.26, 3.27, 3.28A). Também são encontrados, entretanto, gnaisses cinza e avermelhado (Figura 3.28B), não tendo sido observada diferenças marcantes no que tange à sua composição. Exibe composição granodiorítica a granítica, mineralogia composta por plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, biotita e anfibólio (Figura 3.29). Apresenta bandamento milimétrico a centimétrico, com texturas migmatíticas predominantes estromática (Figura 3.26) e *schlieren*. Porções com migmatização intensa constituem diatexitos, exibindo comumente *schöllén* e textura nebulítica (Figura 3.30A). Localmente a migmatização atinge níveis elevados com predomínio de porções graníticas, formando corpos isolados de granitóide leucocrático foliado ou não, que constituem o Granitóide Serra da Água Limpa. Este granitóide constitui uma unidade mais aluminosa migmatítica de composição granítica, composta por quartzo, feldspato potássico,

plagioclásio, biotita, muscovita e granada (Figura 3.27B, 3.30B e 3.31), abrangendo paragneisses e subordinadamente intercalações calciossilicáticas.

Em lâmina, observa-se nos gnaisses bandas leucocráticas granoblásticas, com microclina, quartzo, plagioclásio, biotita, intercaladas a bandas melanocráticas lepidogranoblásticas, contendo plagioclásio, biotita e quartzo, ou nematolepidoblásticas, quando as bandas apresentam também cristais de anfibólio (Figura 3.29). Nos granitos a textura é granolepidoblástica, sendo observada foliação marcada por cristais de biotita orientados e *ribbons* de quartzo estirados segundo a direção da mesma, encontrados principalmente nos corpos próximos às zonas de cisalhamento. Sillimanita é encontrada localmente. O granitoide Serra da Água Limpa faz contato transicional com o gnaiss predominante, caracterizado pelo aumento da quantidade de biotita, muscovita e granada. Afloramentos com até 15% de granada ocorrem localmente (Figura 3.27B). Diques pegmatíticos com biotita e/ou turmalina e veios de quartzo cortam todas as rochas desta unidade. Localmente cristais de pirita e calcopirita são identificados.

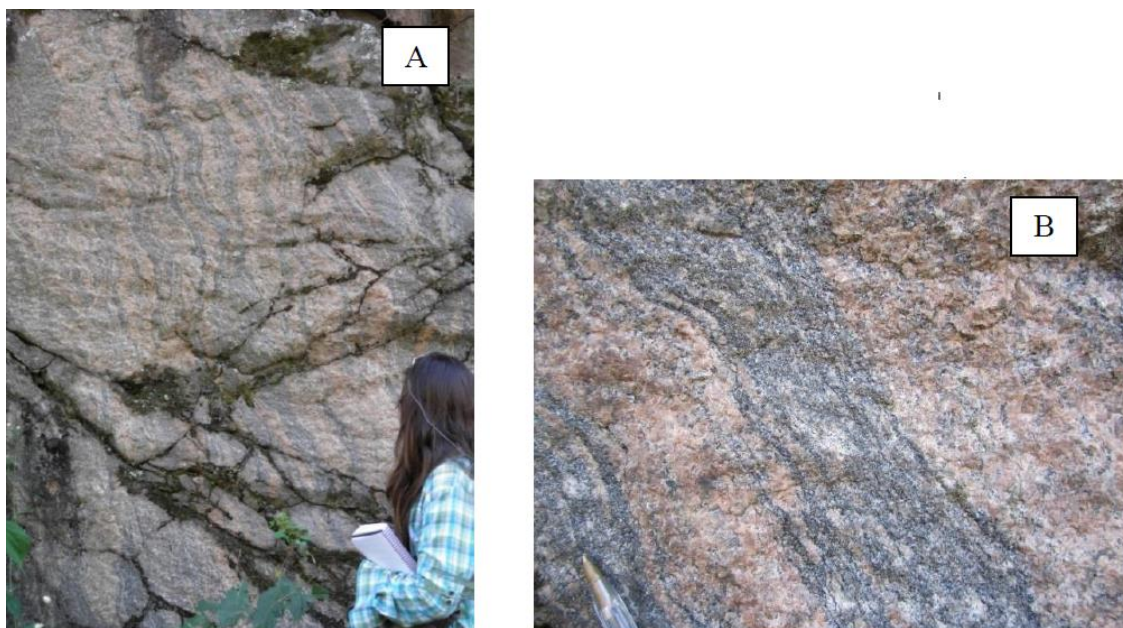


Figura 3. 26. A) Hornblenda-biotita gnaiss migmatítico metatexítico com textura estromática do Complexo São João da Mata. B) Detalhe das bandas, mostrando neossoma oclar dentro das bandas máficas. Ponto PC12 – UTM 378485 / 7603011, Zona: 23K-Datum: WGS84.



Figura 3. 27. A) Hornblenda-biotita gnaiss milonítico à esquerda (paleossoma) e leucossoma rosado do neossoma à direita do Complexo São João da Mata no ponto PC12. B) Granada-biotita gnaiss migmatítico no ponto C760 – UTM 368565 / 7611210, Zona: 23K-Datum: WGS84.

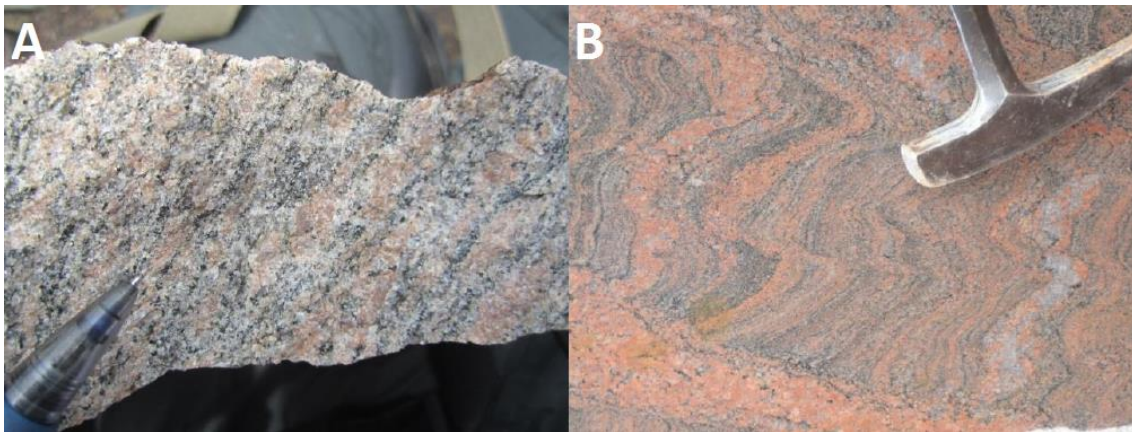


Figura 3. 28. A) Detalhe do gnaiss migmatítico São João da Mata com textura ocelar e estromática no ponto C97 – UTM 390428 / 7614360, Zona: 23K-Datum: WGS84. B) Gnaiss migmatítico avermelhado do Complexo São João da Mata no ponto C128B – UTM 394656 / 7621708, Zona: 23K-Datum: WGS84.

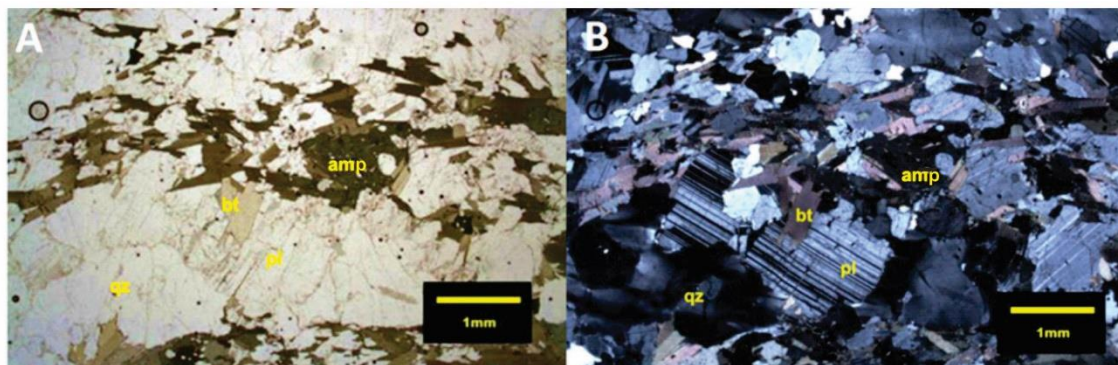


Figura 3. 29. Fotomicrografia do anf-bt gnaiss do Complexo São João da Mata. Bandamento com limites difusos (foto A nicóis descruzados, foto B nicóis cruzados, objetiva 2,0x). Ponto C359 – UTM 391928 / 7593319, Zona: 23K-Datum: WGS84.

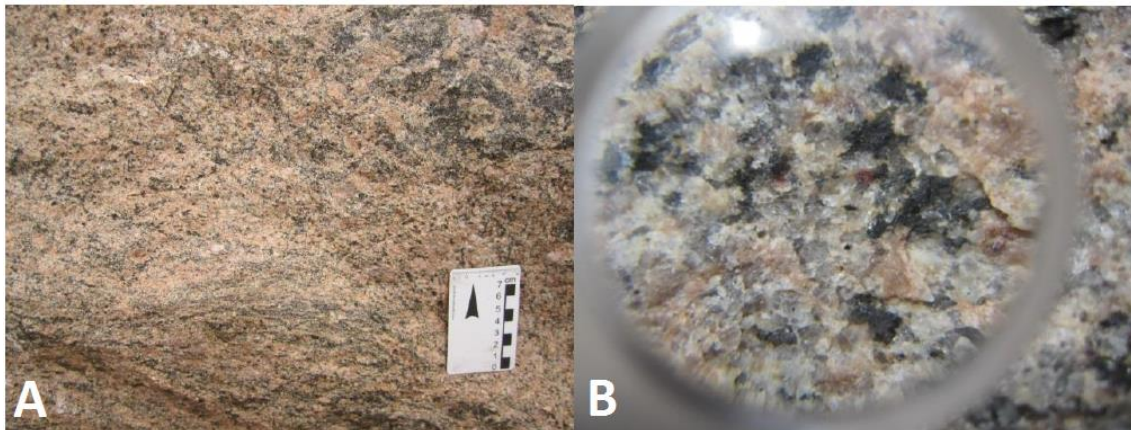


Figura 3. 30. A) Diatexito com textura nebulítica que grada para o granitóide da unidade Serra da Água Limpa no ponto C96 – UTM 390463 / 7615209, Zona: 23K-Datum: WGS84. B) Detalhe de cristais de granada de granulação fina no leucossoma do Serra da Água Limpa no mesmo afloramento.

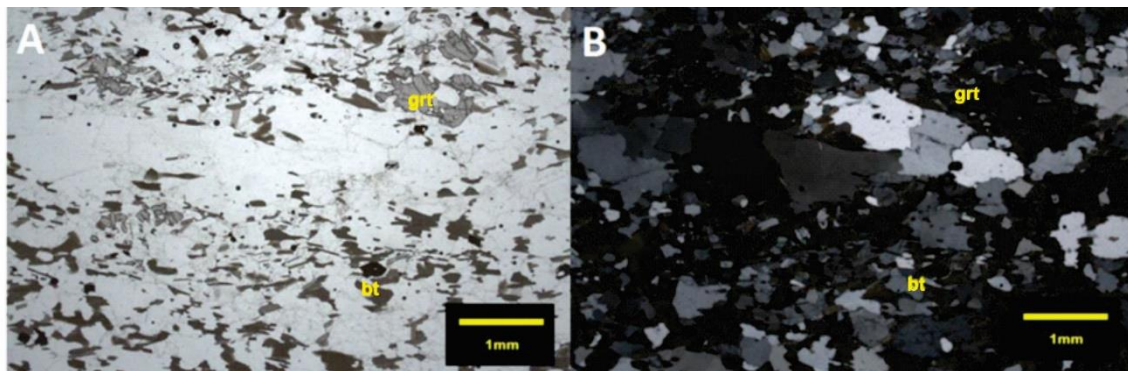


Figura 3. 31. Fotomicrografia do grn-bt gnaissé representante da porção mais aluminosa do Complexo São João da Mata (foto A nicóis descruzados, foto B nicóis cruzados, objetiva 2,0x). Ponto C254 – UTM382630 / 7603905, Zona: 23K-Datum: WGS84.

3.1.10. Charnockitóides sinorogênicos do orógeno Socorro-Guaxupé

Esta unidade aflora na forma de lajedos e matacões em corpos quilométricos e lenticulares alongados na direção NW-SE em meio aos granulitos da unidade Elói Mendes, por vezes formando pequenas serras nas proximidades das cidades de Guaxupé e Guaranésia.

São hiperstênio granitóides de cor verde escura, textura granoblástica, granulação média a fina e composição charnockítica (granítica) a opdalítica (granodiorítica), localmente com feições de fluxo ígneo. É composto por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, ortopiroxênio, clinopiroxênio, biotita. Possui anfibólio como produto de alteração, e como minerais acessórios,

titanita, apatita e por vezes granada. Normalmente apresenta aspecto maciço, mas quando intemperizada mostra foliação regional pouco penetrativa e coloração laranja.

O quartzo e os feldspatos possuem contatos lobulados, sinuosos e por vezes poligonais com os demais minerais, e estão estirados segundo a direção da foliação (Figura **Erro! Fonte de referência não encontrada.**3.32), requeentemente apresentando extinção ondulante e formação de mirmequita. O clinopiroxênio e ortopiroxênio são xenomorfos a hipidiomorfos prismáticos, e possuem contatos lobulados com os minerais félsicos e contatos interdigitados com biotita e anfibólio (de alteração), como observado na Figura 3.33. Observa-se a ocorrência de pertita e, menos frequentemente, antipertita nos feldspatos.

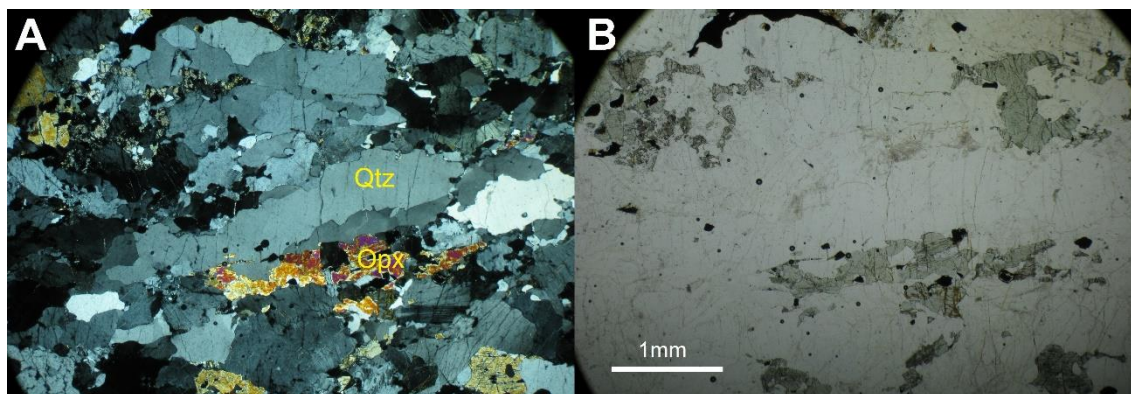


Figura 3. 32. Fotomicrografias da unidade Charnockitoides sinorogênicos do orógeno Socorro-Guaxupé com cristais de quartzo estirados segundo a foliação. Lâmina GX 246 – UTM 308862 / 7651803, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis cruzados em “A” e descruzados em “B”.

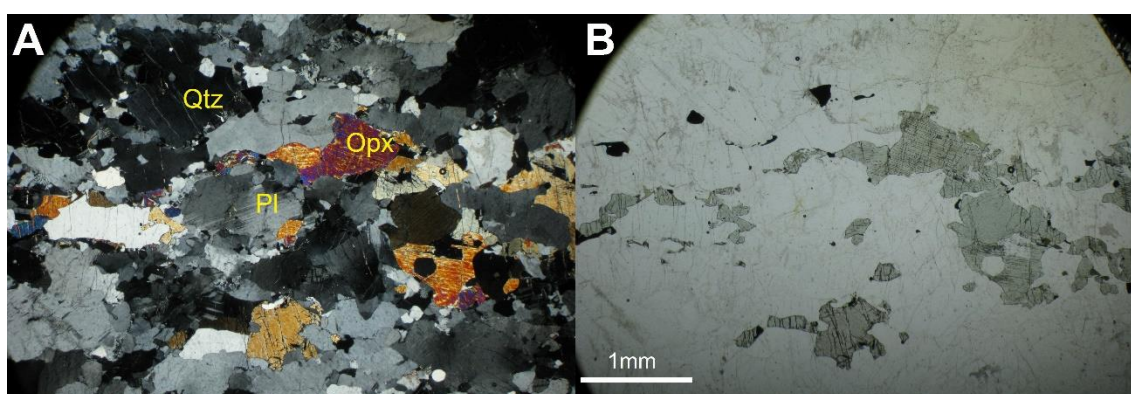


Figura 3. 33. Fotomicrografias da unidade Charnockitoides sinorogênicos do orógeno Socorro-Guaxupé mostrando textura granoblástica a granolepidoblástica. Lâmina GX 246 –UTM 308862/ 7651803, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis cruzados em “A” e descruzados em “B”.

3.1.11. Unidade Arantina

A unidade compreende corpos de pequenas dimensões tectonicamente intercalados a gnaisses e granitos mesoproterozóicos e/ou arqueanos, orientados preferencialmente segundo direção W-E. São gnaisses granulíticos ricos em feldspato potássico, biotita e quartzo (Figuras 3.34 e 3.35). Possuem granulação média a grossa e deformação penetrativa gerando cristais fitados e bandamento gnáissico marcante.

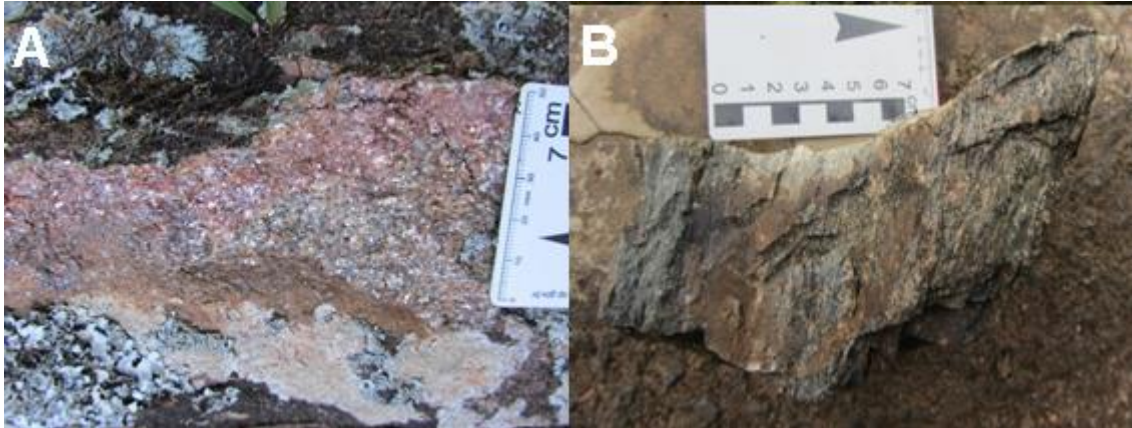


Figura 3. 34. A) Gnaiss intemperizado da Unidade Arantina, de granulação grossa no ponto NR779 – UTM 372886/7631744, Zona: 23K-Datum: WGS84. B) Bandamento característico da unidade Arantina no ponto NR1244 – UTM 347505/7656457, Zona: 23K-Datum: WGS84.

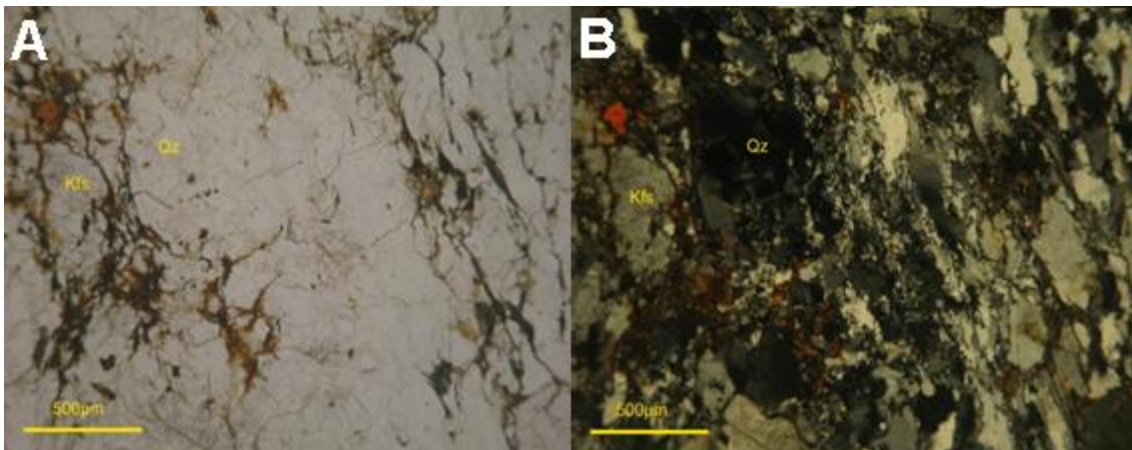


Figura 3. 35. Fotomicrografia do gnaiss quartzoso da Unidade Arantina no ponto NR 1206 – UTM 360198/ 7656969, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis descruzados em “A” e cruzados em “B”.

3.1.12. Complexo Petúnia

O Complexo Petúnia é descrito como um complexo metassedimentar/metamáfico e ocorre de forma restrita ao norte da área mapeada, entre as folhas Guaxupé e Nova Resende. Encontra-se deformado pela Zona de Cisalhamento Bom Jesus da Penha, que baliza o contato entre este complexo e a unidade São Vicente, tectonicamente inferior.

Trata-se de anfibolitos de coloração verde escura (Figura 3.36) e granulação predominantemente grossa e eventualmente média, na forma de arranjos nematoblásticos de hornblenda, plagioclásio e titanita (Figura 3.37). Por vezes estas rochas encontram-se alteradas para clorita-talco-xisto de cor verde, aflorando em pequenas cristas ou na forma de blocos e matacões. Tectonicamente intercalados aos anfibolitos há lentes métricas e alongadas segundo NW-SE de biotita xisto muito deformado, de granulação fina e encontrados principalmente nas baixadas e em drenagens.



Figura 3. 36. À esquerda, campo de blocos, maneira mais comum de afloramento das rochas do Complexo Petúnia. À direita, aspecto macroscópico típico do Complexo Petunia, bem alterado, no ponto NR158 – UTM 371807/7666168, Zona: 23K-Datum: WGS84.

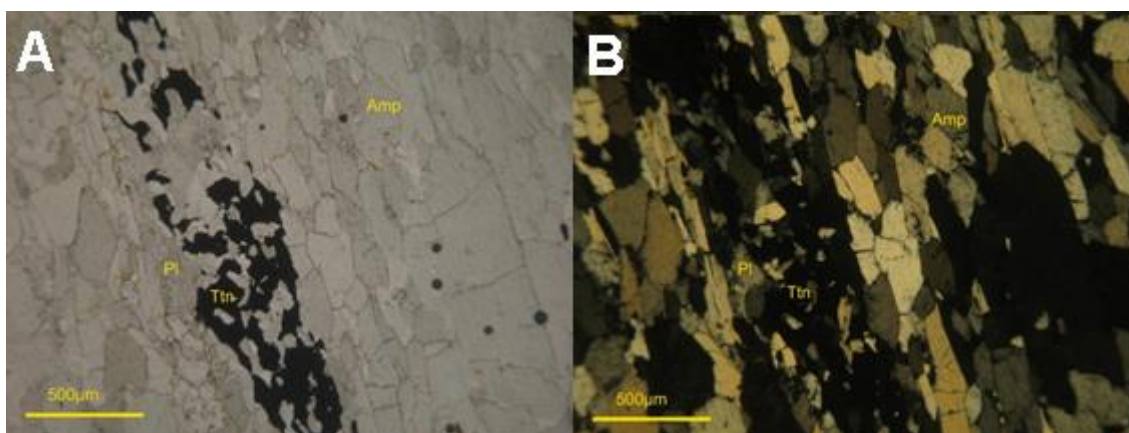


Figura 3.37. Fotomicrografia do anfibolito do Complexo Petúnia com titanita no ponto NR158 – UTM 371807/7666168, Zona: 23K-Datum: WGS84. Nicóis descruzados em “A” e cruzados em “B”.

3.1.13. Depósitos aluvionares inconsolidados a semi-consolidados

Os depósitos aluvionares inconsolidados a semi-consolidados encontrados na área mapeada são compostos essencialmente por sedimentos de areia média grossa, com seixos em menor quantidade, principalmente

próximos aos principais fluxos d'água. Outros depósitos fanerozóicos, como sedimentos elúvio-colúviais ocorrem em meia encosta de morros e planícies.

3.2. METAMORFISMO

As rochas da área de estudo foram metamorfizadas nas fácies anfíbolito alto e granulito, indicadas pela generalizada migmatização e pelas paragênese mineral contidas na foliação Sn.

A zona de cisalhamento que separa a base da *nappe* Guaxupé da *nappe* Andrelândia é também um divisor de fácies metamórficas. Nas unidades a norte da zona (*i.e.* Unidade São Vicente, Complexo Petúnia) é encontrado nos paragnaises e xistos sillimanita fibrosa com associação Sil + Cd + Grt + Pl + Bt + Qtz, indicando fácies anfíbolito alto, nas temperaturas mais elevadas. Já as rochas a sul desta rampa lateral estão metamorfizadas na fácies granulito de pressão intermediária, indicada pela paragênese mineral Opx + Cpx ± Hbl + Pl + Grt. Observa-se que em direção a sul estas rochas encontram-se mais intensamente migmatizadas até gradarem para os gnaisses do Complexo São João da Mata, que exibem paragênese Kf + Pl + Qtz + Bt ± Hbl, indicando um metamorfismo também em fácies anfíbolito alto. A Unidade Paragnáissica Migmatítica Superior do Complexo Varginha-Guaxupé encontra-se pontualmente reestabilizada para fácies anfíbolito alto.

3.3. GEOLOGIA ESTRUTURAL

Este capítulo descreve as estruturas encontradas na área de estudo e as correlaciona com fases de deformação estudadas por diversos autores na região (ex.: Trouw *et al.*, 2013; Campos Neto e Caby, 1999; Peternel *et al.* 2005; Valeriano *et al.* 2000), com foco na megaestrutura que baliza a norte a *nappe* Guaxupé. Para isso são utilizados dados estruturais coletados durante o mapeamento geológico em escala 1:100.000 realizado na região e durante as etapas de amostragem, como descrito no item 1.4 - Metodologia.

Neste trabalho optou-se por adotar a nomenclatura descrita por Peternel *et al.*, (2005) para a região, onde são descritas quatro etapas de deformação: DB₁ e DB₂, que são relacionadas à deformação imposta pela colocação da faixa Brasília, e DR₁ e DR₂, relacionadas à Faixa Ribeira. Em termos regionais a deformação é oriunda da colisão da margem ativa do paleocontinente Paranapanema com a margem passiva do paleocontinente São Francisco,

formando o sistema de nappes da porção meridional da Faixa Brasília (Trouw *et al.*, 2003, 2006, 2013). A *Nappe* Guaxupé é interpretada por Campos Neto e Caby (1999 e 2000) como a raiz deformada de um arco magmático alojada nesta margem ativa do Paranapanema. Este conjunto foi empurrado em tectônica de casca fina sob rochas da Megassequência Andrelândia e amalgamada à raiz cratônica do paleocontinente São Francisco. Em sequência – durante edificação da Província Mantiqueira – ocorre colisão da Faixa Ribeira ao conjunto recém-agregado Faixa Brasília Meridional/Cráton São Francisco. Resulta em deformação progressiva disposta em duas etapas que afetam e por vezes obliteram estruturas geradas em D_{B1} e D_{B2} .

Trouw *et al.*, 2013 localizam a zona de sutura entre os paleocontinentes Paranapanema e São Francisco no topo do sistema de *nappes* Andrelândia. Esta zona se manifesta na forma da rampa lateral da *nappe* Guaxupé, uma zona de cisalhamento transpressiva de mais de 80 km de extensão que é objeto de estudo dessa dissertação e registra de forma eficiente as diversas etapas deformacionais supracitadas (umas mais, outras menos penetrativas). A seguir são descritas estruturas impressas às rochas da região da *nappe* Guaxupé. Para fins didáticos priorizou-se a descrição organizada por fases deformacionais em ordem cronológica; D_B , mais antiga associada à deformação da colagem da Faixa Brasília Meridional e D_R , mais recente, associada à orogenia da Faixa Ribeira.

3.3.1 Fase de deformação DB

D_{B1} , a primeira fase deformacional imposta na área mapeada, foi descrita como formadora da foliação S_{B1} e identificada através de análise microtectônica como trilhas de inclusões orientadas e por vezes dobradas por uma segunda foliação S_{B2} em cristais de granada. Este registro foi notado em raras lâminas de granada-biotita xisto da Unidade São Vicente (Figura 3.38), todavia não foi possível levantamento estatístico de medidas S_{B1} devido à escassa ocorrência desta foliação e aos diferentes ângulos de rotação de granada onde está inclusa que impossibilita a obtenção do *trend* original (pré rotação).

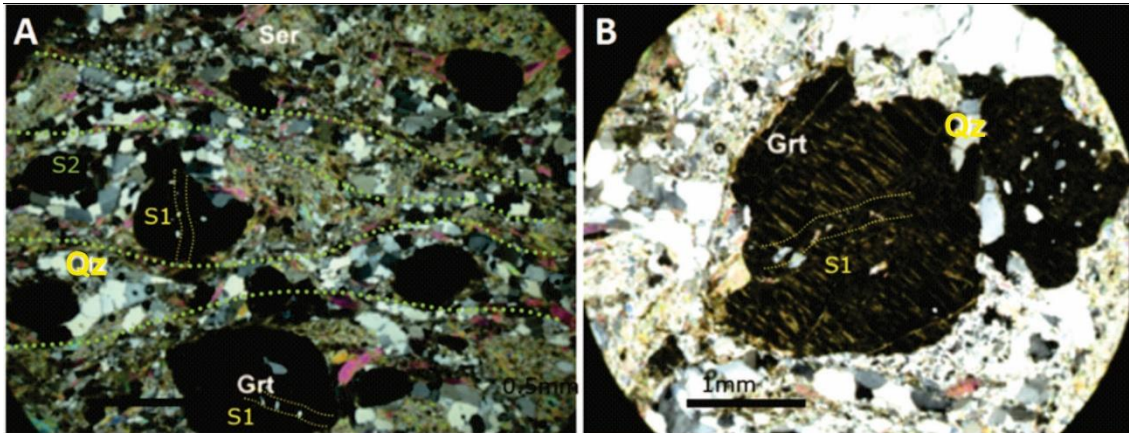


Figura 3.38. Relação entre S_{B1} e S_{B2} em fotomicrografia do xisto da unidade São Vicente (Lâmina GX502).

A fase D_{B2} é responsável pelo expressivo transporte tectônico da *Nappe* Guaxupé com movimentação de topo para ENE e estruturação de um sinformal de grande amplitude e eixo com baixo caimento para WSW. Na área estudada formou zonas de cisalhamento transpressivas de caráter transcorrente dextral na base da *nappe*. Nesta fase se desenvolveu a principal estrutura descrita na área, a foliação S_{B2} , além de lineações de estiramento mineral L_{B2} , e dobras assimétricas fechadas a isoclinais (Figuras 3.39 e 3.40).

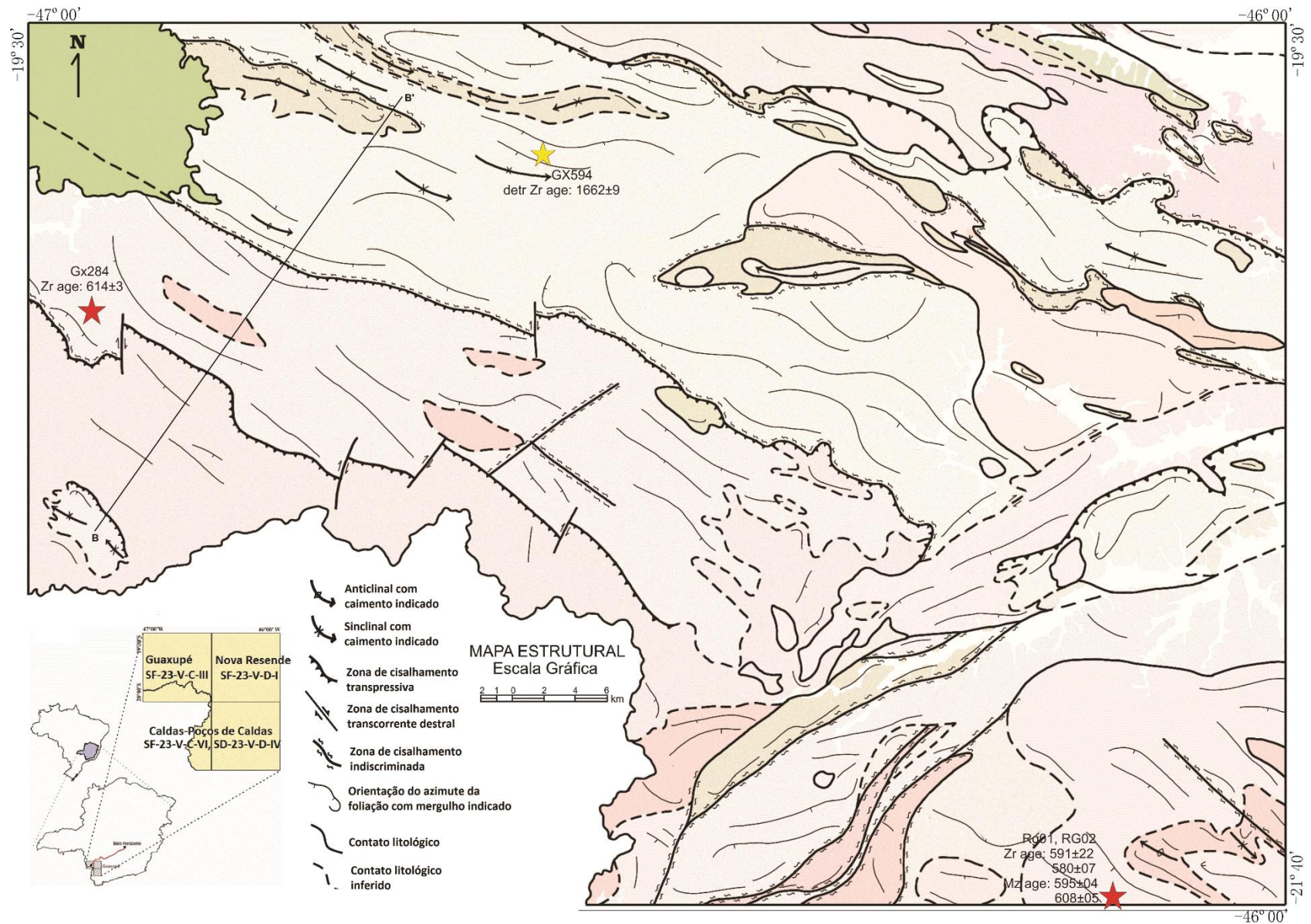


Figura 3.39. Mapa estrutural da região setentrional da Nappe Guaxupé, baseado nos mapas geológicos das folhas Guaxupé, Nova Resende, Caldas e Poços de Caldas (em anexo). Na porção noroeste, em verde, cobertura de rochas cretáceas da Bacia do Paraná. Estrelas marcam os pontos de coleta das amostras GX284 (vermelha) e GX594 (amarela). B-B' marca a localização do perfil da Figura 3.42.

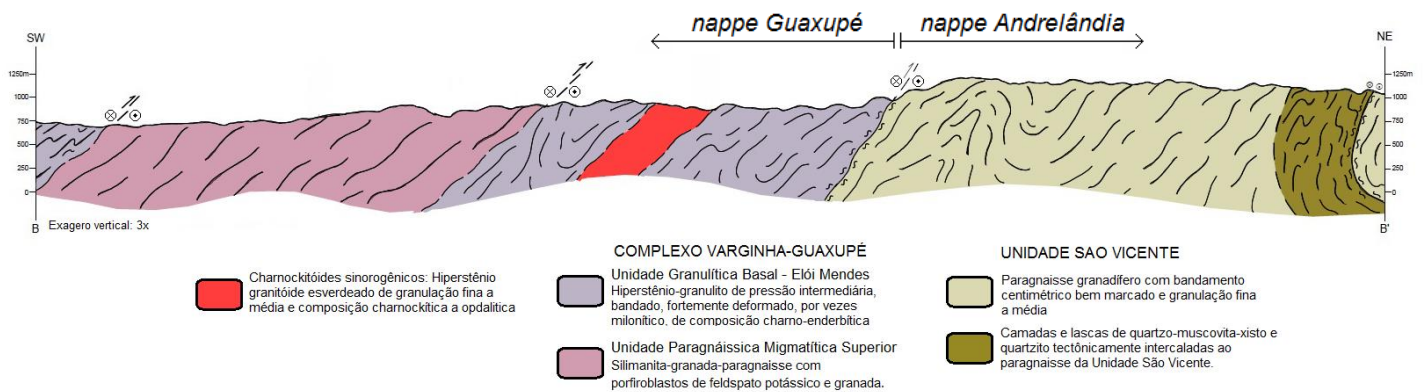


Figura 3. 40. Perfil B-B', que corta as várias unidades da área mapeada, bem como a zona de cisalhamento transpressiva que baliza o contato das bases das *nappes* Guaxupé e Andrelândia (Unidade São Vicente).

A foliação principal se manifesta de maneira diferente dependendo da reologia do litotipo que atinge. É penetrativa, contínua a espaçada (como nos quartzitos e veios de quartzo), com arranjo planar, principalmente nas rochas com textura granoblástica a granolepidoblástica (Figura 3.41), como nos gnaisses e granulitos do Complexo Varginha-Guaxupé. Já nas rochas xistosas da Unidade São Vicente e do Complexo Petúnia, desenvolve-se com trama anastomosada e arranjo sinuoso. De maneira geral é subparalela ao bandamento (Figura 3.42), possuindo mergulhos moderados para SSW, e é definida pela orientação preferencial de minerais como mica, anfibólio, piroxênio e sillimanita. Ocorrem comumente cristais orientados e estirados de feldspato, frequentemente ocelares, e quartzo em *ribbons* (Figura 3.47). Texturas de deformação como extinção ondulante, formação de subgrãos e novos grãos (nas bordas dos antigos) e contatos serrilhados a lobados são frequentes.



Figura 3. 41. A) GX762, UTM 300247/7642586, Zona: 23K-Datum: WGS84, bandamento bem marcado na rocha, dado por minerais micáceos e orientados. B) GX762, UTM

300247/7642586, Zona: 23K-Datum: WGS84, lineação de estiramento mineral em biotita, piroxênio e anfibólio.

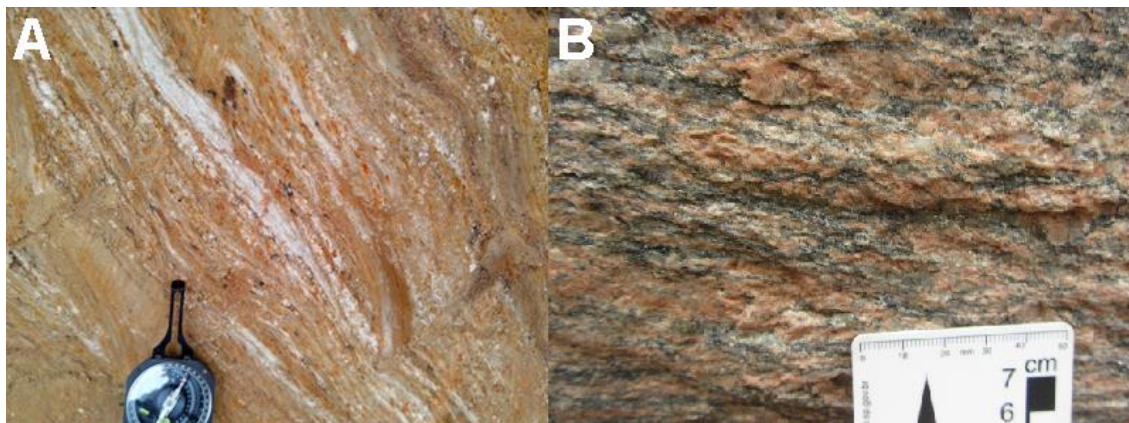


Figura 3. 42. A) Bandamento gnáissico evidenciado pelo intemperismo no ponto GX484, UTM 341348/7657118. B) Foliação SB2 marcada pela orientação de biotitas, piroxênios e anfibólios em granitóide do ponto NR1524, UTM 360937/7630945, Zona: 23K-Datum: WGS84.

Esta foliação S_{B2} encontra-se orientada principalmente na direção ENE com predomínio de mergulhos médios para SSW com valores variando bastante, de sub-horizontais a 60° (Figura 3.43). Próximos a zonas de cisalhamento e nas superfícies de empurrão associadas a progressão da deformação da fase D_{B2} , em destaque a zona de cisalhamento que baliza a *Nappe* Guaxupé, os litotipos adquirem textura milonítica e a foliação tende à vertical. A direção preferencial desta foliação milonítica, NE-SW coincide com os lineamentos estruturais observáveis em imagens de satélite e geofísicas da área (Figura 3.44), e sua melhor exposição está nas rochas do Complexo São João da Mata, principalmente nas zonas de contato tectônico da unidade (Figuras 3.45 e 3.46).

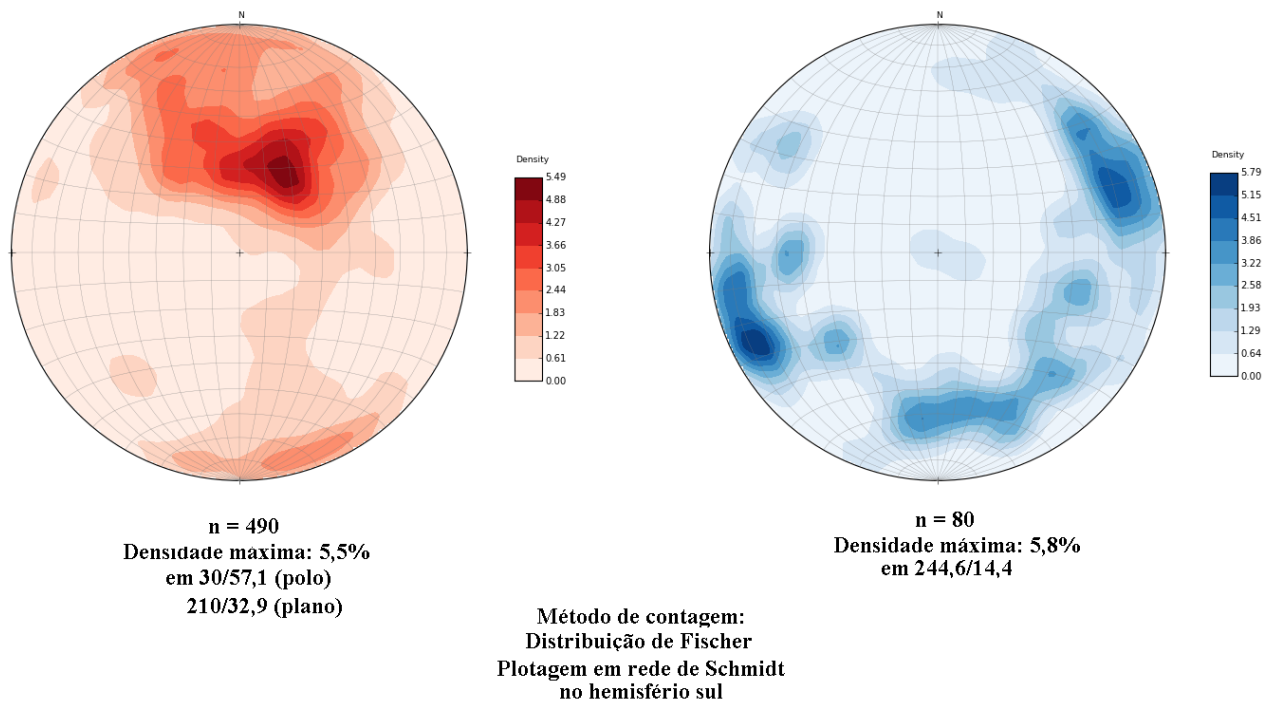


Figura 3. 43. Estereograma de contorno de pontos polares das foliações S_{B2} (esquerda) e de contorno de pontos polares das lineações L_{B2} (direita).

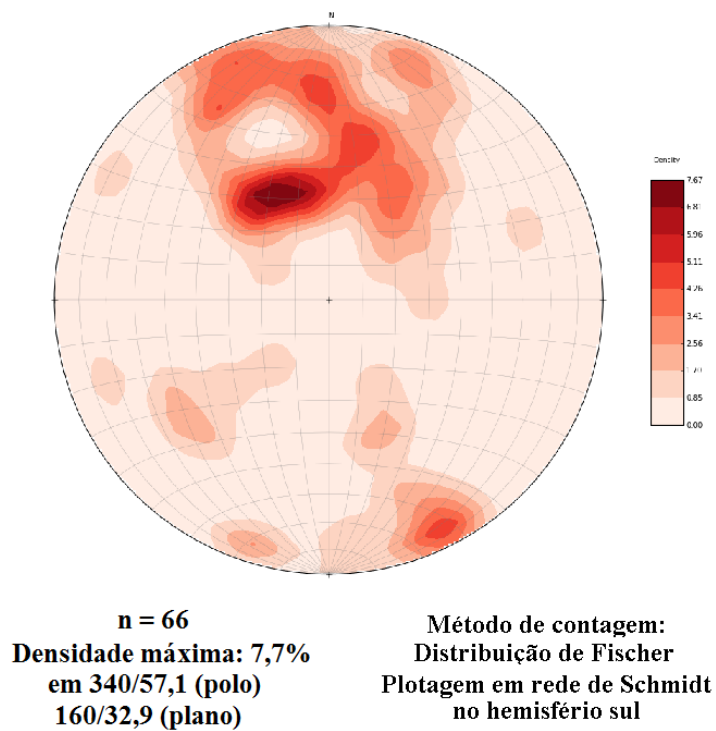


Figura 3.44. Estereograma de contorno de pontos polares das foliações milonítica na região setentrional da *Nappe* Guaxupé.

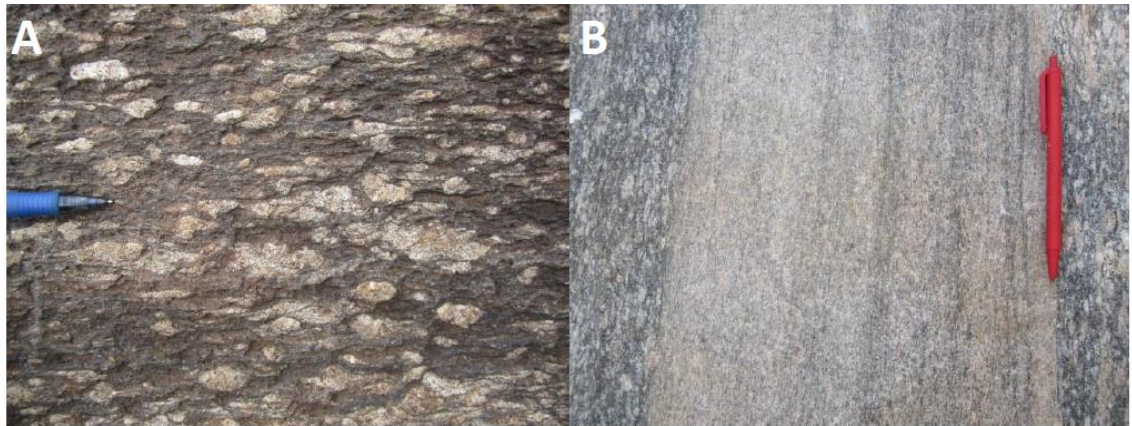


Figura 3. 45. A) Protomilonito do complexo São João da Mata no ponto C56, UTM 379742/7611021, Zona: 23K-Datum: WGS84. B) Milonito do Complexo São João da Mata no ponto C122, UTM 390571/7607508, Zona: 23K-Datum: WGS84.



Figura 3. 46. A) Milonito do lado esquerdo e neossoma do lado direito no Complexo gnáissico São João da Mata. Ponto PC12. B) Milonito do Complexo São João da Mata no ponto C97, UTM 390428/7614360, Zona: 23K-Datum: WGS84.

A lineação mineral (L_{B2}) tem atitude média para WSW e mergulhos baixos a moderados. É mais evidente nas rochas xistosas, mas também pode ser observada nos gnaisses e granitos principalmente quando estes estão mais deformados (Figura 3.47). Na maioria dos casos observa-se a lineação de estiramento desenvolvida por piroxênio, anfibólio, biotita, muscovita e quartzo fitado, mas muitas vezes é apagada pela migmatização que atinge as diferentes litologias. L_{B2} está disposta de forma oblíqua e por vezes *strike* em relação à S_{B2} , configurando um regime de caráter transpressivo com movimento de topo para ENE, indicado por estruturas tais como cristais rotacionados e *slickensides* (Figura 3.48).

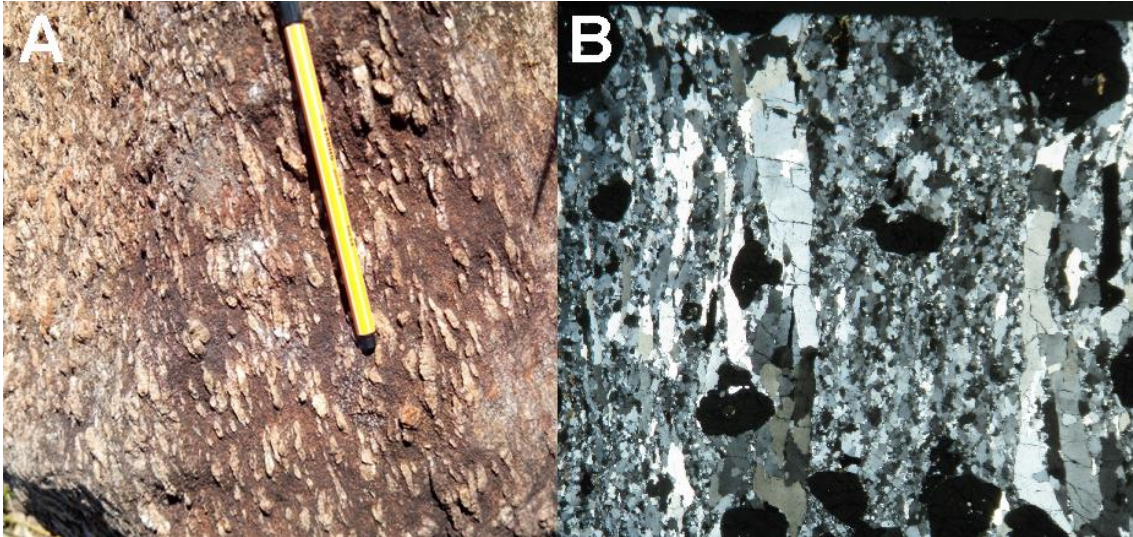


Figura 3. 47. A) Lineação marcante dada por cristais de quartzo estirados em fita no ponto GX756, UTM 305384/7641350, Zona: 23K-Datum: WGS84. B) Quartzo estirado em fitas em fotomicrografia com nicóis cruzados em gnaissse da unidade São Vicente no ponto NR 1332, UTM 364358/7647634, Zona: 23K-Datum: WGS84.

As dobras formadas pela fase deformacional D_{B2} são fechadas a isoclinais, assimétricas, de escala mesoscópica a megascópica, com plano axial de baixo ângulo e normalmente subparalelo à foliação S_{B2} e de eixos com leve caimento variando de WNW a ESE, comumente paralelas ou oblíquas à L_{B2} (Figura 3.49). A evolução deste dobramento com vergência para NE é possivelmente responsável pelo desenvolvimento de zonas de cisalhamento aproximadamente paralelas aos flancos destas dobras (Figura 3.50). Da mesma maneira, as rochas miloníticas encontradas nestas zonas de cisalhamento e próximas às superfícies de empurrão são associadas a essa progressão da deformação imposta durante D_{B2} .



Figura 3.48. Ponto GX344, UTM 324856/7654252, Zona: 23K-Datum: WGS84. Steps de falha com movimentação de topo para NNE e lineação mineral oblíqua, indicando movimento transpressivo na base da *nappe* Guaxupé. Gerada possivelmente durante a fase de deformação D_R devido ao caráter rúptil da estrutura.



Figura 3.49. A) e B) dobras fechadas na unidade migmatítica do Complexo São João da Mata, pontos C760 e C765. C) dobra isoclinal inclinada no Complexo São João da Mata, ponto PC24. D) dobra assimétrica na Unidade São Vicente, associada à fase de deformação D_{B2} , no ponto GX843, UTM 300111/7632266, Zona: 23K-Datum: WGS84.

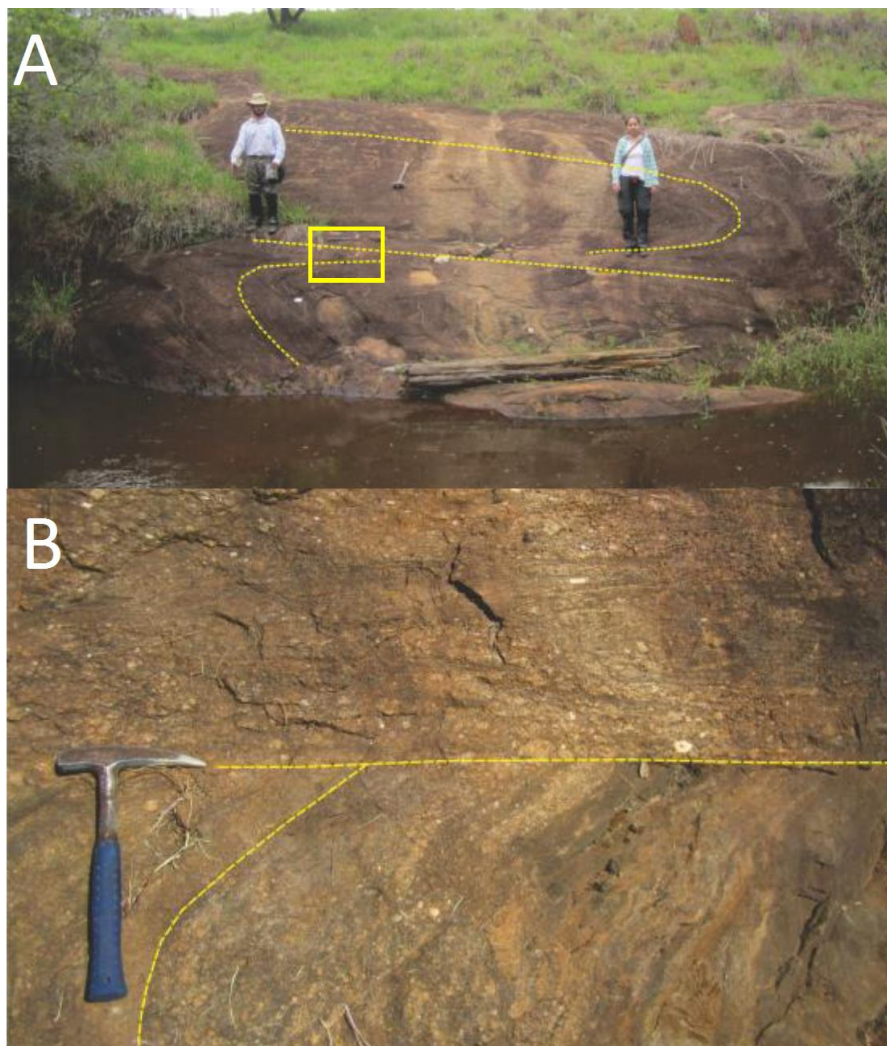


Figura 3. 50. A) dobra fechada com zona de cisalhamento no rompimento do flanco no Complexo São João da Mata. B) Detalhe da zona de cisalhamento no rompimento do flanco no ponto C56.

3.1.2. Fase de deformação DR

As estruturas da fase D_{R1} são resultado de uma compressão regional NW-SE, que forma dobras de escala regional, observadas principalmente na unidade São Vicente. Essas dobras são suaves a abertas e possuem traço axial NE-SW, com eixos caindo com baixo ângulo para WSW. Planos de clivagem de crenulação (S_{R1}) relacionados a esta compressão são mais evidentes nos xistos da área mapeada.

A última fase deformacional que atingiu a área mapeada foi D_{R2} , responsável por uma compressão E-W, gerando dobras abertas com planos axiais verticais e eixos majoritariamente N-S (pouco observadas na área), além de zonas de cisalhamento subverticais destrais e com direções principalmente NE-SW, que truncam e reorientam as estruturas prévias, por vezes as

utilizando como planos para se desenvolver. Essas zonas de cisalhamento reproduzem-se também em escala de afloramento com atitudes semelhantes. Relacionado à zona de cisalhamento dextral NE-SW da porção sudeste da área ocorre formação de dobramento de arraste em escala de mapa dos diferentes domínios litológicos e superfícies de milonitização, os quais antes da deformação estavam dispostos aproximadamente paralelamente ao limite norte da *nappe* (Figura 3.51).

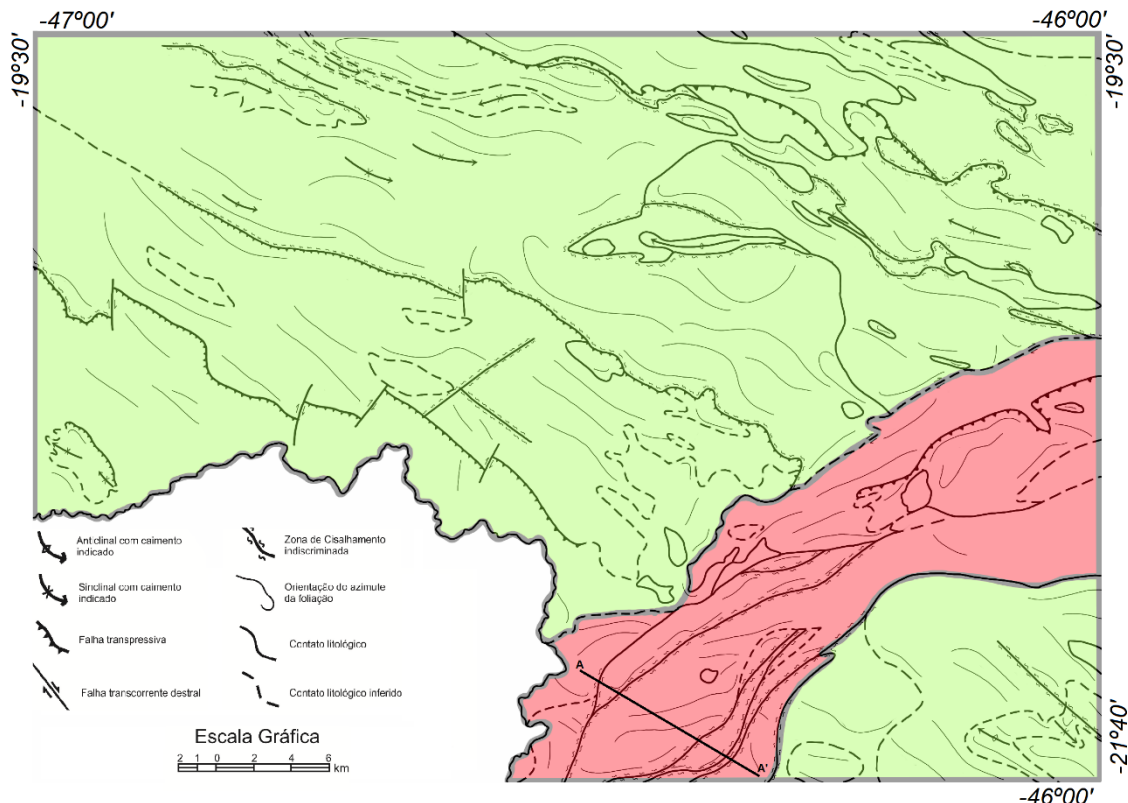


Figura 3. 51. Mapa estrutural simplificado da base da nappe Guaxupé. Em verde, trend NW-SE formado pela deformação imposta durante DB_2 . Em vermelho, trend NE-SW, formado posteriormente pela deformação imposta durante DR_1 . A-A' marca a localização do perfil da Figura 3.53.

Milonitos são encontrados relacionados à porção central da zona de cisalhamento dextral NE-SW que ocupa a porção sudeste da área de estudo e às zonas de cisalhamento de escala mesoscópica, de direção similar, localizadas principalmente na porção leste e sudeste da área (Figura 3.52). Parte delas pode ter sido gerada preteritamente e reativadas nesta fase. O cisalhamento que produziu a milonitização encontrada no contato das estruturas afetadas por esta grande zona de cisalhamento possivelmente foi gerada nas fases anteriores de deformação, provavelmente DB_2 , em função de sua orientação, e reativada durante a formação da zona. Os principais

indicadores cinemáticos destas estruturas são o arraste dos contatos litológicos na zona de cisalhamento (indicado também pelos mapas geofísicos), dos lineamentos magnéticos e a inflexão da foliação S_{B2} .

Com a progressão da deformação imposta na fase D_{R1} o regime tectônico em que se desenvolveu a zona de cisalhamento dextral NE-SW passa de plástico para plástico-rúptil, concentrando a deformação na sua porção central e gerando milonitização da rocha e verticalização das estruturas. Esta zona de cisalhamento quilométrica pode então ser classificada como **tipo II** de acordo com Fossen, 2010, que são zonas de cisalhamento que atingem uma espessura e, após um certo tempo, concentram a deformação em sua parte central (Figura 3.53). Estruturas rúpteis como os *steps* de falha da Figura 3.48 possivelmente foram geradas durante a parte final desta fase de deformação.



Figura 3. 52. Milonito com foliação anastomosada envolvendo porfiroclastos de feldspato rotacionados com cinemática dextral no ponto C442.

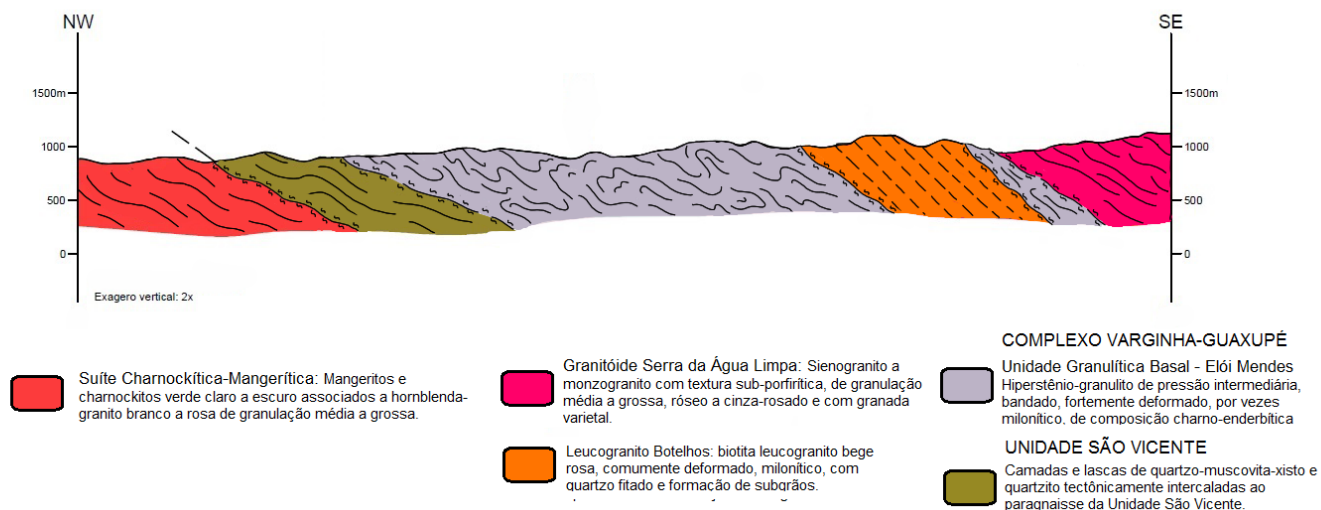


Figura 3. 53. Perfil A-A' da zona de cisalhamento destal tipo II, desenvolvida durante a fase deformacional D_{R1} . As rochas do Complexo Varginha-Guaxupé – no centro da estrutura – encontram-se muito mais deformadas do que as rochas das bordas da zona, frequentemente com estrutura milonítica marcante.

As bases das *nappes* Guaxupé e Andrelândia também foram deslocadas das suas configurações anteriores durante a fase D_{R2} , formando duas grandes zonas de cisalhamento transpressivas destrais. Ao longo destas zonas as rochas foram intensamente deformadas, formando milonitos e por vezes cataclasitos, indicando caráter reológico dúctil-rúptil, formado pelo ângulo de mergulho da zona de cisalhamento ou pela reativação da mesma quando em regime reológico rúptil. A foliação milonítica em torno dessas zonas de cisalhamento possui mergulho íngreme a subvertical para SW com lineação de estiramento mineral associada sub-horizontal, com atitude paralela ao *strike*. Elas possuem, em sua maioria, caráter destal, dado por indicadores cinemáticos como porfiroclastos de feldspato rotacionados, bandas de cisalhamento S-C' e pelo deslocamento de estruturas defletidas, como veios de quartzo e dobras de arraste (Figura 3.54).

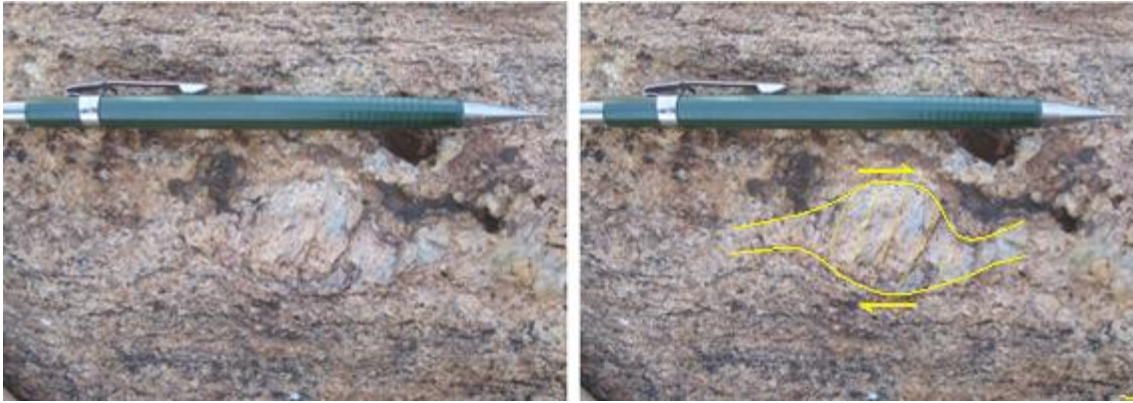


Figura 3. 54. Porfiroclasto assimétrico tipo delta fragmentado tipo dominó indicando movimentação dextral no ponto C930 – UTM 351088 / 76192, Zona: 23K-Datum: WGS84.

Muitas vezes a deformação intensa da fase D_{R2} mascara as estruturas pretéritas, obliterando ou reorientando indicadores da direção de movimento como lineações, *slickensides*, *steps* de falha, etc, principalmente nas superfícies de empurrão da base das *nappes*, formadas na fase deformacional D_{B2} . D_{R2} também causa deslocamento lateral do contato da base das *nappes*, na forma de falhas transcorrentes dextrais, principalmente na folha Guaxupé. Essas falhas provavelmente foram formadas como escape lateral para acomodar parte da deformação desta fase.

IV. GEOCRONOLOGIA

Este capítulo apresenta estudos geocronológicos realizados pelo método U-Pb (LA-ICP-MS) sobre cristais de zircão e monazita; sendo zircão analisado em quatro amostras e monazita em duas. O objetivo principal é determinar a proveniência sedimentar de um paragnaisse e obter idade de cristalização magmática assim como identificar diferentes etapas de abertura do sistema isotópico das rochas analisadas. É sabido que monazita e zircão apresentam diferentes temperaturas de fechamento isotópico (Breemen *et al.*, 1979; Cliff, 1985), enquanto a monazita apresenta temperatura de bloqueio em torno de 600°C, o zircão resiste até ca. 800°C sem sofrer distúrbio (Heaman & Parrish, 1991). Baseado neste conceito e apoiado em robusto banco de dados termobarométricos (Tab. 2), objetivou-se estimar a taxa de exumação da Nappe Guaxupé utilizando metodologia semelhante à adotada por Rubatto & Hermann (2001) para aferir taxa de exumação de eclogito em Km/Ma. Como a exumação da *Nappe* Guaxupé é o último grande evento metamórfico registrado pelas rochas analisadas, a idade de “fechamento isotópico” da monazita quando comparada à do zircão pode provir a taxa de exumação, dado que com o resfriamento progressivo se tem “fechamento” do zircão pretérito ao da monazita. A problemática maior seria quanto à variação na pressão durante a deformação, que pode inferir elevado erro ao cálculo da taxa de exumação, dado que a base usada é estritamente a temperatura de fechamento de cada mineral*; para tanto, afirma-se que a intenção é trazer um panorama geral para exumação, uma noção genérica que deve ser tratada com parcimônia dado às aproximações analíticas. Ainda em relação às condições de temperatura e pressão, todas análises geocronológicas se deram em litotipos que possuem dados termobarométricos publicados**, que foram devidamente compilados.

* dados de pressão são estimados com base na assembleia mineral em equilíbrio com a foliação *S_n* desenvolvida durante exumação da *Nappe* Guaxupé.

** Dados de pressão e temperatura obtidos para os litotipos analisados na região foram compilados dos trabalhos de Basei *et al.*, 1995; Oliveira & Ruberti, 1979; Choudhuri *et al.*, 1990; Del Lama, 1993; Del Lama *et al.*, 2000; Mota *et al.*, 2010; Vinagre, 2013; Vinagre *et al.*, 2014)

Titanita também foi separada para análise, porém todas apresentavam baixo teor de urânio, abaixo do limite de detecção do LA-ICP-MS. Todas as amostras foram coletadas na região limítrofe da *Nappe* Guaxupé, visando registrar da melhor maneira possível sua deformação e metamorfismo.

Das quatro amostras em que foram analisados cristais de zircão, duas são pertencentes ao Complexo São João da Mata (leucossoma deformado e indeformado de gnaiss migmatítico, amostras RG-01 e RG-02, respectivamente). Para fins comparativos com os dados de monazita serão utilizados somente grãos de zircão de filiação metamórfica ($Th/U < 0,2$) que registrem o evento de distúrbio isotópico mais recente sofrido pela rocha, que serão correlacionados. As outras duas amostras são da Unidade Granulítica Basal do Complexo Varginha-Guaxupé (Hiperstênio granulito - Amostra GX-284) e da Unidade São Vicente (gnaiss paraderivado - Amostra GX-594). As análises em monazita se deram nas duas amostras do Complexo São João da Mata (RG-01 e RG-02); nas demais amostras não foi encontrado tal mineral.

A metodologia aplicada para estas análises está descrita no *Capítulo 1* item 1.4.3. – *Metodologias – Análises Isotópicas – Método U-Pb*. Para definição de cada idade todos os dados obtidos foram avaliados em termos da quantidade de Pb comum, porcentagem de discordância, erros individuais das diversas idades, razões Th/U e posição do spot analisado, presença de grãos herdados e outros fatores eventuais.

Amostras RG-01 e RG-02 – Complexo São João da Mata

As duas amostras do Complexo São João da Mata foram coletadas no mesmo afloramento, um gnaiss com elevado grau de fusão parcial (Figura 4.1.); a primeira análise se deu em amostra de Leucossoma Deformado (Amostra RG-01) e a segunda em Fácies Leucossoma Indeformado (Amostra RG-02); o afloramento encontra-se próximo a cidade de Caldas, UTM: 382576E/7603985N – Zona: 23K - Datum: WGS84.

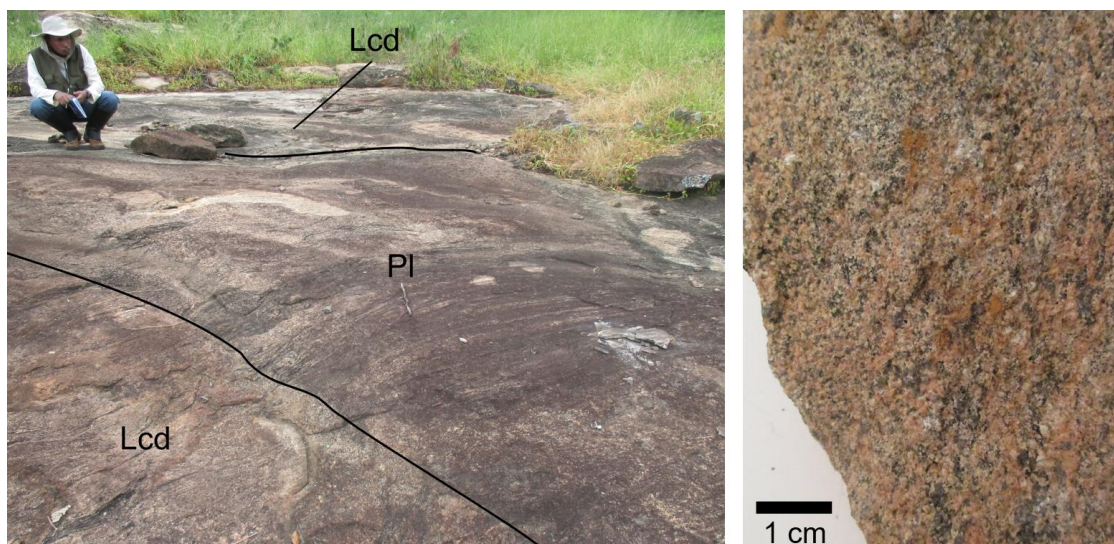


Figura 4.1. Fácies Leucossoma sin-deformacional (Lcd) do Complexo São João da Mata em lagoado próximo à cidade de Caldas – UTM 382576 / 7603985, Zona: 23K-Datum: WGS84).

4.1. AMOSTRA RG-01 – Leucossoma Deformado

A rocha datada corresponde à porção leucocrática deformada do migmatito do Complexo São João da Mata. A rocha possui composição granítica, granulação média, coloração rósea a bege, com sutil bandamento centimétrico dado pela alternância entre porções ricas em feldspato potássico e bandas ricas em plagioclásio. Além dos minerais supracitados a rocha apresenta quartzo e granada, com biotita e magnetita ocorrendo de forma subordinada. A deformação é evidenciada pela orientação de cristais de feldspato potássico, plagioclásio e quartzo.

Para a amostra RG-01 foram datados cinquenta cristais de zircão pelo método U-Pb em aparelho LA-ICP-MS (Figura 4.1; Tabela 2). Imagens de catodoluminescência mostram certa variabilidade na morfologia dos grãos, os cristais são prismáticos a levemente arredondados, de proporção aproximada 2:1 (cristais de proporção 1:1 e 3:1 ocorrem de forma subordinada). Preservam feições ígneas originais como zoneamento oscilatório e comumente apresentam sobrecrecimento metamórfico de elevada luminescência na borda dos grãos. Conteúdos e razões de U e Th são variáveis, o que permite a identificação de cristalização ígnea quanto de eventos de distúrbio isotópico (vide Tabela 1). O foco principal desta amostragem é a caracterização do evento de distúrbio isotópico mais recente para comparação com dados de monazita. O intervalo associado ao evento de distúrbio isotópico mais recente foi de difícil definição dado o elevado erro analítico, assim foi possível definição de idade 591 ± 22 Ma (MSWD = 0,1; Figura 4.1) com base em quatro grãos de boa consistência analítica.

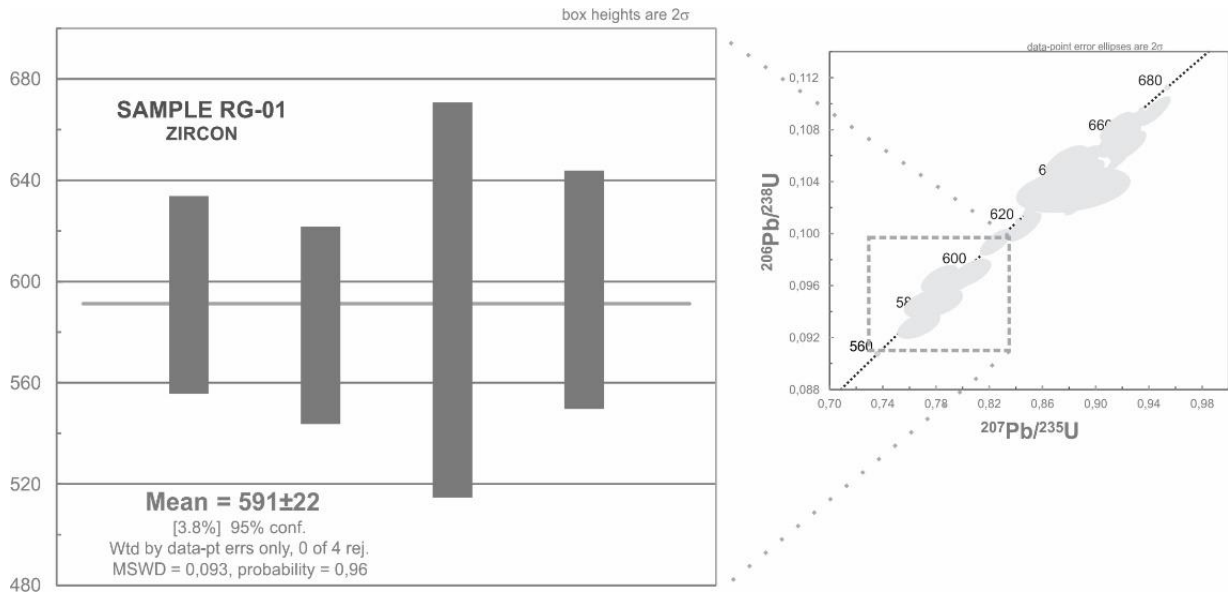


Figura 4. 2. Diagrama concórdia Wetherill da amostra RG-01 para todos os grãos de zircão e destaque para diagrama de variação média para grãos mais novos com razão Th/U < 0,2.

Para a amostra RG-01 foram analisados cristais de monazita buscando identificar evento metamórfico mais recente sofrido pela rocha. Cinquenta e oito cristais de monazita foram analisados pelo método U-Pb em aparelho LA-ICP-MS (Figura 4.3.; Tabela 1). Imagens de catodoluminescência mostram cristais prismáticos a levemente arredondados, de proporção aproximada 2:1 (cristais de proporção 3:1 ocorrem de forma subordinada) com feição interna isotrópica (Figura 4.4). Para cálculo de idade em diagrama concórdia Wetherill, selecionou-se as medidas dos cinco spots com melhor consistência analítica, resultando na idade-concórdia de 595 ± 4 Ma (MSWD = 4,5) para último evento de distúrbio isotópico que afetou o sistema da monazita (Figura 4.3).

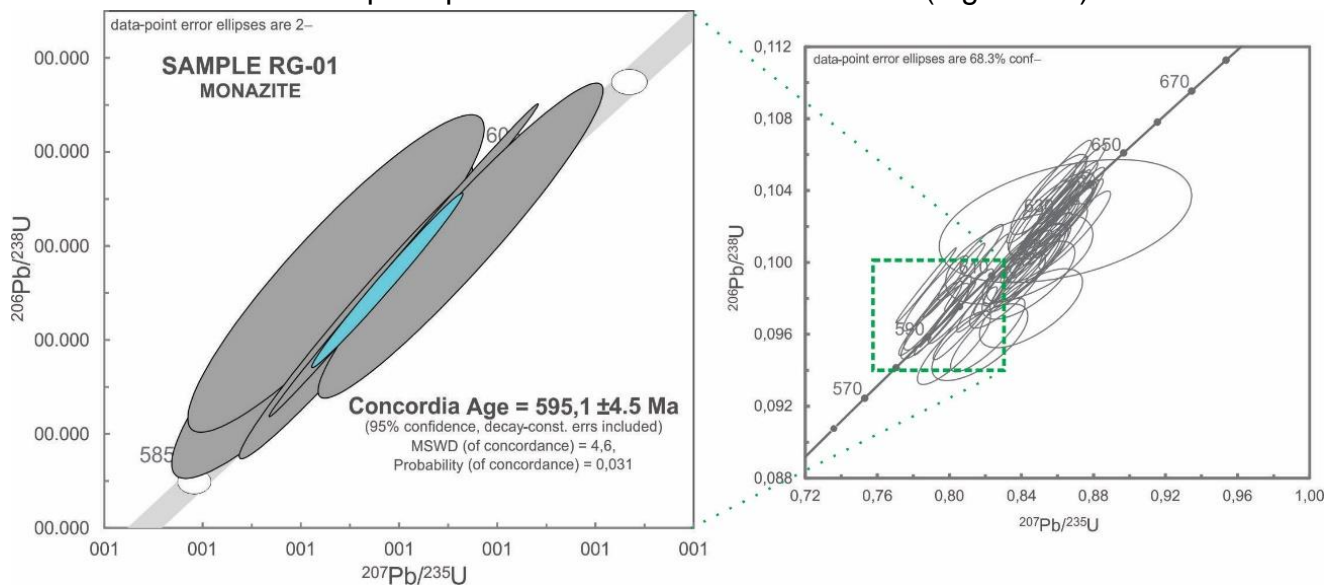


Figura 4. 3. Diagrama concórdia Wetherill da amostra RG-01 para todos os grãos de monazita e destaque para idade concórdia definida por grãos de melhor consistência analítica para amostra RG-01.

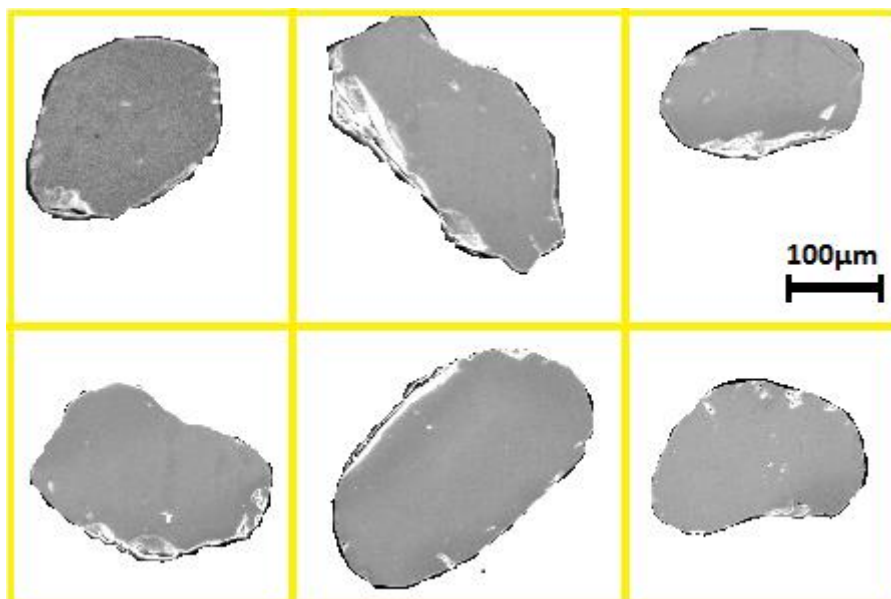


Figura 4. 4. Imagens de catodoluminescência de grãos de monazita da amostra RG01, correspondente à porção leucocrática deformada do migmatito do Complexo São João da Mata.

4.2. AMOSTRA RG-02 – Leucossoma Indeformado

A rocha datada corresponde à porção leucocrática indeformada do migmatito do Complexo São João da Mata. Rocha de composição granítica, coloração rósea, variando para tons de bege e cinza e granulação média a grossa. É composta por feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita e magnetita. Para a amostra RG-02 foram datados cinquenta e sete *spots* em cinquenta grãos de zircão pelo método U-Pb em aparelho LA-ICP-MS (Figura 4.5; Tabela 1). Imagens de catodoluminescência mostram certa variabilidade na morfologia dos grãos, de modo geral são muito semelhantes aos cristais da amostra RG-01. São prismáticos a levemente arredondados, de proporção aproximada 2:1, com proporções 1:1 e 3:1 ocorrendo de forma subordinada. Todos os grãos separados mostram feições ígneas originais (*e.g.* zoneamento oscilatório) bem preservada, assim como todos os grãos apresentam sobrecrecimento metamórfico de elevada luminescência na borda dos cristais. Conteúdos e razões de U e Th são variáveis, o que permite a identificação de cristalização ígnea quanto de eventos de distúrbio isotópico (vide Tabela 1). Volta-se a alertar quanto ao foco principal desta amostragem: a caracterização do evento de distúrbio isotópico mais recente para comparação com dados de monazita. Para cálculo de idade em diagrama concórdia Wetherill do intervalo associado ao evento de distúrbio isotópico mais recente, selecionou-se as medidas dos três *spots* com melhor consistência analítica resultando na idade-concórdia de 580 ± 7 Ma (MSWD = 8,5; Figura 4.5).

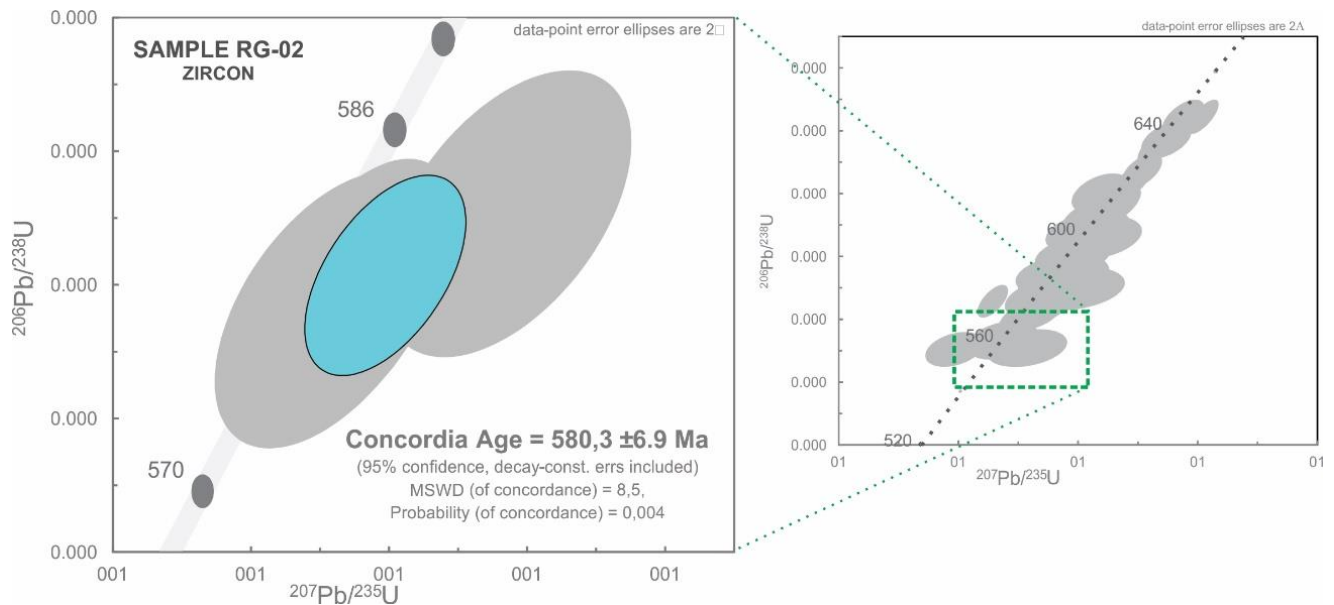


Figura 4. 5. Diagrama concórdia Wetherill da amostra RG-02 para todos os grãos de zircão e destaque para idade concórdia definida por grãos de melhor consistência analítica entre análises mais novas com razão Th/U<0,2.

Para a amostra RG-02 foram analisados cristais de monazita buscando identificar evento metamórfico mais recente sofrido pela rocha. Cinquenta e oito cristais de monazita foram analisados pelo método U-Pb em aparelho LA-ICP-MS (Figura 4.6.; Tabela 1). Imagens de catodoluminescência mostram cristais prismáticos a levemente arredondados, de proporção aproximada 2:1 (cristais de proporção 3:1 ocorrem de forma subordinada) com feição interna isotrópica (Figura 4.7). Para cálculo de idade em diagrama concórdia Wetherill, selecionou-se as medidas dos sete spots com melhor consistência analítica, resultando na idade-concórdia de 607,7 ± 5 Ma (MSWD = 0,10) para último evento de distúrbio isotópico que afetou o sistema da monazita (Figura 4.6).

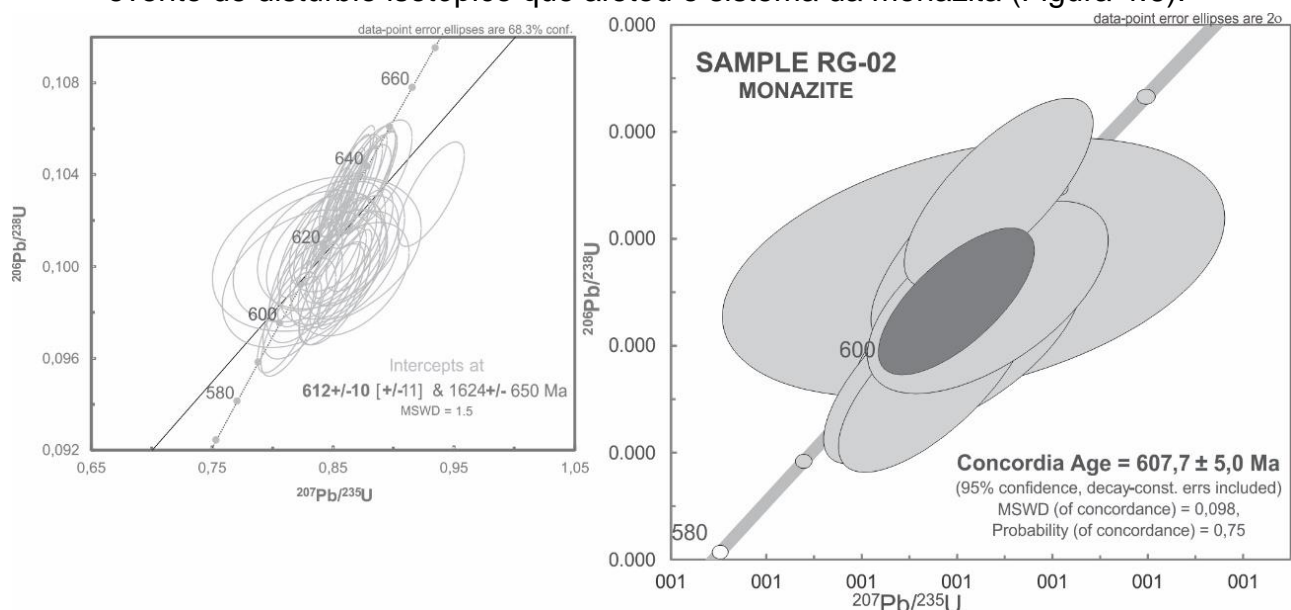


Figura 4.6. Diagrama concórdia Wetherill da amostra RG-02 para todos os grãos de monazita e destaque para idade concórdia definida por grãos de melhor consistência analítica para amostra RG-02.

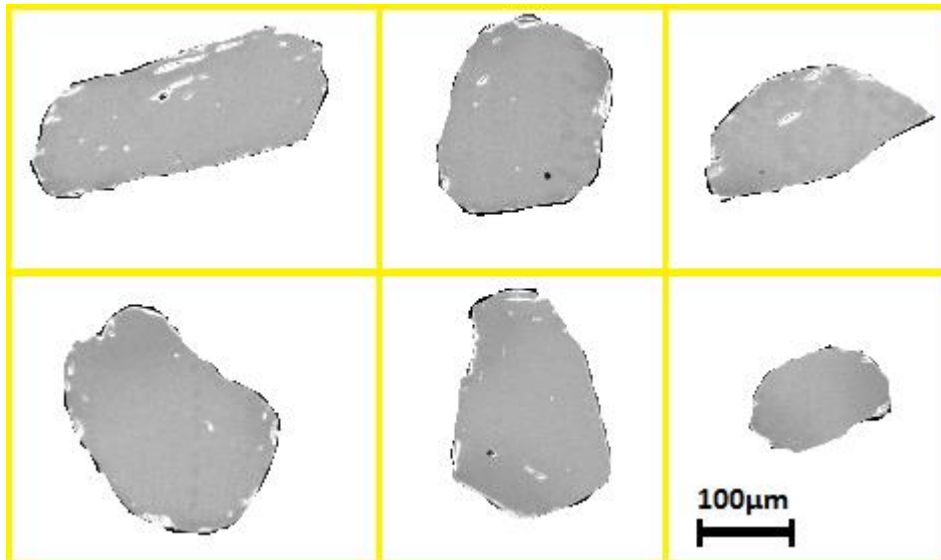


Figura 4.7. Imagens de catodoluminescência de grãos de monazita da amostra RG02, correspondente à porção leucocrática indeformada do migmatito do Complexo São João da Mata.

4.3. AMOSTRA GX-284 – Hiperstênio granulito da Unidade Granulítica Basal

A amostra foi coletada em afloramento poucos quilômetros ao sul de Monte Santo de Minas, na margem da BR491 (UTM: 297334E / 7650711N – Zona: 23K - Datum: WGS84). A rocha datada é um hiperstênio granulito de cor cinza escuro (Figura 4.8) por vezes com bandamento de espessura centimétrica com mergulho médio rumo SW. Apresenta granulação fina a média, sendo as bandas máficas compostas essencialmente por ortopiroxênio e clinopiroxênio, enquanto plagioclásio, feldspato potássico e quartzo compõem as bandas félsicas. Granada, biotita e minerais opacos ocorrem como minerais acessórios e anfibólio como secundário, proveniente da alteração dos cristais de piroxênio. A deformação é evidenciada pela orientação dos minerais félsicos e máficos que materializam foliação paralela ao bandamento supracitado.



Figura 4. 8. Hiperstênio granulito da Unidade Granulítica Basal do Complexo Varginha-Guaxupé no afloramento analisado (UTM: 297334E / 7650711N – Zona: 23K - Datum: WGS84).

Para a amostra GX-284 foram analisados sessenta e cinco cristais de zircão pelo método U-Pb em aparelho LA-ICP-MS (Figura 4.9; Tabela 1). Imagens de catodoluminescência mostram cristais prismáticos a levemente arredondados, de proporção aproximada 2:1 (cristais de proporção 3:1 ocorrem de forma subordinada). Preservam feições ígneas originais como zoneamento oscilatório e comumente apresentam sobrecrescimento metamórfico de elevada luminescência na borda dos grãos, porém este sobrecrescimento é muito fino, impossibilitando analisá-lo (Figura 4.9). Razões de U e Th são elevadas, permitindo determinação marcante da idade de cristalização ígnea

do granulito, porém impossibilita a averiguação de eventos de distúrbio isotópico (vide Tabela 1).

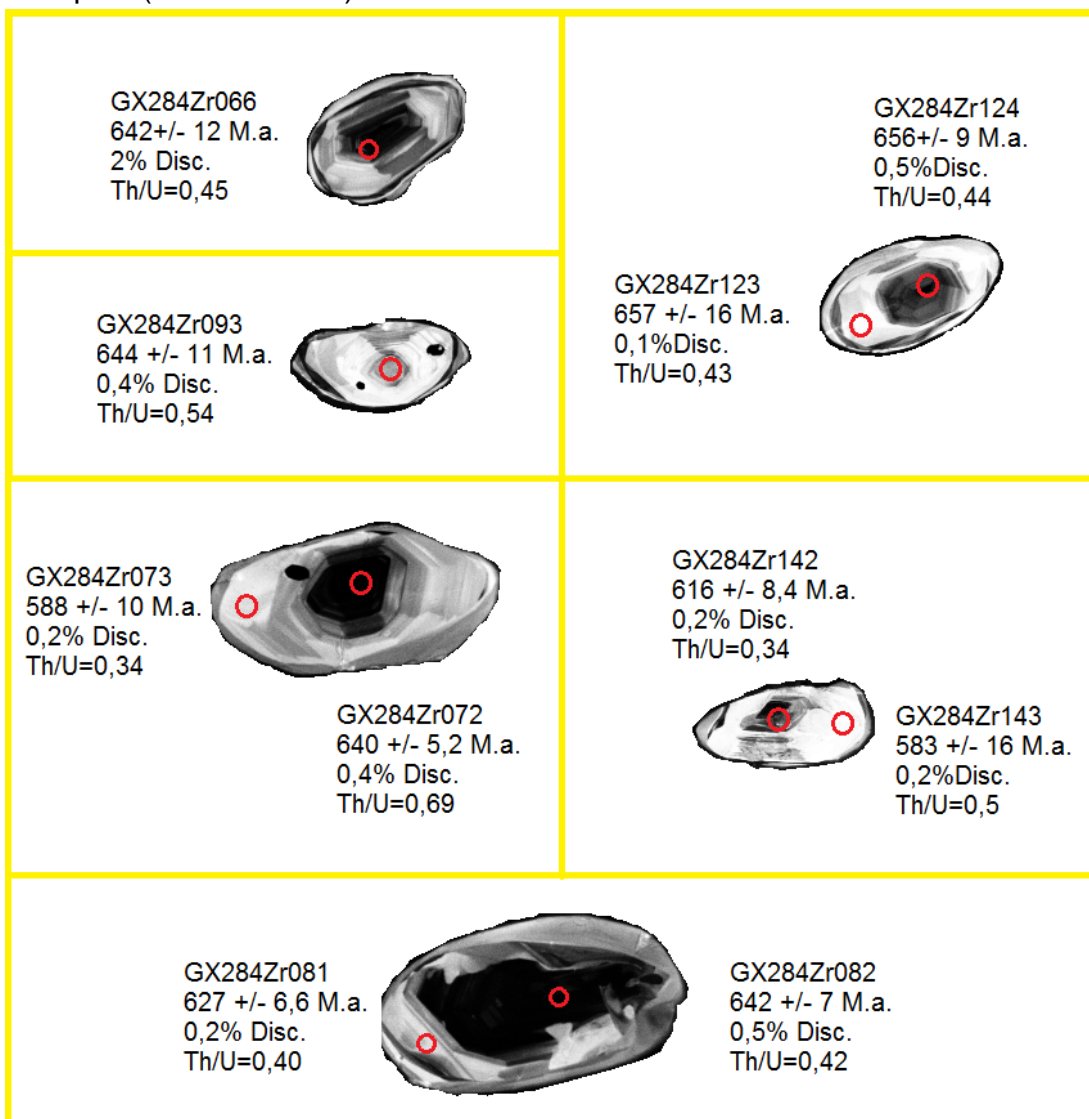


Figura 4. 9. Imagens de catodoluminescência de grãos de zircão do charnockito da amostra GX284, Unidade Granulítica Basal. Spot: 25µm.

Para cálculo de idade em diagrama concórdia Wetherill, selecionou-se as medidas dos dezesseis spots com melhor consistência analítica, resultando na idade-concórdia de 614 ± 3 Ma (MSWD = 0,91) para a cristalização magmática do protólito do Hipertênio Granulito (Figura 4.10).

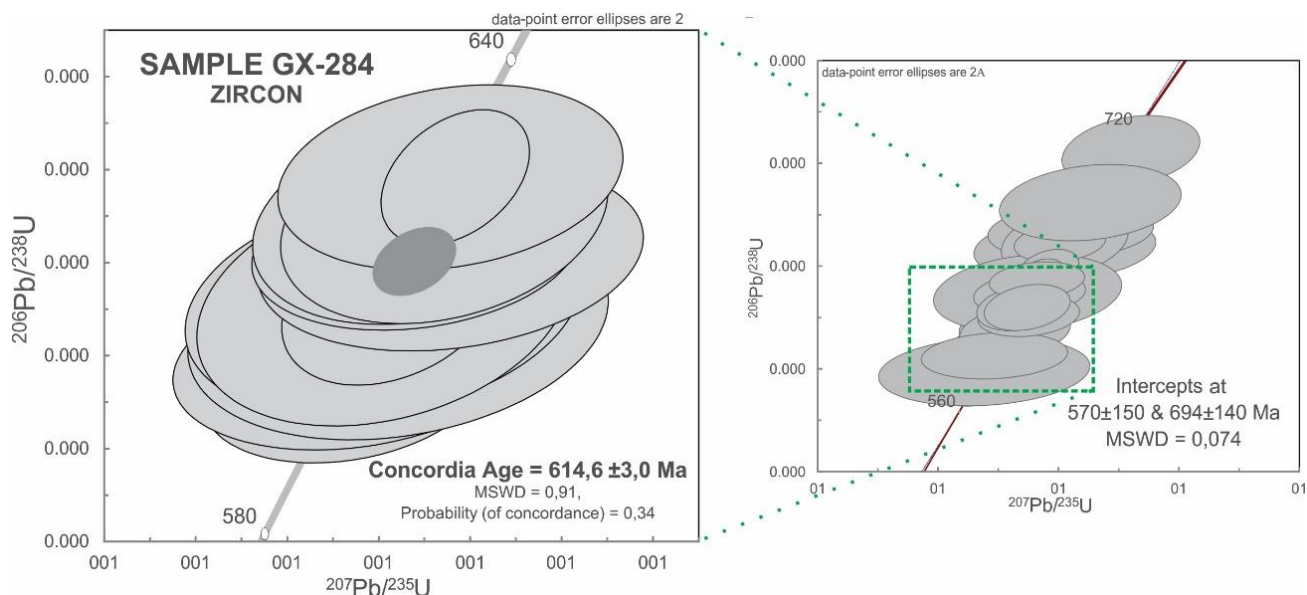


Figura 4. 10. Diagrama concórdia Wetherill da amostra GX-284 para todos os grãos de zircão e destaque para idade concórdia definida por grãos de melhor consistência analítica

4.4. AMOSTRA GX-594 – Paragneisse granadífero da Unidade São Vicente

A amostra foi coletada em afloramento poucos quilômetros a nordeste de São Pedro da União, num corte de estrada na BR146 (UTM: 334718E / 7664926N – Zona: 23K - Datum: WGS84). A rocha datada é um gnaiss paraderivado (Figura 4.11), de granulação fina a média e coloração cinza, com bandamento centimétrico de mergulho alto rumo SW. Apresenta textura granolepidoblástica, e é composto por plagioclásio, quartzo, biotita, granada, muscovita, epidoto e microclina. O bandamento encontra-se parcialmente migmatizado, com porfiroclastos de feldspato e quartzo rotacionados indicando movimento reverso com topo para NNE.



Figura 4. 11. Paragneisse granadífero da Unidade São Vicente no afloramento datado (UTM: 334718E / 7664926N – Zona: 23K - Datum: WGS84).

As imagens dos grãos de zircão analisados mostram amplas variações na morfologia, arredondamento e feições internas, independentemente das idades individuais, evidenciando sua natureza detrítica, e diversidade de fontes

e de transporte sedimentar (Figura 4.12). Os cristais são prismáticos a arredondados, de proporção variando de 1:1 a 3:1, ora preservam feições ígneas originais como zoneamento oscilatório, ora mostram-se com núcleo homogêneo (típico de crescimento metamórfico)

Para a amostra GX-594 foram analisados 127 (cento e vinte e sete) *spots* no mesmo número de grãos detríticos de zircão. Os dados de cada *spot* foram avaliados conforme os critérios convencionais (quantidade de Pb comum, porcentagem de discordância e erros individuais, dentre outros) e cinquenta e seis deles foram excluídos dos cálculos. Setenta e um *spots* foram utilizados para o cálculo da proveniência dos grãos (Figura 4.13). A elevada similaridade das idades impossibilita a partição em intervalos, sugerindo fonte Estateriana marcante no preenchimento da paleobacia São Vicente. O pico modal se dá em 1670 Ma, e apesar de não ser indicado, uma análise concórdia dos oito dados com melhor consistência analítica foi realizada, esta provém idade de 1662 ± 9 Ma (MSWD = 2; Figura 4.13).

O valor obtido acima tem fonte possível na grande região do Paleocóntinente São Francisco, magmatismos associados a eventos do Estateriano como os que geraram a subprovíncia Tocantins, formadores dos corpos Serra Dourada, Serra da Mesa, Serra do Encosto, Serra Branca, Florêncio e Serra Cangalha (Reis, 1983), localizada entre os estados de Goiás e Tocantins.

Do ponto de vista estatístico, a idade máxima de deposição do sedimento psamítico é balizada pelo valor 1662 ± 9 Ma. Contudo, o grão mais novo (111) da amostra GX-594 apresenta idade praticamente concordante (3%) em 1487 ± 9 Ma, sugerindo que a deposição do protólito sedimentar do paragnaisse São Vicente poderia se situar no limiar Ectasiano-Calimiano. Porém é um dado que deve ser tratado com cuidado, dado sua baixa confiabilidade estatística. A extrema similaridade dos dados obtidos sugere proveniência exclusiva de uma fonte ou de bacia confinada sendo suprida por fonte restrita, tal estilo de espectro é típico de bacias associadas a arco magmático (Cawood *et al.*, 2013).



Figura 4. 12. Imagens de catodoluminescência de grãos de zircão do paragneisse da amostra GX-594, Unidade São Vicente. Spot: 25µm.

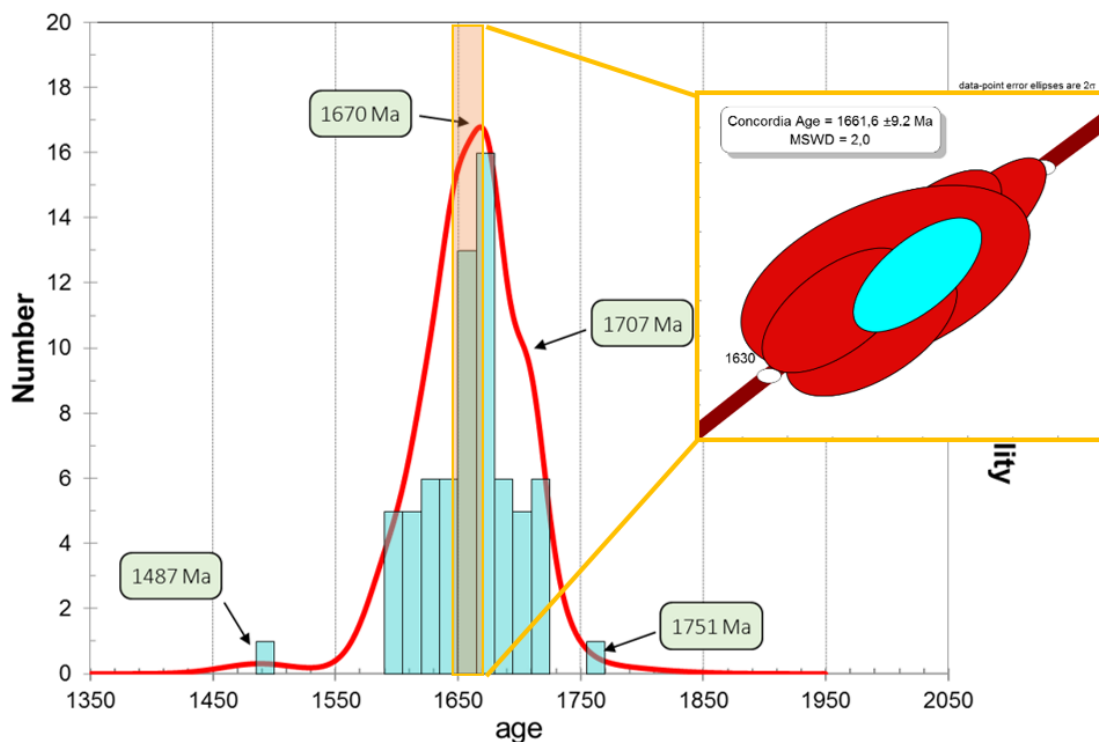


Figura 4. 13. Histograma de idades U-Pb de grãos detriticos de zircão, com indicação da curva de distribuição dos picos de probabilidade para a amostra GX-594. Em detalhe Idade-concordia dos grãos de maior consistência analítica.

4.5. DISCUSSÃO DOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS

Objetivando determinar a idade de cristalização magmática/proveniência sedimentar das rochas analisadas e identificar diferentes etapas de abertura do sistema isotópico, foram realizadas análises isotópicas em monazita e zircão em amostras coletadas na região limítrofe da *Nappe* Guaxupé, visando registrar da melhor maneira possível sua deformação e metamorfismo. Em quatro amostras foram analisados cristais de zircão, sendo duas pertencentes ao Complexo São João da Mata (leucossoma deformado e indeformado de gnaiss migmatítico, Amostras RG-01 e RG-02, respectivamente), uma pertencente à Unidade Granulítica Basal do Complexo Varginha-Guaxupé (Hiperstênio granulito - Amostra GX-284) e a última pertencente à Unidade São Vicente (gnaiss paraderivado - Amostra GX-594). Análise em monazita nas amostras RG-01 e RG-02 também foram realizadas nesta dissertação para fins comparativos.

O gnaiss paraderivado da Unidade São Vicente mostra idade máxima de deposição balizada pelo limiar Ectasiano-Calimiano. Vale destacar que a extrema similaridade dos dados obtidos (Figura 4.13) sugere deposição da bacia São Vicente em ambiente confinado, sendo suprida por fonte restrita, tal estilo de espectro é típico de bacias associadas a arco magmático (Cawood *et al.*, 2013), porém o intervalo obtido arremete a etapa tafrogênica com gênese restrita a magmatismo associado a rifteamento. A fonte mais provável para esta bacia seriam os granitóides da subprovincia Tocantins, localizados entre os

estados de Goiás e Tocantins. Com isso, admite-se uma proveniência em bacia rifte de fonte restrita, encaixada. Os demais dados estão sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1: idades obtidas para amostras RG-01, RG-02 e GX-284 para zircão e monazita. Os dados de zircão foram separados em razões Th/U inferiores e superiores a 0,2.

AMOSTRA	LITOTIPO	MONAZITA	ZIRCÃO Th/U < 0,15	ZIRCÃO Th/U > 0,2
RG-01	Leucossoma Deformado	595 ± 4 Ma	591 ± 22 Ma	
RG-02	Leucossoma Indeformado	608 ± 5 Ma	580 ± 7 Ma	
GX-284	Hiperstênio Granulito			614 ± 3 Ma

A divisão de idades em zircão em razões Th/U inferiores e superiores a 0,2 foi baseada no conceito de Gebauer *et al.* (1997). De acordo com os autores, em rochas félsicas a intermediárias a razão Th/U funciona como indicador petrogenético de primeira grandeza, pois permite discriminar a natureza ígnea ou metamórfica do cristal (região do *spot* analisado). Em domínios com o sistema U-Th-Pb magmáticos fechado (não resetado) normalmente a razão Th/U varia entre 0.2 e 0.8. Valores de 0.1 ou menores indicam empobrecimento de Th relativamente ao U, o que sinaliza para a abertura do sistema isotópico em evento termo-tectônico, em geral metamorfismo de médio a alto grau. É sabido que monazita e zircão apresentam diferentes temperaturas de fechamento isotópico (Breemen *et al.*, 1979; Cliff, 1985), 600°C e 800°C, respectivamente. Diversos trabalhos mostram ainda que o sistema isotópico começa a sofrer distúrbios e resetamento (total ou parcial) a temperaturas inferiores às supracitadas.

O pico metamórfico da Faixa Brasília Meridional é associado ao evento de exumação de nappes (Peternel *et al.*, 2005; Campos Neto & Caby, 1999, 2000; Trouw *et al.*, 2000; Campos Neto *et al.*, 2004, 2007, 2010, 2011; Valeriano *et al.*, 2004, 2008; Mantovani *et al.*, 2005; Paciullo *et al.*, 2000), evento que gerou assembléias minerais distintas na base (Sil + Cd + Grt + Pl + Bt + Qtz) e topo (Opx + Cpx ± Hbl + Pl + Grt e Kf + Pl + Qtz + Bt ± Hbl) da *Nappe* Guaxupé. Associando a dados termobaramétricos compilados, objetivou-se estimar a taxa de exumação da *nappe* utilizando metodologia semelhante à adotada por Rubatto & Hermann (2001) para aferir taxa de exumação de eclogito em Km/Ma. Como a exumação da *Nappe* Guaxupé é o último grande evento metamórfico registrado pelas rochas analisadas, a idade de “fechamento isotópico” da monazita e zircão quando comparada à cristalização ígnea do zircão pode provir a taxa de exumação. Obviamente deve-se levar em consideração a opacidade semântica inerente a métodos analíticos, por exemplo, a amostra RG-02 proveu dados de idade de monazita mais velhos que zircão, algo inesperado em prol da base teórica. Portanto, afirma-se que a intenção é trazer um panorama geral para exumação, uma noção genérica que deve ser tratada com parcimônia dado às aproximações analíticas.

Para cálculo da taxa de exumação da *nappe* foram utilizados dados de pressão e temperatura publicados nos trabalhos de Basei *et al.* (1995), Oliveira & Ruberti (1979), Choudhuri *et al.* (1990), Del Lama (1993), Del Lama *et al.* (2000), Mota *et al.* (2010), Vinagre (2013) e Vinagre *et al.* (2014), que realizaram estudos termobarométricos em rochas semelhantes ou associadas às unidades datadas nesta dissertação (Tabela 2). A Figura 4.14. resume os dados termobarométricos e geocronológicos obtidos, as barras azuis, verdes e vermelha representam o intervalo para idades de zircão e monazita das amostras RG-01, RG-02 e GX-284 levando em consideração o respectivo erro analítico. Acima tem-se os dados de pressão e temperatura com profundidade estimadas, o estereograma mostra a orientação preferencial da exumação da *nappe*.

Tabela 2: Dados termobarométricos publicados para região em estudo.

P(Kbar)	T(°C)	ROCHA	AUTOR
5	750	Batólito Serra da água Limpa	Vinagre, 2014
6	830	Batólito Serra da água Limpa	Vinagre, 2014
7	700	Granulito basal	Del Lama, 2000
8,5	810	Granulito basal	Del Lama, 2000
14,4	1040	Granulito basal	Del Lama, 2000
8	795	Clinopiroxênio-ortopiroxênio granulito	Oliveira & Hypolito, 1978
8	883	Clinopiroxênio-ortopiroxênio granulito	Oliveira & Hypolito, 1978
5,6	740	Granada-cordierita gnaiss	Oliveira & Ruberti, 1979
6,3	770	Granada-cordierita gnaiss	Oliveira & Ruberti, 1979
7	800	metagabro	Choudhuri <i>et al.</i> , 1990
8	800	metagabro	Choudhuri <i>et al.</i> , 1990
11	950	-	Vasconcellos <i>et al.</i> , 1991
10	850	-	Vasconcellos <i>et al.</i> , 1991
11	870	Granada Granulito	Del Lama, 1993
12	890	Granada Granulito	Del Lama, 1993
9,2	740	Granulito Félsico	Del Lama, 1993
9,2	770	Granulito Félsico	Del Lama, 1993
8,5	850	Granada Granulito	Iyer <i>et al.</i> , 1996
12	900	Cianita-granada granulito	Campos Neto & Caby 1999
7,5	850	Cianita-granada granulito	Campos Neto & Caby 1999

Portanto, associando a cristalização ígnea da amostra GX-284 com o registro do pico metamórfico sincronológico à etapa principal de exumação da *nappe* registrado nas amostras RG-01 e RG-02, e dados termobarométricos compilados e de assembléia mineral, pode-se estimar a taxa de exumação da *Nappe* Guaxupé. Para o cálculo foi levado em consideração dados de pressão e temperatura obtidos para o pico metamórfico na região em rochas similares às datadas na presente dissertação. Importante enfatizar que este cálculo leva em consideração que toda a *Nappe* Guaxupé tem evolução P-T-t (pressão, temperatura e tempo) similar. A assembléia mineral das rochas analisadas para

geocronologia corrobora com condições P-T dados exibidos por diversos autores (Tabela 2).

A associação entre dados U-Pb em monazita e zircão e os diferentes estágios metamórficos (caracterizados pela variação dos dados P-T compilados) permitem definir caminho P-T-t para descrever a exumação da *Nappe* Guaxupé (Fig. 4.14). O caminho foi construído embasado na datação *in situ* de zircão e monazita formados em diferentes condições P-T. O caminho P-T-t provém visualização da exumação da *nappe*, que sobrepõe rochas granulíticas a unidades metamorizadas em fácies anfíbolito; auxiliando a compreensão da dinâmica deste processo. A idade de exumação da *Nappe* Guaxupé é descrita em diversos trabalhos durante o Ediacarano (ca. 604 Ma; Trouw *et al.*, 2003, 2006, 2008, 2013, Peternel *et al.*, 2005, Paciullo *et al.*, 2003; Ribeiro *et al.*, 2003; Zuquim *et al.*, 2011), e os dados obtidos corroboram com esta hipótese.

Assumindo pressão litostática e litosfera acamadada, a maior medida de pressão (14,4 KBar; Del Lama *et al.*, 2000) indica profundidade máxima em ca. 50 Km; aqui associada à cristalização/metamorfismo de fácies granulito de idade 614 ± 3 Ma (amostra GX-284). Dados obtido por Vinagre (2014) para o Batólito Serra da Água Limpa retratam a melhor referência para dados P-T das amostras RG-01 e RG-02 (tabela 2). Martins (2016) baseada em petrografia, dados de campo, litoquímicos e isotópicos (U-Pb) comprova associação de fluido leucocrático do Complexo São João da Mata (rocha analisada nas amostras RG-01 e RG-02) como fonte ao Batólito Serra da Água Limpa (dados P-T de Vinagre, 2014), estando em equilíbrio condições P-T com o mesmo. As medidas de pressão (6 KBar e 7 KBar, Vinagre, 2014) indicam profundidade ca. 19 Km, aqui associadas a idades metamórficas obtidas em cristais de zircão e monazita. Com base nos dados apresentados se tem uma taxa de exumação mínima da *Nappe* Guaxupé de 0,5 Km/Ma. A escassez de dados leva ao elevado erro analítico, torna improvável a inferência de uma taxa máxima.

Visando um comparativo entre as etapas iniciais e tardias da exumação, buscou-se traçar a trajetória da *nappe* baseada em dados barométricos; pode-se estimar provável exumação mais rápida no período inicial (entre 615 e 600 Ma), com preferência ao transporte horizontal em relação ao vertical nos momentos finais (dado elevado declínio inicial de pressão e agrupamento de dados T entre 700 e 900°C com P entre 7 e 9 KBar). Dados de pressão e temperatura corroboram com um alojamento e estabilização da *nappe* entre 15 e 18 km de profundidade, o que acarretaria numa taxa de erosão de aproximadamente 0,03 Km/Ma até atualidade, proporção quinze vezes menor que a estimativa mais lenta para exumação pela deformação. Portanto a rápida exumação da *Nappe* Guaxupé entre 50 e 20 quilômetros de profundidade resulta da interação de processos tectônicos, a compressão WSW→ENE resultante da colisão Faixa Brasília/Cráton São Francisco seria a principal força atuante nesta exumação (Trouw *et al.*, 2003, 2006, 2008, 2013, Peternel *et al.*, 2005, Paciullo *et al.*, 2003; Ribeiro *et al.*, 2003; Zuquim *et al.*, 2011).

Recentemente, Rocha *et al.* (2016) publicaram estudo detalhado do evento de migmatização da *Nappe* Guaxupé. O estudo se deu a leste da região foco da presente dissertação, próximo ao contato oriental das *nappes* Guaxupé e Andrelândia. Baseados em petrografia, litoquímica, química mineral e isotópica, os autores analisaram afloramento de rocha migmatítica paraderivada e obtiveram dados *in situ* em grãos de zircão e monazita inclusos em granada e disperso em matriz. Com isso estimaram idade de episódios de crescimento e nucleação de granadas durante o evento de migmatização. A compilação dos dados de Rocha *et al.* (2016) proveu conclusões semelhantes às apresentadas na presente dissertação; a taxa de exumação (aqui interpretada com início do evento de descompressão) calculada fica próxima à estimada neste estudo (0,7 Km/Ma – Fig.4.14), corroborando também com a ideia de uma exumação mais rápida num período inicial com preferência ao transporte horizontal em relação ao vertical nos momentos finais.

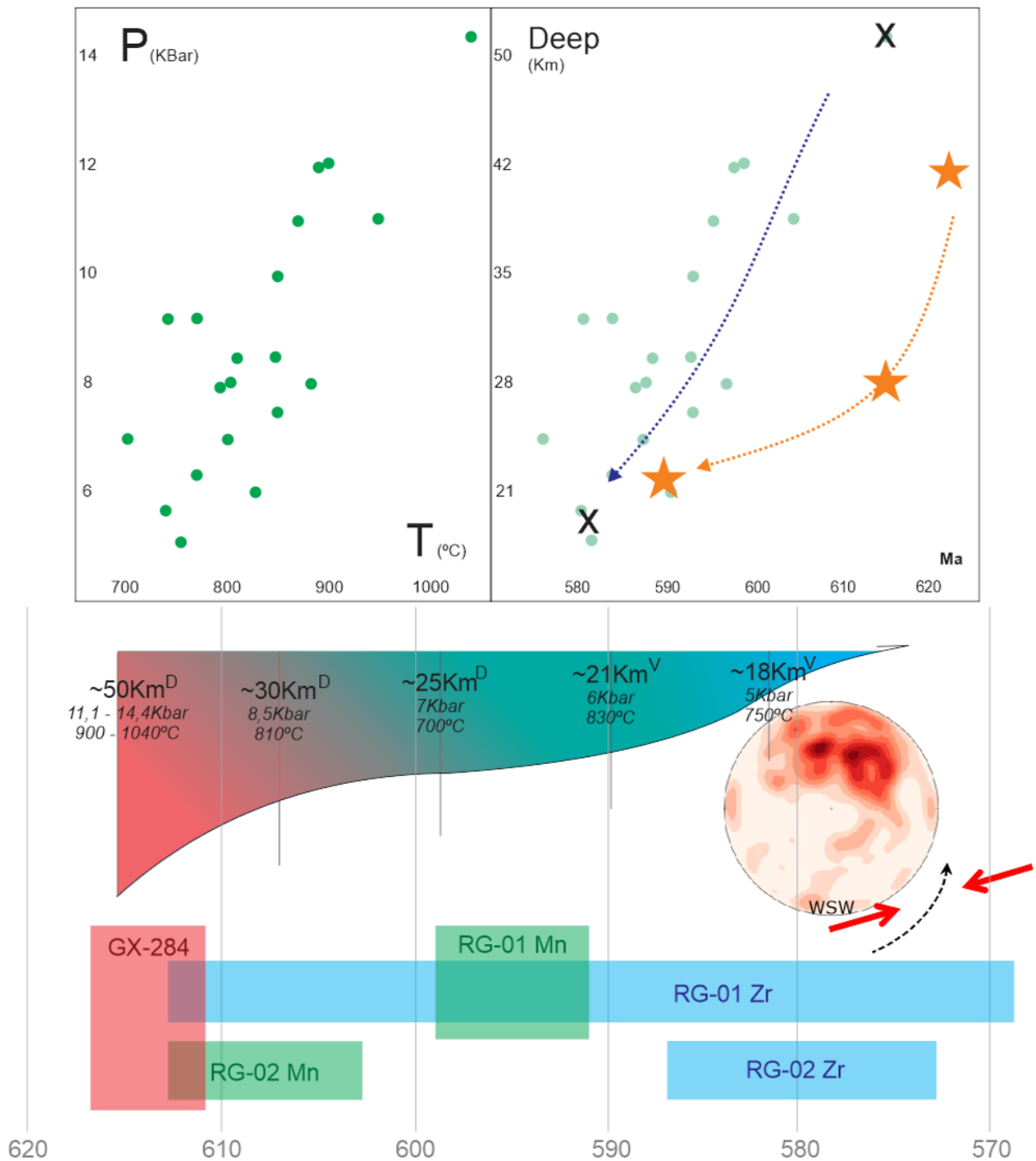


Figura 4. 14. Acima à esquerda, gráfico com dados P-T compilados (vide Tabela 2); à direita, gráfico com estimativa de profundidade baseada em dados P-T compilados (vide Tabela 2) associado aos dados geocronológicos obtidos nesta dissertação, "X" indicam melhor associação P-T-t e seta aponta caminho da exumação. Estrelas se referem a dados compilados de Rocha *et al.* (2016), seta laranja mostra caminho da descompressão; abaixo, dados geocronológicos obtidos, as barras azuis representam dados de zircão para amostras RG-01 e RG-02, em verde dados de monazita para amostras RG-01 e RG-02 e em vermelho intervalo para idades de zircão da amostra GX-284, todos levando em consideração o respectivo erro analítico. Acima dados de pressão e temperatura com profundidade estimadas, D (Del Lama *et al.*, 2000) e V (Vinagre *et al.*, 2014); o estereograma mostra a orientação preferencial da exumação da *nappe* (490 medidas).

STRUCTURAL ANALYSES, U-PB ZIRCON AND MONAZITE AGES FROM THE GUAXUPÉ TERRAIN, SOUTHERN BRASÍLIA BELT, BRAZIL: EVIDENCE FOR EXHUMATION TIMING OF THE GUAXUPÉ NAPPE

ABSTRACT: The Guaxupé terrain has been considered to be one of the thrust nappes developed in the southern Brasília belt (southeastern Brazil), during the Neoproterozoic Brasiliano orogeny. Two Brasiliano collisional events (ca. 794 Ma and ca. 630-610 Ma) formed a thin-skinned deformation, piled up structural system that makes up an ENE-plunging open syncline. This system comprises orthogneisses and paragneisses, showing increasing metamorphism towards west where high amphibolite to granulite facies (charnockites) are found. We carried out a detailed structural analysis, as well as U-Pb (LA-ICP-MS) analysis on zircon and monazite from rocks of a lateral ramp of the Guaxupé nappe, showing transpressive deformation along a flank 80 km length. Our 614 ± 3 , 580 ± 7 and 591 ± 22 Ma zircons and 608 ± 5 and 595 ± 4 Ma monazites data combined with compiled geothermobarometric data suggest an exhumation rate of 0.5 km/Ma for the Guaxupé nappe, starting between 15 km and 18 km deep in the crust, from ca. 615 Ma to ca. 595 Ma.

KEYWORDS: U-Pb geochronology, nappe exhumation, Guaxupé nappe, Brasília Belt.

1. INTRODUCTION

The studied area is located in southeastern Brazil, Minas Gerais province, encompass the Southern Brasília belt, orogeny related to the Brasiliano Event, placed in the current disposition by two neoproterozoic collisions: Firstly between Paranapanema and São Francisco and lastly between Congo, Kalahari and São Francisco paleocontinents (Figure 1). The study area holds two distinct structural domains: a thin-skinned deformation system with Guaxupé nappe composing an open syncline with ENE axis, and the base of the nappe system, carried along towards east over the crystalline bedrock.

This article presents results of U-Pb isotopic analysis in zircon and monazites aiming to provide estimated exhumation rate of the base of Guaxupé nappe System; it based on a synthesis of geological mapping of 8.500Km² in 1:100.000 scale conducted in the area and is supported through extense bibliography research. The main goal of the analysis is to settle the age of the magmatic crystalization of the analysed rocks and to identify the distinct stages of isotopic opening of the system. Using the obtained data and the thermobarometric information previously researched the minimal exhumation rate can be implied, as well as the crustal depth in which the Guaxupé Nappe was held after its displacement.

----- FIGURE 1 -----

Figure 1: Simplified sketch map showing cratons and orogenic belts in Gondwana. The black rectangle shows this study area.

The frontal ramps with east-northeast stacking are huge synformals with limbs acting as lateral ramps and oblique to the movement of the Guaxupé nappe structure. There is a considerable shearing component in these lateral ramps which develops regional transpressive shearing like the shear zone that bounds the limit between the base of Guaxupé and the top of Andrelândia nappes. This shear zone is the focus object of this paper, aiming to describe and study this structure, endowing a better geotectonic understanding of the southeastern Brasilia Belt.

2. METHODS

The basic method used in this research start with essential geological mapping of 8.500Km² area in 1:100.000 scale (Fig. 3), combined with structural and microtectonic analyses, and isotopic data. Fieldwork consist of 2517 outcrop descriptions with 256 samples collected in order to perform petrology, petrography (mineral abbreviation based on Siivola & Schmid, 2007) and geochronology analysis.

U/Pb (LA-ICP-MS) method was applied in zircon (GX284, RG1 and RG2 samples) and monazite (RG1 and RG2 samples) crystals belonging to gneisses of Guaxupé nappe. About 20 kg of rock for each sample were prepared for analyses in laboratory of the Ouro Preto Federal University, Brazil. Zircon and

monazite grains were separated using conventional methods (crushing, grinding, gravimetric and magnetic-Frantz isodynamic separator) and handpicked under binocular microscope. For geochronological analysis we selected zircon crystals from the least magnetic fractions, aiming to determine metamorphic events (in this step monazite was indiscriminately separate). After mounted in epoxy disks and polished to expose grain centers, backscattered electron (BSE) and cathodoluminescence (CL) images revealed morphological features and internal structures of zircon and monazite grains. In all separation of 292 zircon and 116 monazite were separated.

No analytical spot was performed on grain areas with inclusions, fractures and/or metamict features. U-Pb isotopic analyses were performed in the Laser Ablation Multicollector Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-MCICP-MS) laboratory of Ouro Preto Federal University. M127 (Klotzli *et al.*, 2009) and Plešovice (Sláma *et al.* 2008) standard zircons were used in LA-MC-ICP-MS analytical routines. In this study, the spot size in LA-MC-ICP-MS analyzes had a diameter of 25 mm.

Data reduction used the Glitter software (Van Acherbergh *et al.*, 2001), and the Excel sheet developed by Ludwig (2003). Data evaluation for each spot took into account the common Pb contents, errors of isotopic ratios, percentages of discordance and Th/U ratios. From the selected spots, only those with discordance lesser than 10% were used to age calculations and plotted in Concordia diagrams. The Concordia diagrams were obtained with the software Isoplot 4.15 (Ludwig, 2008). The U-Pb analytical results are available in the supplementary data file labeled U_Pb_data.

3. SOUTHERN BRASÍLIA BELT NAPPE SYSTEM

The southern Brasília belt is part of a complex tectonic arrangement individualized during Gondwanan assembly in Brasiliano event. It result of the collision between the passive margin of the São Francisco paleocontinent, with the active margin of the Paranapanema block or paleocontinent, with a late collision that involve Congo and Kalahari cratons towards San Francisco paleocontinent. This second collision individualizes the Ribeira Belt under thick-skin tectonics (Campos Neto and Caby, 1999, 2000; Fuck *et al.*, 1994; Trouw *et al.*, 2000, 2003, 2006, 2008, 2013; Campos Neto *et al.*, 2004, 2007, 2010, 2011; Mantovani *et al.*, 2005; Valeriano *et al.*, 2004, 2008; Figs. 1 and 2). The

study area particularly encompass an interference zone where the southern Brasília belt is truncated by the central Ribeira belt (Trouw *et al.*, 2000, 2013; Peternel *et al.*, 2005; Heilbron *et al.*, 2008). These belts show contrasting directions of tectonic transport and metamorphic assembly, been the structures and metamorphism of Brasilia Belt are partially superpose by Ribeira belt.

The Southern Brasilia Belt collision towards São Francisco paleocontinent produced a thick stack of flat lying nappes (Campos Neto *et al.*, 2004, 2007, 2010; Paciullo *et al.*, 2000), which show tectonically inverted metamorphism, grading from base to top from amphibolite facies to high grade granulite facies. This focuses on Guaxupé nappe, the northern lobe of the Socorro-Guaxupé Nappe system (Figs. 2), interpreted as the deformed root of an Ediacaran magmatic arc (Basei *et al.*, 1995; Ebert *et al.*, 1996; Töpfer, 1996; Campos Neto & Caby, 1999; Campos Neto, 2000; Janasi, 1999, 2002; Janasi *et al.*, 2007; Fetter *et al.*, 2001; Negri, 2002). It is mainly composed of ortogneisses and paragneisses tectonic interlayered to the magmatic arc; metamorphism increases towards west from high amphibolite to granulite facies. The bottom of Guaxupé nappe mark the suture zone associated to São Francisco and Paranapanema paleocontinents that displays abrupt geophysical changes.

----- FIGURE 2 -----

Figure 2: Tectonic map of southeast Brasil. 1: Paraná basin and Cenozoic rift basin; 2: Upper Cretaceous/Cenozoic alkaline pluton; São Francisco Craton and foreland (3 to 5), 3: Basement; 4: Cover (Bambuí Group); 5: Cover (autochthonous and parautochthonous metasedimentary rocks); Brasília Orogen (6 to 9), 6: Andrelândia Nappe System (ANS) and Passos Nappe (P); 7: Socorro (S)-Guaxupé (G) Nappe; 8: Embu (E)-Paraíba do Sul (PS) terrane; 9: Apiaí terrane; Ribeira Orogen (6 to 14), 10: External domain; 11: Juiz de Fora domain; 12: Rio Negro Arc (Oriental Terrane); 13: Oriental Terrane; 14: Cabo Frio Terrane. The yellow boxes shows the mapped area in this research and the stars shows the geochronology sample location (red: GX284; yellow:RG01 and RG02). Modified from Trouw *et al.* (2013).

4. RESULTS

4.1.MAPPING

The systematic geological mapping on 1:100.000 scale of the basal region of Guaxupé Nappe allowed a tectonic division of the rocks into three distinct groups: Archean basement, Neoproterozoic rocks belonging to Guaxupé and Andrelândia nappes and cretaceous volcano-sedimentary rocks of the Parana basin.

The bedrock of Guaxupé nappe is mainly orthogneisses in interdigitated tectonic slices with neoproterozoic metasedimentary rocks of Andrelândia nappe. This unit is also associated to tectonized meta-mafic and meta-ultramafic lenses, mostly in the contact zones with Guaxupé complex. To the north of the mapped area, there are outcrops from an Ediacaran meta sedimentary/metamorphic complex: amphibolite and schist strongly deformed by Bom Jesus da Penha NW-SE shear zone (Trouw *et al.*, 2013)

Guaxupé nappe makes tectonic contact with Andrelândia nappe by a large WNW-ESE transpressional shear zone. This second tectonic group consists of a sequence of tonian granitoids metamorphosed from amphibolite to medium grade granulite facies. Guaxupé complex is subdivided into three units, from the top to bottom: sillimanite-garnet-gneiss occurring discontinuously with NNW-SSE direction; a migmatitic hornblende-biotite-orthogneiss with stromatic texture and elongated phenocrysts (Figure 3); and a medium grade pressure hypersthene granulite, sometimes with gneissic texture, outcropping at the nappe base (Figure 4). Associated with these basal rocks there are slices of sinorogenic charnockite shaping elongated hills following the NW-SE regional trend and rock bodies of São João da Mata Complex, represented by (hornblende)-biotite gneiss and (garnet)-(hornblende)-biotite gneiss, both predominantly migmatitic.

----- FIGURE 3 -----

Figure 3: Mylonitic hbl-bt-orthogneiss photomicrography, outcrop NR393 – UTM 367451E/7660329N datum WGS84. Crossed nicols in A and uncrossed in B. In C and D boulders of the same gneiss: outcrops NR393 and NR426 – UTM 368285E/7660012N and 384268E/7651340N, respectively. WGS84 datum.

----- FIGURE 4 -----

Figure 4: A) GX283 – UTM 313292E/7659629N, basal granulite with massive texture. GX838, UTM 299950E/7634862N, intensely recrystallized granulite in a transpressional shear zone. Datum WGS84.

The rocks described above were metamorphosed in high amphibolite and granulite facies registered by widespread migmatization and mineral assembly contained in the foliation. The shear zone that divides Guaxupé from Andrelândia nappes is also a metamorphic facies divider. In the rocks to north of the shear zone (i.e. São Vicente Unit, Petunia Complex) fibrous sillimanite is found with Sil + Cd + Grt + Bt + Pl + Qtz association implying in high amphibolite facies, at its higher temperatures. The rocks to the south side of this lateral ramp are metamorphosed in intermediate pressure granulite facies, indicated by the mineral paragenesis Opx + Cpx ± Hbl + Pl + Grt. It is seen that towards south these rocks are more intensely migmatized gradually changing into the São João da Mata gneisses, with Kf + Pl + Qtz + Bt ± Hbl paragenesis, indicating metamorphism in high grade amphibolite facies.

In this work we chose to adopt the nomenclature described by Peternel *et al.*, (2005) for the region, in which four deformation steps are described: D_{B1} and D_{B2} , related to the strain imposed by the placement of Brasília Belt; and D_{R1} and D_{R2} , related to the Ribeira Belt. The Guaxupé nappe is interpreted as the deformed root of a magmatic arc developed in Paranapanema active margin of (Campos Neto & Caby, 1999, 2000). This root was pushed over Andrelândia megasequence and merged to the cratonic root of São Francisco paleocontinent. In sequence - during the edification of Mantiqueira Province – a collision between Ribeira Belt and the newly added southern Brasília Belt/São Francisco Craton took place, resulting in progressive deformation arranged in two stages that affects and sometimes obliterates the previous D_{B1} and D_{B2} structures, with significative increase of deformation towards south.

DB deformation phase

D_{B1} has been described to have developed the S_{B1} foliation, identified by microtectonic analysis as oriented tracks of inclusions, sometimes folded by a second foliation, in garnet crystals. This evidence has been noticed in rare thin sections of garnet-biotite schist from the Andrelândia nappe (Figure 5).

----- FIGURE 5 -----

Figure 5: Relation between S_{B1} and S_{B2} in photomicrography of Andrelândia nappe schist (outcrop GX502, UTM 335245E/7654975N datum WGS84).

The D_{B2} phase is responsible for expressive tectonic transportation of the Guaxupé nappe towards ENE and for structuring a sinformal with large amplitude and axis with low angle of plunge to WSW. Also caused thrusting and transpressive shearing with sinistral disposition at the base of the nappe. At this stage the main structure described in the area was developed, S_{B2} foliation, in addition to mineral lineation L_{B2} and tight to isoclinal asymmetrical folds (Figure 6 and Figure 7). S_{B2} manifests itself differently depending on the rheology of the rock. It is pervasive, continuous to spaced (as in quartzites and quartz veins) with planar arrangement mainly in rocks with granoblastic to granolepidoblastic texture, as in gneisses and granulites of Guaxupé complex. However, in Andrelândia nappe schists and in the Ediacaran meta sedimentary/metamaphic rocks S_{B2} is developed with sinuous and anastomosed arrangement. In general it is sub parallel to the gneissic banding and is defined by the preferred orientation of minerals such as mica, amphibole, pyroxene and sillimanite, commonly occurring oriented and stretched feldspar crystals often ocellar and quartz in ribbons. Deformation textures such as wavy extinction, formation of subgrains and new grains (on the edges of the old ones) and serrated to lobated grain boundaries are frequent.

----- FIGURE 6 -----

Figure 6: Structural map of the northern Guaxupé nappe, based on geological mapping of 8.500Km² in 1:100.000 scale. In green, cretaceous rocks of Paraná Basin. Red stars mark Guaxupé nappe samples (GX284, RG01 and RG02) with their respective ages given in Ma. B-B' marks the section shown on Figure 7.

----- FIGURE 7 -----

Figure 7: B-B' section, showing mapped units and the transpressional shear zone that limits the contact of the Guaxupé and Andrelândia nappes.

S_{B2} dips mainly towards SSW with medium to low angles, whose values range from sub-horizontal to 60° (Figure 8). Near the shear zones and in the thrust surfaces associated with the progression of D_{B2} deformation the lithotypes acquire a mylonitic texture and the foliation tends to verticalization. The main direction of this mylonitic foliation is NE-SW, matching the structural lineaments observed in satellite, radar and geophysical images, and its best exposure is in the rocks of São João da Mata Complex, mainly in zones of tectonic contact with other units. L_{B2} has an average direction to WSW and low to moderate plunge, being more evident in the schist rocks, but also observed in the gneisses and granites especially when strongly deformed. In most cases we observe the mineral lineation developed in pyroxene, amphibole, biotite, muscovite and ribbon quartz, but it is often erased by migmatization affecting the different lithologies. L_{B2} is arranged obliquely and sometimes strike in relation to S_{B2} , setting a transpressional system with top movement towards ENE, recorded by structures such as rotated crystals and slickensides.

----- FIGURE 8 -----

Figure 8: Polar point contour stereogram of S_{B2} (left) and L_{B2} (right). Fischer distribution counting method in south hemisphere Schmidt net plotting.

The folds formed in D_{B2} are tight to isoclinal, asymmetrical, mesoscopic to megascopic, with low dip of axial plane, usually subparallel to S_{B2} , and hinge line with low plunge, ranging from WNW to ESE, commonly orthogonal to L_{B2} (Figure 9). The evolution of this northeast verging folding is possibly responsible for the development of the shear zones roughly parallel to the flanks of those folds (Figure 10). Likewise, the mylonitic rocks found in shear zones and next to thrust surfaces are associated with that progression of deformation imposed during D_{B2} .

----- FIGURE 9 -----

Figure 9: A) and B) Tight folds in São João da Mata complex migmatite, outcrops C760 and C765. C) Metric inclined isoclinal fold of São João da Mata complex, outcrop PC24. D) Andrelândia nappe asymmetric fold, associated to

D_{B2} deformation phase. Outcrop GX843, UTM 300111E/7632266N, datum WGS84.

----- FIGURE 10 -----

Figure 10: A) Tight fold with shear zone on the flank rupture. B) Highlight of the shear zone on the fold flank in outcrop C56.

DR deformation phase

The D_{R1} phase structures are the result of a regional NW-SE compression, which forms regional scale folds, mainly observed in Andrelândia nappe units. These folds are gentle to open and have NE-SW axial trace, with low plunging angle to WSW. Crenulation cleavage planes (S_{R1}) related to this compression are most evident in the schist of the mapped area.

The last stage of deformation recorded was D_{R2} , responsible for an east-west compression, originating open folds with vertical axial planes and north-south axial traces (rarely observed in the field), as well as subvertical dextral shear zones with NE-SW direction, which truncates and reorient the previous structures, sometimes using them as new plans to develop itself. These shear zones also appears in outcrop scale with similar attitudes. Related to the dextral NE-SW shear zone in the southeastern portion of the area is the development of the deflection in map scale of the different lithological domains and mylonitization surfaces, which before deformation were arranged roughly parallel to the northern boundary of the nappe.

There are mylonite related both to the central portion of this huge shear zone and the mesoscopic shear zones of similar direction located mainly in the east and south-east of the area. The shear that produced the mylonitization found in the contact of the structures affected by this large area was possibly generated in the previous phases of deformation, probably D_{B2} due to its orientation, and were re-activated during the formation of the zone. The main kinematic indicators of these structures are the deflection or dragging of lithological contacts (also indicated by the geophysical maps), the magnetic lineaments and the inflection of S_{B2} in the region. With the progression of the deformation imposed in phase D_R the tectonic regime that developed the NE-SW dextral shear zone changes from plastic to plastic-brittle, focusing the

deformation in its central portion and generating mylonites and verticalization of previous structures. This kilometric shear zone can then be referred to as type II, which are shear zones that reach a certain thickness and after some time concentrate the deformation in its center.

The bases of Guaxupé and Andrelândia nappes were also displaced from their previous settings during D_{R2} , forming two large dextral transpressive shear zones. Along these zones the rocks are strongly deformed, forming mylonite and sometimes cataclasite indicating ductile-brittle to brittle rheology, perhaps due to the dip angle of these structures. The mylonitic foliation around these shear zones has steep subvertical angles towards SW with sub-horizontal strike mineral lineation associated. They register mostly dextral movement, given by kinematic indicators such as rotated feldspar porphyroclasts, S-C' shear bands and the displacement of deflected structures such as quartz veins and drag folds.

Recurrantly the intense deformation of D_{R2} phase masks the previous structures, obliterating or reorienting kinematic indicators of the direction of movement such as lineations, slickensides, fault steps, etc., especially in the thrust surfaces in the base of the nappes, formed in D_{B2} . D_{R2} also caused lateral displacement of the nappes basal contact in the form of dextral strike-slip faults, especially near Guaxupé city. These faults were probably originated as a lateral relief to accommodate part of the deformation of this phase.

4.2 U-PB ZIRCON-MONAZITE ANALYSIS

The geochronological studies were carried out using the U/Pb (LA-ICP-MS) method on three samples (one for zircon and two for zircon and monazite). The main goal is to determine the age of magmatic crystallization of the analyzed rocks and identify the different stages of the isotopic system opening. It is known that zircon and monazite have different isotopic closure temperature (Breemen *et al.*, 1979, Cliff, 1985), whereas monazites have closing temperature around 600°C, zircons resists to ca. 800°C without suffering any disorder (Heaman & Parrish, 1991). Based on this concept and supported by substantial thermobarometric databank (see Table 2) we have the intent to estimate the exhumation rate of Guaxupé Nappe using similar methodology to Rubatto & Hermann (2001) in order to assess the eclogite exhumation rate in km/Ma. The exhumation of Guaxupé Nappe is the last major metamorphic

event registered by the analyzed rocks, so the age of "isotopic closure" of the monazite compared to the zircon can result in the exhumation rate given that with the progressive cooling the zircon crystals closes its system first. The problematic would be the inconstancy in the system pressure during the deformation, which could imply in high error in the exhumation rate calculus, since the base used is strictly the closure temperature of each mineral. Therefore, it is stated that our purpose is to bring an overview of the exhumation, a general concept which must be treated with caution given to analytical approaches. The pressure data are estimated based on the mineral assemblage in balance with S_{B2} foliation, developed during exhumation of Guaxupé Nappe. Such thermobarometric data for the region was compiled from studies of Basei *et al.*, 1995, Oliveira & Ruberti, 1979, Choudhuri *et al.*, 1990, Del Lama, 1993, Del Lama *et al.*, 2000, Mota *et al.*, 2010, Vinagre *et al.*, 2014A and Vinagre *et al.*, 2014b.

All samples were collected in the neighboring region of Guaxupé Nappe, aiming to register the deformation and metamorphism in the best possible way. Among the three analysed samples, two of them are from São João da Mata Complex (deformed and undeformed leucosome of a migmatitic gneiss, samples RG-01 and RG-02, respectively), in which only zircons crystals were investigated. For comparative purposes with the monazite data only the metamorphic zircon crystals ($Th/U < 0.2$) that recorded the latest isotopic disturbance event were taken into consideration. The third is a hypersthene granulite of Guaxupé Complex (sample GX-284). Data evaluation for each spot took into account the common Pb contents, errors of isotopic ratios, percentages of discordance and Th/U ratios, the position of each analysed spot, and the existence of inherited grains.

RG-01 and RG-02 samples – São João da Mata Complex

Both São João da Mata Complex samples were collected in the same outcrop: a gneiss with high degree of partial melting; the first analysis was performed on the deformed leucosome (sample RG-01) and the second one in the undeformed leucosome (sample RG-02); the outcrop is close to the city of Caldas, UTM: 382576E / 7603985N - Zone: 23K - Datum: WGS84.

RG-01 SAMPLE – DEFORMED LEUCOSOME

The dated rock corresponds to the deformed fraction of São João da Mata Complex leucocratic migmatite. The rock has granitic composition, medium grained, pink and beige with a subtle centimetric banding given by alternation between potassic feldspar-rich and plagioclase-rich bands. In addition to the above-mentioned minerals, the rock is composed of quartz and garnet, biotite and magnetite occurring as subordinates. The deformation is evidenced by the orientation of k-feldspar, plagioclase and quartz crystals.

For RG-01 sample 50 zircons were dated by the U-Pb method in LA-ICP-MS apparatus. Cathodoluminescence images shows some variability in the morphology of grains, the crystals are prismatic to gently rounded with approximate 2:1 ratio (1:1 and 3:1 crystal proportions occur as subordinate). They preserve the original igneous features such as oscillatory zoning and commonly shows metamorphic overgrowth of high luminescence on the edge of the grain. Content and ratios of U and Th are variable, which allows the identification of igneous crystallization and isotopic disturbance events. The focus of this sample is to characterize the latest isotopic disturbance event for comparison with monazite data. The spectrum associated with the most recent isotopic disturbance event was hard to define given the high analytical error, still an age of 591 ± 22 Ma (MSWD = 0.1, Figure 11) was defined based on four grains of good analytical consistency.

For RG-01 sample monazite crystals were analyzed seeking to identify the last metamorphic event registered by the rock. 58 monazite crystals were investigated by U-Pb method in LA-ICP-MS instrument. Cathodoluminescence images shows some variability in the morphology of grains, the crystals are prismatic to slightly rounded with approximate 2:1 ratio (3:1 crystal proportions occur as subordinate) with isotropic internal aspect. For Wetherill concordia diagram age calculation, five spots with better analytical consistency were selected, resulting in concordia age of 595 ± 4 Ma (MSWD = 4.5, Figure 11) for the last isotopic disturbance event that affected the monazite system.

----- FIGURE 11 -----

Figure 11: Wetherill concordia diagrams for all zircon and monazite grains from sample RG-01. Highlighted in the left, average variation diagram for

younger zircon grains with Th/U reasons <0.2 and concordia age defined by better analytical consistency grains.

RG-02 SAMPLE – UNDEFORMED LEUCOSOME

The dated rock corresponds to the undisturbed leucocratic fraction of São João da Mata Complex migmatite. It has granitic composition, pink color ranging to beige and gray tones and medium to coarse-grained. It consists of K-feldspar, plagioclase, quartz, biotite and magnetite. For the sample RG-02 57 spots were analyzed in 50 zircon grains using the U-Pb method in LA-ICP-MS equipment. Cathodoluminescence images shows some variability in the morphology of the grains. Generally, they are very similar to the ones in sample RG-01, prismatic to gently rounded, with approximate 2:1 ratio, with ratios 1:1 and 3:1 occurring in a subordinate way. All selected grains shows well-preserved original igneous features (e.g. oscillatory zoning), as well as all the grains have high luminescence on the edge of the crystals, indicating metamorphic overgrowth. Content and ratios of U and Th are variable, which allows the identification of igneous crystallization and isotopic disturbance events.

Once again recalling the focus of this sample: the characterization of the most recent isotopic disturbance event for comparison with monazite data. For Wetherill concordia diagram age calculation of the gap associated with the most recent isotopic disturbance event, three spots with better analytical consistency were selected resulting in concordia age of 580 ± 7 Ma (MSWD = 8.5, Figure 12).

For RG-02 sample 58 monazite crystals were analysed by U-Pb method in LA-ICP-MS instrument. Cathodoluminescence images show prismatic to slightly rounded crystals, approximate 2:1 ratio (3:1 proportion grains occur as subordinates) with isotropic internal aspect. For Wetherill concordia diagram age calculation, seven spots with better analytical consistency were selected, resulting in concordia age of 608 ± 5 Ma (MSWD = 0.10, Figure 12) for the last isotopic disturbance event that affected the system monazite.

----- FIGURE 12 -----

Figure 12: Wetherill concordia diagrams for all zircon and monazite grains from sample RG-02. In highlight, concordia age defined by better analytical consistency grains with Th/U reasons below 0.2.

GX-284 sample – Hypersthene granulite - Unidade Granulítica Basal

The sample was collected in an outcrop a few kilometers south of Monte Santo de Minas beside BR491 highway (UTM: 297334E / 7650711N – Zone: 23K - Datum: WGS84). The dated rock is a hypersthene granulite with dark gray to greenish color, occasionally with centimetric gneiss banding with an average dip to southwest. It is fine to medium-grained, with mafic bands composed mainly by ortho and clinopyroxene while plagioclase, K-feldspar and quartz make up the felsic bands. Garnet, amphibole, biotite and opaque minerals occur as secondary minerals. The deformation is indicated by the orientation of felsic and mafic minerals that develops the foliation in the same dip of the aforementioned banding.

For GX-284 sample 65 zircons were analyzed by U-Pb method in LA-ICP-MS instrument. Cathodoluminescence images shows crystals with similar shape to RG-02 sample (Figure 13). They have preserved igneous features like oscillatory zoning and metamorphic overgrowth and commonly presents the same high luminescence overgrowth on the borders of the crystals, but in this sample this overgrowth is very thin, making it impossible to analyze. U and Th ratios are high, allowing an outstanding set up of igneous crystallization age of the granulite, but making it impossible to investigate isotopic disturbance events.

----- FIGURE 13 -----

Figure 13: Cathodoluminescence images of the analyzed crystals from GX284 sample.

For Wetherill concordia diagram age calculus, 16 spots with better analytical consistency were selected, resulting in concordia age of 614 ± 3 Ma (MSWD = 0.91, Figure 14) for the magmatic crystallization of the hypersthene granulite protolith.

----- FIGURE 14 -----

Figure 14: Wetherill concordia diagram for all zircon crystals of sample GX-284. In highlight, concordia age defined by better analytical consistency grains.

Discussion of geochronological data

The data obtained by U/Pb (LA-ICP-MS) analysis in zircon and monazite are compiled in Table 1.

----- Table 1 -----

Table 1: Obtained U-Pb ages for RG-01, RG-02 and GX-284 zircons and monazites. Zircon data were separated by its U/Th ratio: below and above 0.2.

We divided the zircon age in Th/U ratios above and below 0.2 based on the concept of Gebauer *et al.* (1997). According to the authors, in felsic to intermediate rocks the Th/U ratio works as petrogenetic index of first magnitude, once it allows discriminating the igneous or metamorphic nature of a crystal (on the spot analyzed). In areas with closed magmatic U-Th-Pb systems (not reset) the Th/U ratio usually varies between 0.2 and 0.8. Values of 0.1 or lower indicate Th depletion relative to U, which signals the opening of the isotopic system in a thermo-tectonic event, generally metamorphism of medium to high grade.

It is known that zircon and monazite have different isotopic closure temperatures (Breemen *et al.*, 1979, Cliff, 1985), 600°C and 800°C, respectively. Several studies also show that the isotopic system begins to suffer disturbances and total or partial resetting at lower temperatures than those mentioned above. The metamorphic peak of southern Brasilia Belt is associated with the nappes exhumation event (Peternel *et al.*, 2005, Campos Neto and Caby, 1999, 2000, Trouw *et al.*, 2000, Campos Neto *et al.*, 2004, 2007, 2010, 2011, Valeriano *et al.*, 2004, 2008, Mantovani *et al.*, 2005, Paciullo *et al.*, 2000) which generated distinct mineral assemblages at the base (Sil + Cd + Grt + Pl + Bt + Qtz) and top (Opx + Cpx ± Hbl + Pl + Grt and K f + Pl + Qtz + Bt ± Hbl) of Guaxupé Nappe. Associating to compiled thermobarometric data, we intended to estimate the exhumation rate of the nappe using methodology similar to Rubatto & Hermann (2001) to assess the eclogite exhumation rate in km/Ma. As

the exhumation of Guaxupé Nappe is the last major metamorphic event recorded by the analyzed rocks, the age of "isotopic closure" of monazite and zircon compared to igneous crystallization of zircon can result in the exhumation rate. Obviously, it must be considered the semantic opacity inherent in analytical methods, for example, the RG-02 sample analysis provided monazite age data older than zircons, something unexpected in favor of the theoretical basis. Therefore, we state that the intention is to bring an overview for the exhumation, a general concept that must be treated with caution given to analytical approaches.

In order to calculate the nappe exhumation rate we used temperature and pressure data from the published work of Basei *et al.* (1995), Oliveira & Ruberti (1979), Choudhuri *et al.* (1990), Del Lama (1993), Del Lama *et al.* (2000), Mota *et al.* (2010), Vinagre (2013) and Vinagre *et al.* (2014) who performed thermobarometric studies in rocks similar or associated to the units dated in this work (Table 2). Figure 15 summarizes the obtained geochronological and thermobarometric data: the blue, green and red bars represent the range of zircon and monazite ages of RG-01, RG-02 and GX-284 samples taking into account the respective analytical error; atop is the thermobarometric data with the respective estimated depth; the stereogram shows the preferred orientation of the nappe exhumation.

----- TABLE 2 -----

Table 2: Compiled P-T data published in the research area.

----- FIGURE 15 -----

Figure 15: Top left chart, compiled P-T data (see Table 2); top right chart with estimated depth based on compiled P-T data (see Table 2) associated with geochronological data obtained in this work (see Table 1). Black stars indicate better P-T-t association and the arrow points the path of exhumation, orange stars indicate P-T-t path for Rocha (2016) analysis; below, obtained geochronological info: blue bars represent zircon data and green bars represent monazite data for RG-01 and RG-02 samples; the red bar shows GX-284 sample zircon ages, taking into account the respective analytical error. On the top, thermobarometric data with estimated depth (Del Lama *et al.*, 2000) and

(Vinagre *et al.*, 2014.); Stereogram shows the orientation of the of Nappe exhumation (490 measures).

Therefore, associating the igneous crystallization age of GX-284 sample with the register of the metamorphic peak that happened at the same time as the main stage of exhumation (recorded in RG-01 and RG-02 samples), and compiled thermobarometric and mineral assemblage data, we can estimate the exhumation rate Guaxupé Nappe. For the calculation, we considered thermobarometric data obtained for the metamorphic peak in the region and in similar rocks to the ones dated in this paper. It is important to emphasize that this calculation takes into consideration that all Guaxupé Nappe has similar PTt (pressure, temperature and time) evolution. The mineral assemblage of the analyzed rocks corroborates with P-T conditions shown on several researches data (Table 2).

Assuming a layered lithosphere and lithostatic pressure, the highest pressure (14.4 KBar, Del. Lama *et al.*, 2000) indicates the maximum depth in ca. 50 Km; here associated with crystallization/metamorphism in granulite facies of 614 ± 3 Ma (sample GX-284). Data obtained by Vinagre (2014) for the Serra da Água Limpa batolith shows the best reference for P-T data of RG-01 and RG-02 samples (Table 2, Fig. 15). Based on petrography, field data, lithochemical and isotopic (U-Pb), Martins (2016) proves the leucocratic fluid of Complexo São João da Mata (RG-01 and RG-02 samples) as a source to Serra da Água Limpa batolith (P-T data from Vinagre, 2014), being in P-T equilibrium with it. Pressure measurements (6 KBar and 7 KBar, Vinagrer, 2014) indicates ca. 19 Km depth, here associated with the metamorphic ages obtained in zircon and monazite crystals. Based on the presented data, there is a minimum exhumation rate for Guaxupé Nappe of 0.5 km/Ma, the lack of data leads to high analytical error, making doubtful the inference of a maximum rate.

Aiming a comparison between the early and late stages of exhumation, we sought to trace the trajectory of the nappe based on barometric data; The exhumation is probably faster in the initial period (between 615 and 600 Ma), with preference to horizontal transport in opposition to the slower vertical transport in the final moments (given the large decrease in pressure at the beginning and T data array between 700 and 900°C with P between 7 and 9 KBar). Pressure and temperature data corroborate a lodging and stabilization of

Guaxupé Nappe between 15 and 18 km deep, which would involve an erosion rate of about 0.03 km/Ma to the present, ratio fifteen times smaller than the slower estimate for exhumation by deformation. Therefore, the quick exhumation of Guaxupé Nappe between 50 and 20 km depth results from the interaction of tectonic processes. The WSW to ENE compression from Brasília Belt/São Francisco Craton would be the main force acting on this exhumation (Trouw *et al.*, 2003, 2006, 2013, Peternel *et al.*, 2005, Paciullo *et al.*, 2003, Ribeiro *et al.*, 2003, Zuquim *et al.*, 2011).

Rocha *et al.* (2016) recently published detailed study over the migmatization event of Guaxupé Nappe. The study took place east of this dissertation focus region, near the eastern contact between Guaxupe and Andrelandia nappes. Based on petrography, lithochemistry, mineral and isotopic chemistry, the authors analyzed migmatitic gneiss and obtained *in situ* data for zircon and monazite grains included in garnet and dispersed in the matrix. With this, the authors estimated the age of growth and nucleation garnet episodes during migmatization. The data compilation of Rocha *et al.* (2016) provided similar conclusions to those presented in this thesis. The exhumation rate (here interpreted with early decompression event) calculated is close to the estimated in this study (0.7 km / Ma - Fig.10), also corroborating the idea of a faster exhumation at an early period with preference to horizontal transport to the vertical in the final moments.

5. CONCLUSION

The Guaxupé Nappe is part of the allochthonous system of stacked slices with intense deformation and tectonic transport to ENE of southern Brasília Belt, which acted as collage terrain in the collision between Paranapanema and São Francisco paleocontinents about 625 M.a.

The bordering region of Guaxupé Nappe is consisted mainly by proterozoic ortho and paragneisses with some occurrences of archaic bedrocks, essentially as interdigitated tectonically slices. Along these basement slices there are Ediacarian meta sedimentary/metamorphic rocks of Petunia Complex. Several pre, syn and post collisional granitic associations of different compositions and degrees of deformation intrude this whole package, while the root of the nappe is covered to the west by cretaceous sediments of the Paraná Basin. The metamorphic isograds are also truncated by the nappe's basal shear

zone, so that the rocks at north of it are stabilized in high amphibolite facies with Sil + Cd + Grt + Bt + Pl + Qtz association. The rocks immediately south of the lateral ramp are stabilized in medium pressure granulite facies, indicated by the mineral paragenesis Opx + Cpx ± Hbl + Pl + Grt. Further south these rocks are intensely migmatized progressively changing into the São João da Mata Complex gneisses, exhibiting Kf + Pl + Qtz + Bt ± Hbl paragenesis that indicates high grade amphibolite metamorphic facies.

L_{B2} lineation has a great expression at the base of the nappe, arranged obliquely and sometimes strike to S_{B2}, characterizing a transpressional system with top moving to ENE, indicated by structures such as rotated crystals of quartz and feldspar and slickensides at the fault surface. The author of this paper consider the northern lateral ramp of Guaxupé Nappe as the suture zone of San Francisco and Paranapanema paleocontinents, due to abrupt changes observed in geophysical images, metamorphic zones, lithological associations and magmatic crystallization ages.

Despite being affected by deformations of Brasília and Ribeira belts, the Guaxupé lobe has few structures evolved from Congo-Kalahari neoproterozoic collision. A resulting structure of this second strain is the NE-SW dextral shear zone that cuts the Guaxupé Nappe and causes drag folding and deflection of the different lithological domains and mylonitization surfaces. With the progression of deformation, there is a slowdown of its intensity and therefore a decrease in its thickness, leading to mylonitization of the rocks and verticalization of the previous structures in the center of the shear zone. Due to this particular feature, this shear zone is classified as type II (Fossen, 2010).

The association between monazite and zircon U-Pb data and the different stages metamorphic stages (characterized by the variation in the compiled P-T data) allowed to set a P-T-t path to describe the exhumation of Guaxupé Nappe (see Fig. 15). The P-T-t path points out the nappe exhumation, overlapping granulite to amphibolite facies units; aiding the understanding of the dynamics of this process. Based on the presented data, the exhumation of Guaxupé Nappe occurred during the Ediacaran, with minimum rate of 0.5 km/Ma. A faster exhumation in the initial period (between 615 and 600 Ma) can be estimated, with preference to horizontal over vertical transport in the final stages. Pressure and temperature data corroborate to the nappe stabilization in

somewhere between 15 and 18 km deep, which would entail an erosion rate of about 0.03 km/Ma until today, proportion fifteen times slower than the slower estimate for exhumation by deformation. Therefore, the quick exhumation of Guaxupé Nappe between 50 and 20 km depth results from the interaction of tectonic processes. The WSW to ENE compression from Brasília Belt/São Francisco Craton would be the main force acting on this exhumation.

Acknowledgements: The authors are grateful to financial support provided by Fronteiras de Minas project and the Brazilian research and development agencies (FAPEMIG and CODEMIG).

References:

Basei M.A.S., Siga Jr. O., Sato K., Sproesser W. M. 1995. A metodologia Urânio-Chumbo na USP. Princípios metodológicos, aplicações e resultados obtidos. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **67**: 221-237.

Campos Neto M.C., Caby R. 1999. Neoproterozoic high-pressure metamorphism and tectonic constraing from nappe system south of the São Francisco craton, southeast Brazil. *Precambrian Research*, **97**: 3-26.

Campos Neto M.C., Caby R. 2000. Terrane accretion and upward extrusion of high-pressure granulites in the Neoproterozoic nappes of southeast Brazil: Petrologic and structural constraints. *Tectonics*, **19**: 669-687.

Campos Neto M.C., Basei M.A.S., Vlach S.R.F., Caby R., Szabó G.A.J., Vasconcelos P. 2004. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: Um esboço da colagem Brasileira no sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil. *Geologia USP, Série Científica*, **4**: 13-40.

Campos Neto M.C., Janasi V.A., Basei M.A.S., Siga Jr. O 2007. Sistema de Nappes Andrelândia, setor oriental: litoestratigrafia e posição estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências* **37**: 47-60.

Campos Neto M.C., Cioffi C.R., Moraes R., Motta R.G., Siga Jr. O., Basei M.A.S. 2010. Structural and metamorphic control on the exhumation of high-P granulites: the Carvalhos Klippe example, from the oriental Andrelândia Nappe System, southern portion of the Brasília Orogen, Brazil. *Precambrian Research*, **180**: 125-142.

Campos Neto M.C., Basei M.A.S., Janasi V.A., Moraes R. 2011. Orogen Migration and tectonic setting of the Andrelândia nappe system: an Ediacaran Western Gondwana Collage, South of São Francisco Craton. *Journal of South American Earth Sciences*, **32**: 393-406.

Choudhuri A., Carvalho E.D.R., Gomes E.P. 1990. The reaction olivine + plagioclase = orthopyroxene + clinopyroxene + spinel in metagabbro from Guaxupé and its bearing on P-T conditions of granulite facies metamorphism. *In: 36th Congresso Brasileiro de Geologia*. Natal, p. 2018-2024.

Cliff R.A. 1985. Isotopic dating in metamorphic belts. *Journal of the Geological Society*, **142**: 97-110.

Dardenne M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. *In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Tomas Filho, A., Campos, D.A. (Eds.), Tectonic Evolution of South America. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz-Filho A., Campos D.A. (eds.) Tectonic evolution of South America. 31^o International Geological Congress. Rio de Janeiro, p. 231-263.*

Del Lama E.A. 1993. *Petrologia das rochas metamórficas de alto grau do complexo Campos Gerais e correlação com as do Complexo Varginha-Guaxupé – estudos termobarométricos*. MS dissertation, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 132 p.

Del Lama E.A., Zanardo A., Oliveira M.A.F., Morales N. 2000. Exhumation of high pressure granulites of the Guaxupé complex, southeastern Brazil. *Geological Journal*, **35**: 231-249.

Fetter A.H., Hackspacker P.C., Ebert H.D., Dantas E.L., Costa A.C.D. 2001. New Sm/Nd and U/Pb geochronological constraints on the Archean to Neoproterozoic evolution of the Amparo basement complex of the central Ribeira belt, Southeastern Brazil. *In: South American Symposium on Isotope Geology 3*, Santiago: Sociedad Geológica de Chile. CD-ROM.

Fossen H. 2010. *Structural geology*. Cambridge, Cambridge University Press, 480 p.

Fuck R.A., Pimentel M.M., Silva L.J.H.D. 1994. Compartimentação tectônica da porção oriental da Província Tocantins. *In: 38º Congresso Brasileiro de Geologia*, Balneário Camboriú. Balneário Camboriú, p. 215-216.

Gebauer D., Schertl H.P., Brix M., Schreyer W. 1997. 35 Ma old ultrahigh-pressure metamorphism and evidence for very rapid exhumation in the Dora Maira Massif, Western Alps. *Lithos*, **41**: 5-24.

Heaman L.M., Parrish R. 1991. U-Pb geochronology of accessory minerals. *In: Heaman L., Ludden J.N. (Eds.), Applications of Radiogenic Isotope Systems to Problems in Geology*. Mineralogical Association of Canada, *Short Course Handbook*, Ottawa, p. 59-102.

Heilbron M., Valeriano C. M., Tassinari C.C.G., Almeida J.C.H., Tupinambá M, Siga Jr. O., Trouw R.J.A. 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. *In: Pankhurst R.J., Trouw R.A.J, Brito Neves B.B., De Wit M.J. (Eds). West Gondwana Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. The Geological Society of London. London* **294**: 211-237.

Janasi V. A. 1999. Petrogênese de granitos crustais na Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (SP-MG): uma contribuição da geoquímica elemental e isotópica. São Paulo, 304 p. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Janasi V.A. 2002. Elemental and Sr-Nd isotope geochemistry of two Neoproterozoic mangerite suites in SE Brazil: implications for the origin of the mangerite-charnockite-granite series. *Precambrian Research*, **119**: 301–327.

Janasi V.A., Montanheiro T.J., Freitas V.A., Reis P.M., Negri F.A., Dantas F.A. 2007. Geology, petrography and geochemistry of the acid volcanism of the Paraná Magmatic Province in the Piraju-Ourinhos region, SE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **37**:745-759.

Klötzli U., Klötzli E., Günes Z., Košler J. 2009. External accuracy of laser ablation U-Pb zircon dating: results from a test using five different reference zircons. *Geostand, Geoanal.* **33. 1**: 5-15.

Ludwig K.R. 2003. User's Manual for Isoplot/Ex, Version 3.0, A geochronological toolkit for Microsoft Excel Berkeley Geochronology Center Special Publication, v. 4.

Ludwig K.R. 2008. Isoplot/Ex 3.70. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronological Center, Berkeley, Special publication **4**: 76p.

Martins L. 2016. Caracterização química, isotópica U-Pb (LA-ICP-MS) e petrográfica do metatexito São João da Mata e do Batólito Serra da Água Limpa, implicações à Faixa Brasília Meridional. MS dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 94 p.

Mantovani M.S.M., Quintas M.C.L., Shukowsky W., Brito Neves B.B. 2005. Delimitation of the Paranapanema Proterozoic block: a geophysical contribution. *Episodes*, **28**: 18-22.

Motta R.G., Moraes R., Trouw R.A.J., Campos Neto M.C.C. 2010. Reconstrução e comparação de trajetórias P-T no sistema de nappes Andreândia, sul da Faixa Brasília, MG. *Geologia USP, Série científica*, **10**: 79-96.

Negri F.A. 2002. Petrologia das rochas charnockito-graníticas e encaixantes de alto grau associadas na região de São Francisco Xavier, SP. Rio Claro, 404p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

Oliveira M.A.F. De, Ruberti E. 1979. Granada-cordierita gnaisses do complexo migmatítico de São José do Rio Pardo - Caconde, SP. *Boletim de Mineralogia*, **6**: 15-29.

Paciullo F.V.P., Ribeiro A., Andreis R.R., Trouw R.A.J. 2000. The Andrelândia Basin, a neoproterozoic intraplate continental margin, southern Brasília, Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**: 200-202.

Peternel R., Trouw R.A.J., Schmitt R. 2005. Interferência entre duas faixas móveis neoproterozoicas: o caso das faixas Brasília e Ribeira, no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **35**: 297-310.

Pimentel M.M., Heaman L., Fuck R.A., Marini O.J. 1992. Idade do metariolito da Sequência Maratá, Grupo Araxá, Goiás: estudo geocronológico pelos métodos U-Pb em zircão, Rb-Sr e Sm-Nd. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **64**:19-28.

Rocha B.C., Moraes R., Möller A., Cioffi C.R., Jercinovic M.J. 2016. Timing of anatexis and melt crystallization in the Socorro-Guaxupé Nappe, SE Brazil: insights from trace element composition of zircon, monazite and garnet coupled to U–Pb geochronology. *LITHOS*, doi: 10.1016/j.lithos.2016.05.020.

Rubatto D., Hermann J. 2001. Exhumation as fast as subduction? *Geology*, **29**: 3-6.

Siivola J., Schmid R. 2007. List of Mineral Abbreviations. IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks. Web version 01.02.07 (www.bgs.ac.uk/scmr/home.html).

Sláma J., Kosler J., Condon D. J., Crowley J. L., Gerdes A., Hanchar J. M., Horstwood M. S. A., Morris G. A., Nasdala L., Norberg N., Schaltegger U., Schoene B., Tubrett M. N., Whitehouse M. J. 2008. Plesovice zircon – a new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chem. Geol.* **249**: 1–35.

Töpfner C. 1996. Brasiliano-granitoide in den bundesstaaten São Paulo und Minas Gerais, Brasilien- eiene Vergleichende studie. *Münchner Geol. Hefte A*, **17**: 1- 258.

Trouw R.A.J., Heilbron M., Ribeiro A., Paciullo F., Valeriano C.M., Almieda J.C.H., Tupinambá M., Andreis R.R. 2000. The central segment of Ribeira Belt. *In: Cordani U.G. Milani E.J. Thomaz Filho A., Campos D.A. (Ed.). Tectonic Evolution of South America*, Rio de Janeiro, p. 287-310.

Trouw R.A.J., Peternel R., Medeiros F.F.F., Trouw C.C., Rodrigues L.H.O. 2003. The Neoproterozoic Caxambu shear zone, MG. *In: SBG, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, **9**: 124-127.

Trouw R.A.J., Peternel R.M.N., Castro E.M.O., Trouw C.C., Matos G.C. 2006. *Geologia e Recursos Minerais das Folhas Varginha e Itajubá (MG), escala 1:100.000*. Parceria UFRJ-Serviço Geológico do Brasil-CPRM, Proposta UFRJ/01-2005.

Trouw R.A., Peternel R., Ribeiro A., Heilbron M., Vinagre R., Paciullo F.V.P., Duffles P., Trouw C.C., Fontainha M., Kussama H.H. 2013. A new interpretation for the interference zone between the Southern Brasília belt and the central Ribeira belt, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **48**: 43-57.

Valeriano C.M., Dardenne M.A., Fonseca M.A., Simões L.S.A., Seer H.J. 2004. A evolução tectônica da Faixa Brasília. *In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito Neves B.B. (Eds.). Geologia do Continente Sul-*

Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques De Almeida. São Paulo, p. 575-592.

Valeriano C.M., Pimentel M.M., Heilbron M., Almeida J.C.H., Trouw R.A.J. 2008. 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. West Gondwana: Pre-cenozoic Correlations across the South Atlantic Region, Geological Society, London, 294: 197-210.*

Van Achtebergh E., Ryan C. G., Jackson S. E., Griffin W. L. 2001. Data reduction software for LA-ICP-MS: appendix. *In: P. J. Sylvester (Ed.), Laser Ablation ICP Mass Spectrometry in the Earth Sciences: Principles and Applications, Ottawa, Mineralog. Assoc. Canada (MAC), Short Course Series. 29: 239-243.*

Van Breemen O., Aftalion M., Johnson M.R.W. 1979. Age of the Loch Borrolan complex, Assynt, and late movements along the Moine Thrust Zone. *Journal of the Geological Society, London, 136: 489-486.*

Vinagre R., Trouw R.A.J., Mendes J.C., Ludka I. 2014a. Química Mineral e Geotermobarometria do Batólito Serra da Água Limpa, Nappe Socorro-Guaxupé, Faixa Brasília Meridional, Sudeste do Brasil. *Brazilian Journal of Geology, 44: 387-414.*

Vinagre R., Trouw R.A.J., Mendes J.C., Duffles P., Peternel R., Matos G. 2014b. New Evidence of a Magmatic Arc in the Southern Brasília Belt, Brazil: The Serra da Água Limpa Batholith (Socorro-Guaxupé Nappe). *Journal of South American Earth Science, 54:120-139.*

FIGURES:

Figure 1:



Figure 2:

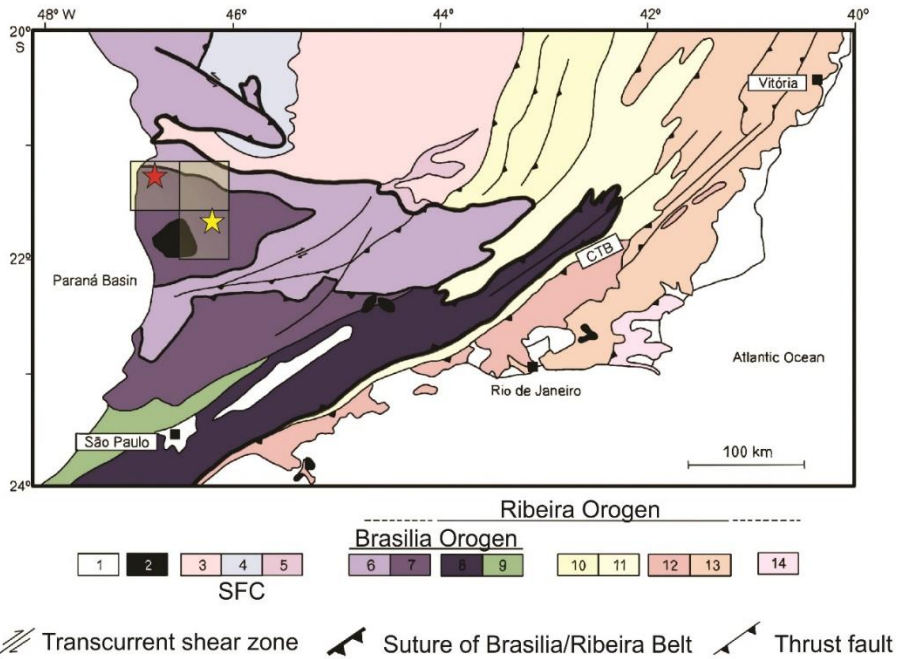


Figure 3:

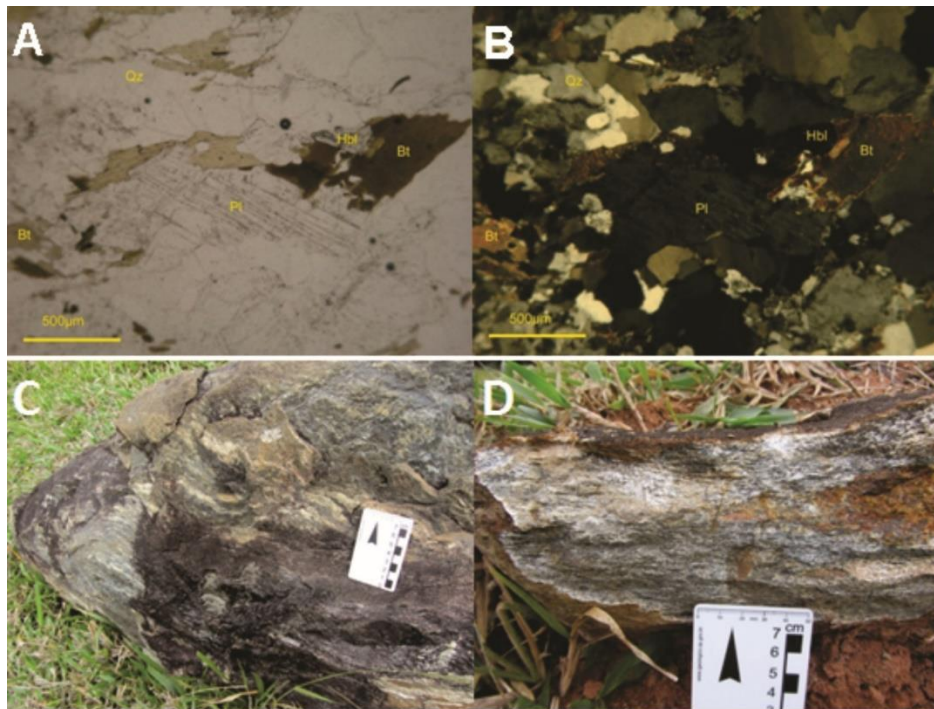


Figure 4:



Figure 5:

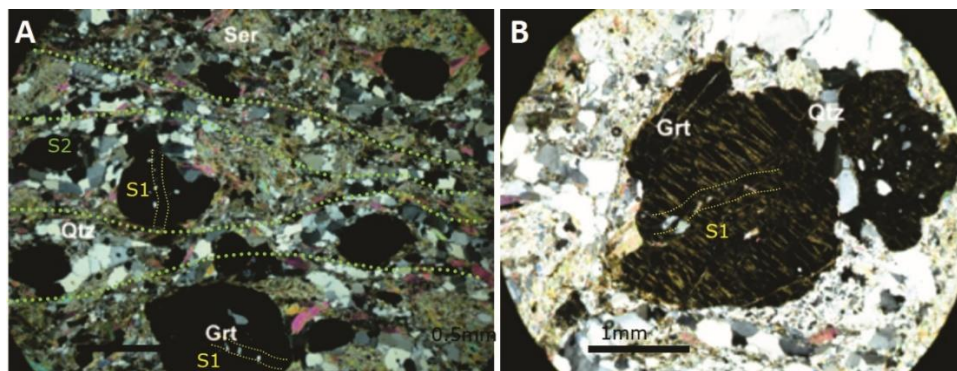


Figure 6:

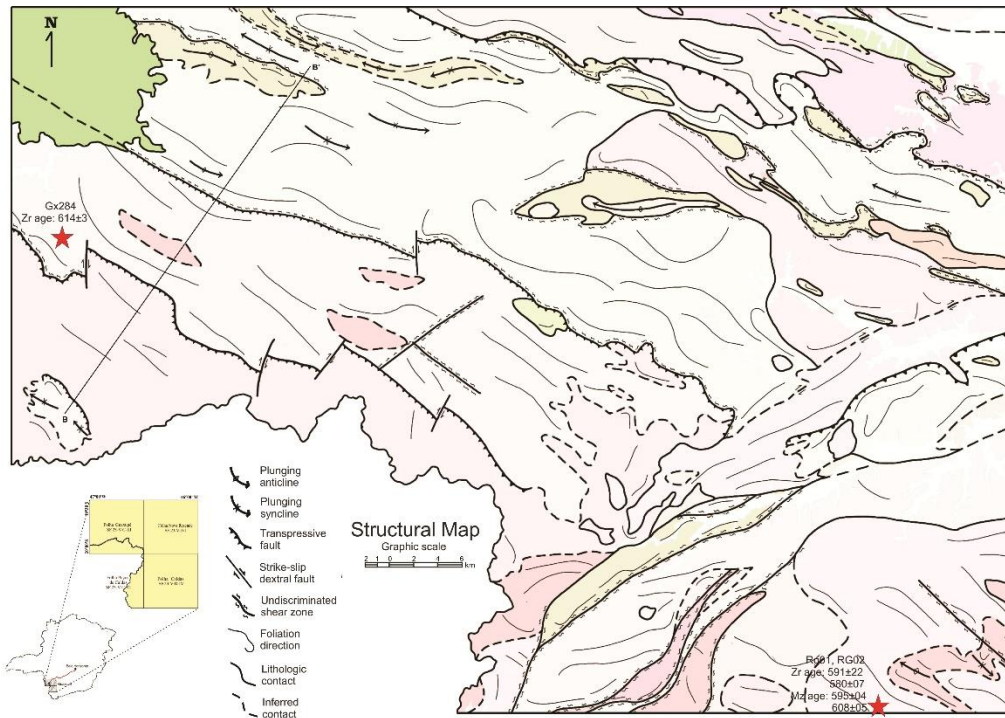


Figure 7:

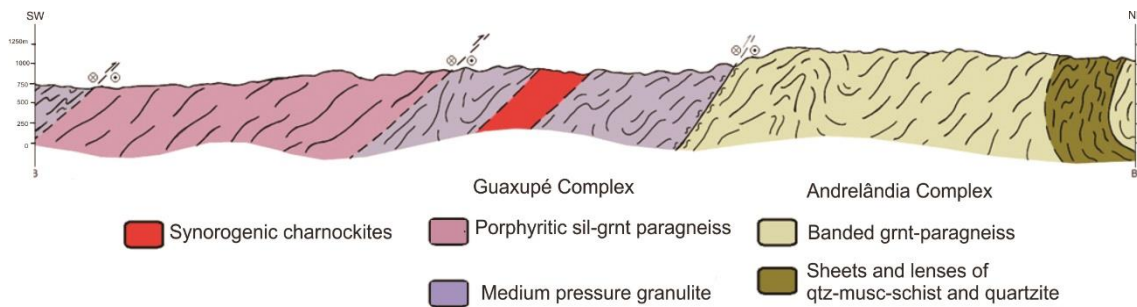


Figure 8:

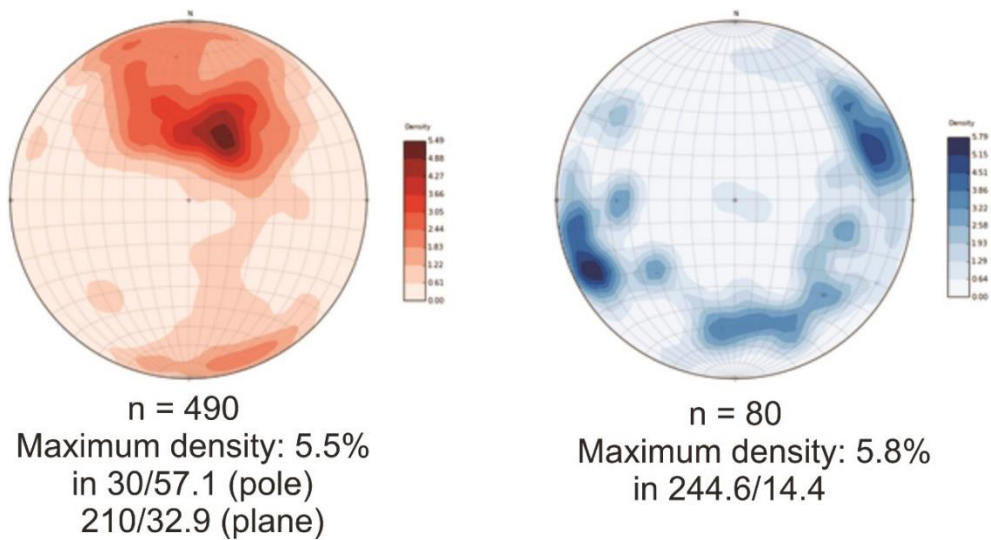


Figure 9:



Figure 10:

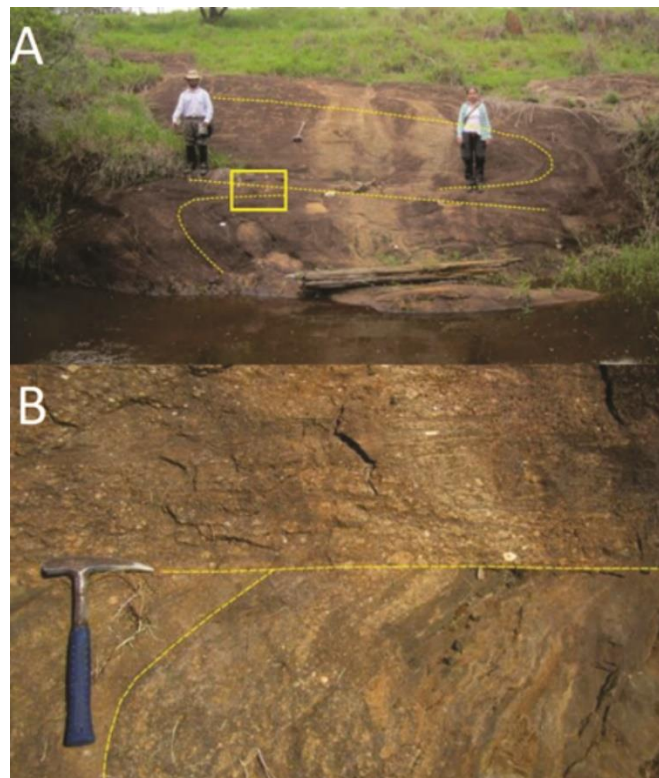


Figure 11:

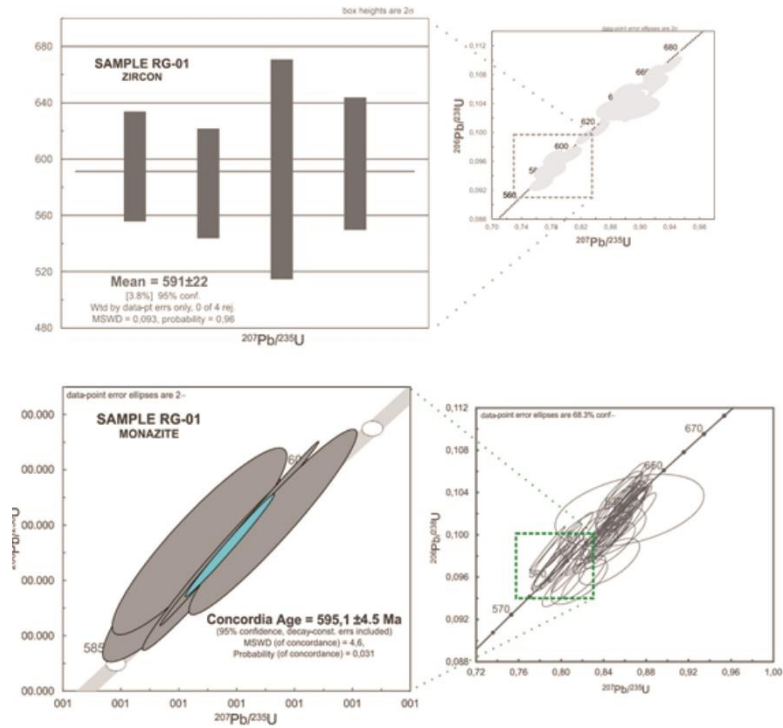


Figure 12:

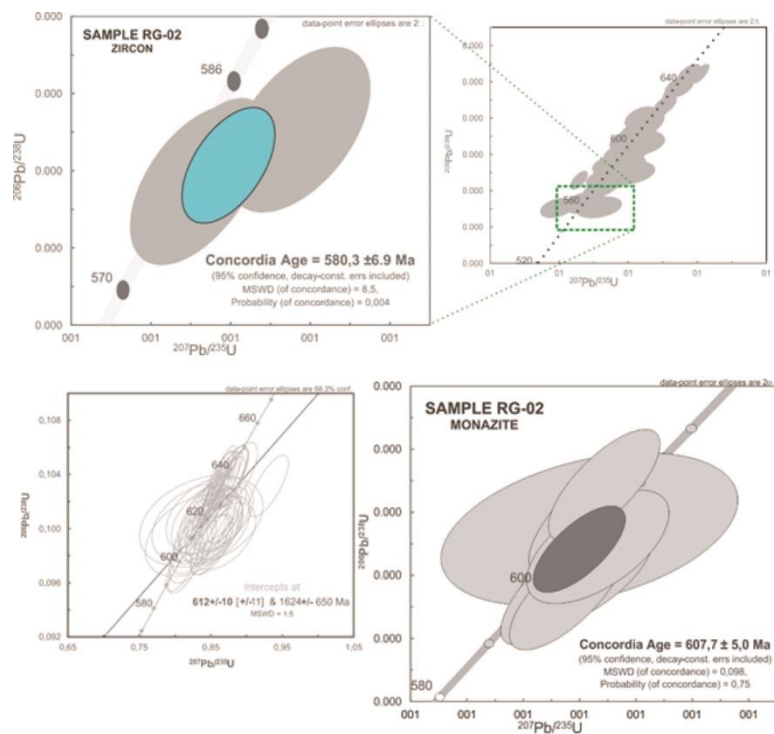


Figure 13:

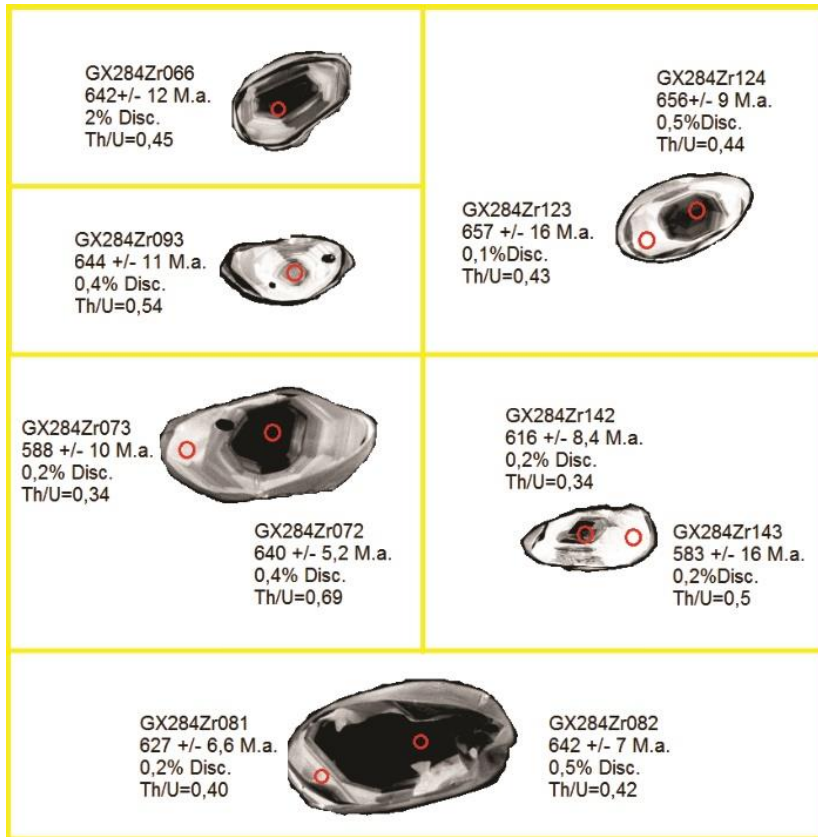


Figure 14:

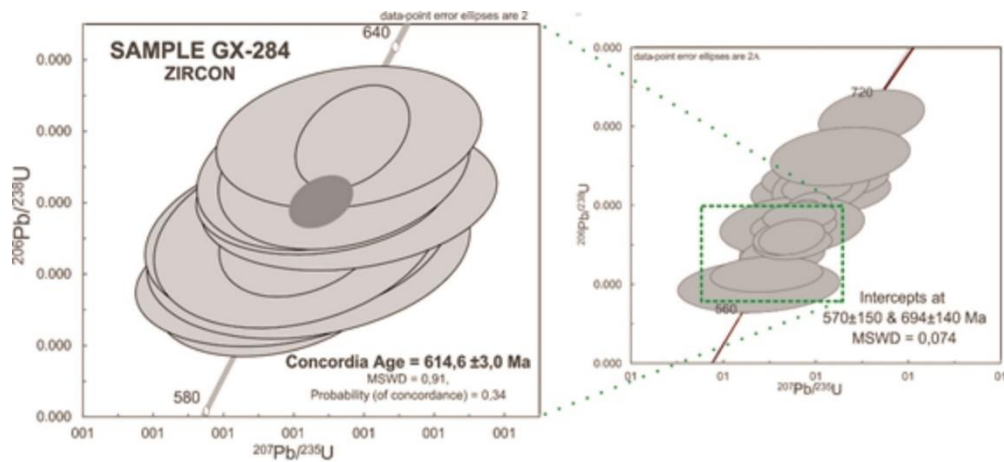
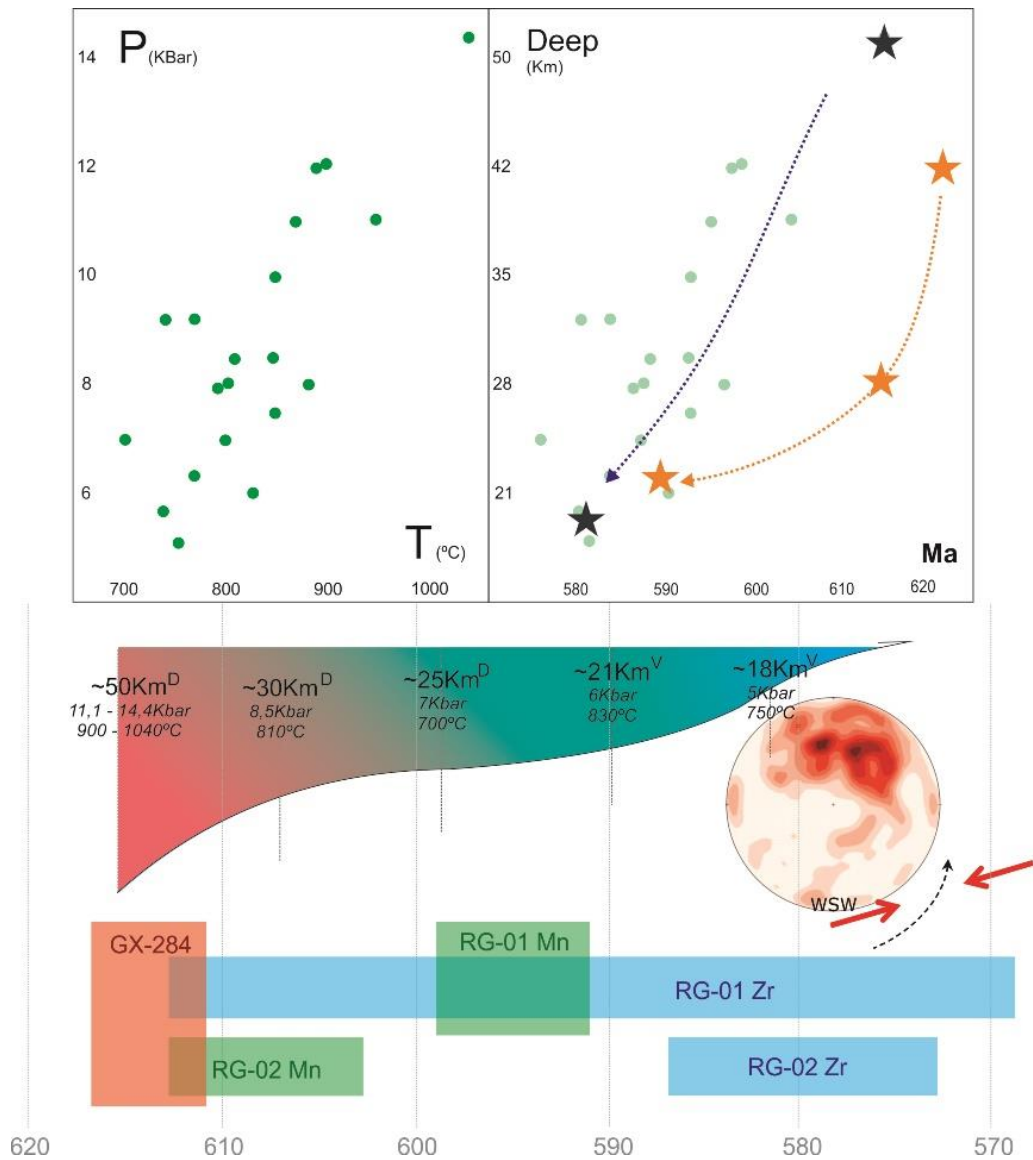


Figure 15:



VI. CONCLUSÕES

A *nappe* Guaxupé faz parte do sistema alóctone de escamas tectônicas com intensa deformação e transporte para ENE durante o desenvolvimento da Faixa Brasília, que funcionou como terreno amalgamador entre a colisão dos paleocontinentes Paranapanema e São Francisco a aproximadamente 625 Ma. Os trabalhos de revisão bibliográfica, mapeamento geológico e análises laboratoriais realizados para essa dissertação propiciaram a compreensão de questões geológicas pendentes acerca desse sistema de *nappes*, além de

trazer descobertas importantes para o entendimento da evolução geotectônica da Faixa Brasília Meridional.

A região limítrofe da *nappe* Guaxupé é constituída principalmente por gnaisses arqueanos e proterozóicos, orto e paraderivados, interdigitados sob forma de lascas tectônicas. Junto às lascas deste embasamento encontram-se rochas Ediacaranas metassedimentares/metamáficas do Complexo Petúnia. Todo pacote é intrudido por diversas associações graníticas pré, sin e pós colisionais de diferentes composições e graus de deformação, enquanto a raiz da *nappe* é encoberta a oeste pelos sedimentos cretáceos da Bacia do Paraná. As zonas metamórficas também são cortadas pela zona de cisalhamento basal da *nappe*, de modo que as rochas a norte dela estão estabilizadas na fácies anfíbolito alto, com associação $Sil + Cd + Grt + Pl + Bt + Qtz$. Já as rochas imediatamente a sul da rampa lateral estão na fácies granulito de média pressão, indicada pela paragênese mineral $Opx + Cpx \pm Hbl + Pl + Grt$. Mais a sul estas rochas encontram-se intensamente migmatizadas até gradar para os gnaisses do Complexo São João da Mata, que exibem paragênese $Kf + Pl + Qtz + Bt \pm Hbl$, indicando um metamorfismo também em fácies anfíbolito de alto grau.

A lineação LB_2 , de grande expressão principalmente na base da *nappe*, está disposta de maneira oblíqua e por vezes *strike* em relação à foliação SB_2 , configurando regime de caráter transpressivo com movimento de topo para ENE, indicado por estruturas tais como cristais de quartzo e feldspato rotacionados e *slickensides* nos planos de falha. O autor dessa dissertação considera a rampa lateral da base da *Nappe* Guaxupé como sendo a zona de sutura dos paleocontinentes São Francisco e Paranapanema, visto as abruptas mudanças observadas nas imagens geofísicas, zonas metamórficas, associações litológicas e datas de cristalização magmática/deposição do sedimento.

Apesar de ser atingida pelas deformações das faixas Brasília e Ribeira, a região do contato norte da *Nappe* Guaxupé tem poucas estruturas provenientes da colisão dos paleocontinentes Kalahari-Congo no neoproterozóico. Uma estrutura resultante dessa segunda deformação é a zona de cisalhamento dextral de direção NE-SW que corta a *Nappe* Guaxupé e gera dobramento de arraste e deflexão em escala de mapa dos diferentes

domínios litológicos e superfícies de milonitização. Com a progressão da deformação, há o abrandamento de sua intensidade e conseguinte diminuição da espessura efetiva, gerando milonitização da rocha e verticalização das estruturas prévias no centro da zona de cisalhamento, classificada então como tipo II (Fossen, 2010).

As análises na amostra GX-594 da *nappe* Andrelândia mostraram extrema homogeneidade dos dados, com fonte Estateriana bem marcada com pico modal em 1670 Ma, sugerindo bacia confinada sendo suprida por fonte restrita durante o preenchimento da paleobacia São Vicente, possivelmente na grande região do Paleocóntinente São Francisco, com magmatismos associados a eventos do período, como o magmatismo formador da subprovíncia Tocantins, localizada entre os estados de Goiás e Tocantins.

A associação entre dados U-Pb em monazita e zircão e os diferentes estágios metamórficos (caracterizados pela variação dos dados P-T compilados) permitiram definir caminho P-T-t para descrever a exumação da *Nappe* Guaxupé (vide Figura 4.11). O caminho P-T-t provém visualização da exumação da *nappe*, que sobrepõe rochas granulíticas a unidades metamorfizadas em fácies anfíbolito; auxiliando a compreensão da dinâmica deste processo.

A exumação da *Nappe* Guaxupé se deu durante o Ediacarano, com base nos dados apresentados se tem uma taxa de exumação mínima de 0,5 Km/Ma, a escassez de dados leva ao elevado erro analítico, torna improvável a inferência de uma taxa máxima. Pode-se estimar provável exumação mais rápida no período inicial (entre 615 e 600 Ma), com preferência ao transporte horizontal em relação ao vertical nos momentos finais. Dados de pressão e temperatura corroboram com um alojamento e estabilização da *Nappe* entre 15 e 18 km de profundidade, o que acarretaria numa taxa de erosão de aproximadamente 0,03 Km/Ma até atualidade, proporção quinze vezes menor que a estimativa mais lenta para exumação pela deformação. Portanto a rápida exumação da *nappe* Guaxupé entre 50 e 20 quilômetros de profundidade resulta da interação de processos tectônicos, a compressão com transporte ENE resultante da colisão Faixa Brasília/Cráton São Francisco seria a principal força atuante nesta exumação.

Como sugestão para a continuidade das pesquisas na região o autor sugere a realização de datações pelo método isotópico Ar-Ar nas rochas da *nappe* Guaxupé. Tais dados seriam usados para complementar e detalhar a história do arrefecimento térmico do sistema de *nappes*, conferindo melhor resolução e confiabilidade para os dados apresentados nesta dissertação.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alkmin F.F., Marshak S., Fonseca M.A. 2001. Assembling West Gondwana in the Neoproterozoic: clues from the São Francisco craton region, Brazil. *Geology*, **29**: 319 –322.

Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**: 349-364.

Almeida F.F.M., Brito Neves B.B., Fuck R. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews* **17**: 1-29.

Almeida J.C.H. 2000. Zonas de cisalhamento dúctil de alto grau do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. PhD thesis, *Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro*.

Almeida F.F.M., Amaral G., Cordani U., Kawashita K. 1973. The Precambrian Evolution of South American Cratonic Margin South of Amazon River. *In: The Oceans Basins and Margins (Nairn & Stelli, Eds.)*, **1**:411-446.

Basei M.A.S., Siga Jr. O., Sato K., Sproesser W. M. 1995. A metodologia Urânio-Chumbo na USP. Princípios metodológicos, aplicações e resultados obtidos. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **67**: 221-237.

Brito Neves B. B., Cordani U. G. 1991. Tectonic Evolution of South America during the Late Proterozoic. *Precambrian Research*, **53**: 23-40.

Campos Neto M.C., Figueiredo M.C.H. 1995. The Rio Doce orogeny, southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **8**:143-162, 1995.

Campos Neto M.C., Caby R. 1999. Neoproterozoic high-pressure metamorphism and tectonic constraing from nappe system south of the São Francisco craton, southeast Brazil. *Precambrian Research*, **97**: 3-26.

Campos Neto M.C., Caby R. 2000. Terrane accretion and upward extrusion of high-pressure granulites in the Neoproterozoic nappes of southeast Brazil: Petrologic and structural constraints. *Tectonics*, **19**: 669-687.

Campos Neto M.C., Basei M.A.S., Vlach S.R.F., Caby R., Szabó G.A.J., Vasconcelos P. 2004. Migração de orógenos e superposição de orogêneses: Um esboço da colagem Brasileira no sul do Cráton do São Francisco, SE – Brasil. *Geologia USP, Série Científica*, **4**: 13-40.

Campos Neto M.C., Janasi V.A., Basei M.A.S., Siga Jr. O 2007. Sistema de Nappes Andrelândia, setor oriental: litoestratigrafia e posição estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências* **37**: 47-60.

Campos Neto M.C., Cioffi C.R., Moraes R., Motta R.G., Siga Jr. O., Basei M.A.S. 2010. Structural and metamorphic control on the exhumation of high-P granulites: the Carvalhos Klippe example, from the oriental Andrelândia Nappe System, southern portion of the Brasília Orogen, Brazil. *Precambrian Research*, **180**: 125-142.

Campos Neto M.C., Basei M.A.S., Janasi V.A., Moraes R. 2011. Orogen Migration and tectonic setting of the Andrelândia nappe system: an Ediacaran Western Gondwana Collage, South of São Francisco Craton. *Journal of South American Earth Sciences*, **32**: 393-406.

Campos Neto M. C. 2000. Orogenic systems from southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano-Pan African cycle and collage in southeastern Brazil. *In*: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz Filho A., Campos D.A., Tectonic evolution of South America. Rio de Janeiro, p. 335-365.

Choudhuri A., Carvalho E.D.R., Gomes E.P. 1990. The reaction olivine + plagioclase = orthopyroxene + clinopyroxene + spinel in metagabbro from Guaxupé and its bearing on P-T conditions of granulite facies metamorphism. *In: 36th Congresso Brasileiro de Geologia*. Natal, p. 2018-2024.

Cliff R.A. 1985. Isotopic dating in metamorphic belts. *Journal of the Geological Society*, **142**: 97-110.

Dardenne M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. *In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Tomas Filho, A., Campos, D.A. (Eds.), Tectonic Evolution of South America. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz-Filho A., Campos D.A. (eds.) Tectonic evolution of South America*. 31^o International Geological Congress. Rio de Janeiro, p. 231-263.

Del Lama E.A. 1993. *Petrologia das rochas metamórficas de alto grau do complexo Campos Gerais e correlação com as do Complexo Varginha-Guaxupé – estudos termobarométricos*. MS dissertation, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 132 p.

Del Lama E.A., Zanardo A., Oliveira M.A.F., Morales N. 2000. Exhumation of high pressure granulites of the Guaxupé complex, southeastern Brazil. *Geological Journal*, **35**: 231-249.

Ebert H. 1968. Ocorrência de fácies granulítica no sul de Minas Gerais, e regiões adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **40**: 215-229.

Ebert H. 1984. Os Paraibides entre São João del Rei (Minas Gerais) e Itapira (São Paulo) e a bifurcação entre Araxáides e Paraibides. *Publ. Esp., SBG-SP*, **12**: 1-103.

Ebert H.D., Hasui Y., Costa J.B.S. 1991. O caráter transpressivo do cinturão transcorrente Rio Paraíba do Sul. *In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Boletim de Resumos Expandidos*, Rio Claro: SBG, **3**:139 -141.

Fetter A.H., Hackspacher P.C., Ebert H.D., Dantas E.L., Costa A.C.D. 2001. New Sm/Nd and U/Pb geochronological constraints on the Archean to Neoproterozoic evolution of the Amparo Basement Complex of the Central Ribeira Belt southeastern Brazil. In: South American Symposium on Isotope Geology, 2001, Pucón. Sociedad Geológica de Chile, 36p.

Fossen H. 2010. *Structural geology*. Cambridge, Cambridge University Press, 480 p.

Fuck R.A., Pimentel M.M., Silva L.J.H.D. 1994. Compartimentação tectônica da porção oriental da Província Tocantins. *In: 38º Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário Camboriú. Balneário Camboriú, p. 215-216.*

Gebauer D., Schertl H.P., Brix M., Schreyer W. 1997. 35 Ma old ultrahigh-pressure metamorphism and evidence for very rapid exhumation in the Dora Maira Massif, Western Alps. *Lithos*, 41: 5-24.

Hackspacher P., Godoy A.M. 1999. Vertical displacement during late-collisional escape tectonics (Brasiliano Orogeny) in the Ribeira Belt, São Paulo State, Brazil. *Journal of African Earth Science* **29**:25–32.

Hasui Y., Carneiro C.D.R., Coimbra A.M. 1975. The Ribeira Fold Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 5: 257-266.

Hasui Y. 1982. The Mantiqueira Province: Archean Structure and Proterozoic Evolution. *In: Int. Symp. Archean and Early Proterozoic Geological Evolution and Metallogenesis, Salvador, BA.*

Heaman L.M., Parrish R. 1991. U-Pb geochronology of accessory minerals. *In: Heaman L., Ludden J.N. (Eds.), Applications of Radiogenic Isotope Systems to Problems in Geology. Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook, Ottawa, p. 59-102.*

Heilbron M., Rocha A.D., Silva L.G.E., Nogueira J.R., Trouw R., Polónia J.A.L. 1994. Compartimentação tectônica na seção Conceição do Ibitipoca (MG)- Valença (RJ), segmento central da Faixa Ribeira. *In: congresso brasileiro de Geologia 38, Camboriú, SC, SBG, 2:55-56.*

Heilbron M., Mohriak W., Valeriano C.M., Milani E., Almeida J.H.C., Tupinambá M. 2000. From Collision to Extension: The Roots of the Southeastern Continental Margin of Brazil. *In: Geology & Geophysics of Continental Margin. AGU Geophysical Monograph (eds). Mohriak and M. Talwani Special Number of International Geophysical Association.*

Heilbron M., Machado N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira belt (se Brazil). *Precambrian Research, 125:87-112.*

Heilbron M., Valeriano C. M., Tassinari C.C.G., Almeida J.C.H., Tupinambá M, Siga Jr. O., Trouw R.J.A. 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. *In: Pankhurst R.J., Trouw R.A.J, Brito Neves B.B., De Wit M.J. (Eds). West Gondwana Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region. The Geological Society of London. London 294: 211-237.*

Heilbron M. 1990. O limite entre as faixas de dobramento Alto Rio Grande e Ribeira na seção geotransversal Bom Jardim de Minas (MG)- Barra do Piraí (RJ). *In: congresso brasileiro de Geologia 36, Natal, Anais, RN, SBG, 6:2813-2826.*

Heilbron M. 1993. Evolução tectono-metamórfica da Seção Bom Jardim de Minas (MG) -Barra do Piraí (RJ). Setor Central da Faixa Ribeira. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo, p. 268.

Heilbron M. 1995. O Segmento Central da Faixa Ribeira: Compartimentação Tectônica e Ensaio Evolutivo. Tese de Livre Docência, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, p. 115.

Janasi V. A. 1999. Petrogênese de granitos crustais na Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (SP-MG): uma contribuição da geoquímica elemental e isotópica. São Paulo, 304 p. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Janasi V.A. 2002. Elemental and Sr-Nd isotope geochemistry of two Neoproterozoic mangerite suites in SE Brazil: implications for the origin of the mangerite-charnockite-granite series. *Precambrian Research*, **119**: 301–327.

Janasi V.A., Montanheiro T.J., Freitas V.A., Reis P.M., Negri F.A., Dantas F.A. 2007. Geology, petrography and geochemistry of the acid volcanism of the Paraná Magmatic Province in the Piraju-Ourinhos region, SE Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **37**:745-759.

Klötzli U., Klötzli E., Günes Z., Košler J. 2009. External accuracy of laser ablation U-Pb zircon dating: results from a test using five diferente reference zircons. *Geostand, Geoanal.* **33. 1**: 5-15.

Ludwig K.R. 2003. User's Manual for Isoplot/Ex, Version 3.0, A geochronological toolkit for Microsoft Excel Berkeley Geochronology Center Special Publication, v. 4.

Ludwig K.R. 2008. Isoplot/Ex 3.70. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronological Center, Berkely, Special publication **4**: 76p.

Machado R., Endo I. 1993. Estruturas transcorrentes na borda sul do Cráton do São Francisco. *In*: Simpósio sobre o Cráton do São Francisco II, Salvador, Bahia, SBG, p:269-271.

Martins L. 2016. Caracterização química, isotópica U-Pb (LA-ICP-MS) e petrográfica do metatexito São João da Mata e do Batólito Serra da Água Limpa, implicações à Faixa Brasília Meridional. MS dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 94 p.

Mantovani M.S.M., Quintas M.C.L., Shukowsky W., Brito Neves B.B. 2005. Delimitation of the Paranapanema Proterozoic block: a geophysical contribution. *Episodes*, **28**: 18-22.

Milani E.J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-ocidental. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 255.

Motta R.G., Moraes R., Trouw R.A.J., Campos Neto M.C.C. 2010. Reconstrução e comparação de trajetórias P-T no sistema de nappes Andrelândia, sul da Faixa Brasília, MG. *Geologia USP, Série científica*, **10**: 79-96.

Negri F.A. 2002. Petrologia das rochas charnockito-graníticas e encaixantes de alto grau associadas na região de São Francisco Xavier, SP. Rio Claro, 404p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

Oliveira M.A.F. De, Ruberti E. 1979. Granada-cordierita gnaisses do complexo migmatítico de São José do Rio Pardo - Caconde, SP. *Boletim de Mineralogia*, **6**: 15-29.

Paciullo F.V.P., Ribeiro A., Andreis R.R., Trouw R.A.J. 2000. The Andrelândia Basin, a neoproterozoic intraplate continental margin, southern Brasília, Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**: 200-202.

Paciullo F.V.P., Trouw R.A.J., Ribeiro A. 2003. Geologia da Folha Andrelândia. In: Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Trouw R.A.J., Heilbron M.

(Eds.), *Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Mineiro, Projeto Sul de Minas*, **1**:84-120.

Peternel R., Trouw R.A.J., Schmitt R. 2005. Interferência entre duas faixas móveis neoproterozoicas: o caso das faixas Brasília e Ribeira, no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **35**: 297-310.

Pimentel M.M., Heaman L., Fuck R.A., Marini O.J. 1992. Idade do metariolito da Sequência Maratá, Grupo Araxá, Goiás: estudo geocronológico pelos métodos U-Pb em zircão, Rb-Sr e Sm-Nd. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **64**:19-28.

Reis J.M., Neto 1983. *Evolução Geotectônica da Bacia do Alto Tocantins, Goiás*. MS dissertation, IG/USP, São Paulo, 98 p.

Ribeiro A., Paciullo F.V.P, Andreis R.R., Trouw R.A.J., Heilbron M. 1990. Evolução policíclica proterozóica no sul do Craton do São Francisco: análise da região de São João del Rei e Andrelândia, MG. *In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia*, **36**: 2605-2614.

Ribeiro A., Ávila C.A., Valença J.G., Paciullo F.V.P., Trouw R.A.J. 2003. Geologia da Folha São João del Rei (1:100.000). Relatório Final. *In: Pedrosa Soares, A.C., Noce, C.M., Trouw, R.A.J., Heilbron, M. (Eds.), Geologia e recursos minerais do sudestemineiro, Projeto Sul de Minas- Etapa I (COMIG,UFGM, UFRJ,UERJ), Belo Horizonte MG*, p. 521-659.

Rocha B.C., Moraes R., Möller A., Cioffi C.R., Jercinovic M.J. 2016. Timing of anatexis and melt crystallization in the Socorro-Guaxupé Nappe, SE Brazil: insights from trace element composition of zircon, monazite and garnet coupled to U–Pb geochronology. *LITHOS*, doi: 10.1016/j.lithos.2016.05.020.

Rubatto D., Hermann J. 2001. Exhumation as fast as subduction? *Geology*, **29**: 3-6.

Siivola J., Schmid R. 2007. List of Mineral Abbreviations. IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks. Web version 01.02.07 (www.bgs.ac.uk/scmr/home.html).

Sláma J., Kosler J., Condon D. J., Crowley J. L., Gerdes A., Hanchar J. M., Horstwood M. S. A., Morris G. A., Nasdala L., Norberg N., Schaltegger U., Schoene B., Tubrett M. N., Whitehouse M. J. 2008. Plesovice zircon – a new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chem. Geol.* **249**: 1–35.

Streckeisen A.L. 1976. Classification of the *common igneous rocks by means of their chemical composition: a provisional attempt*. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, **1**: 1-15.

Töpfer C. 1996. Brasiliano-granitoide in den bundesstaaten São Paulo und Minas Gerais, Brasilien- eiene Vergleichende studie. *Münchner Geol. Hefte A*, **17**: 1- 258.

Trouw R.A.J., Ribeiro A., Paciullo F.V.P. 1994. A faixa Alto Rio Grande reinterpretada como a zona de interferência entre a Faixa Brasília e Faixa Ribeira. *In: congresso brasileiro de Geologia 38, Camboriú, SBG*, **1**:234- 235.

Trouw R.A.J., Heilbron M., Ribeiro A., Paciullo F., Valeriano C.M., Almieda J.C.H., Tupinambá M., Andreis R.R. 2000. The central segment of Ribeira Belt. *In: Cordani U.G. Milani E.J. Thomaz Filho A., Campos D.A. (Ed.). Tectonic Evolution of South America*, Rio de Janeiro, p. 287-310.

Trouw R.A.J., Peternel R., Medeiros F.F.F., Trouw C.C., Rodrigues L.H.O. 2003a. The Neoproterozoic Caxambu shear zone, MG. *In: SBG, Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, **9**: 124-127.

Trouw R.A.J., Peternel R.M.N., Castro E.M.O., Trouw C.C., Matos G.C. 2006. *Geologia e Recursos Minerais das Folhas Varginha e Itajubá (MG), escala 1:100.000*. Parceria UFRJ-Serviço Geológico do Brasil-CPRM, Proposta UFRJ/01-2005.

Trouw R.A., Peternel R., Ribeiro A., Heilbron M., Vinagre R., Paciullo F.V.P., Duffles P., Trouw C.C., Fontainha M., Kussama H.H. 2013. A new interpretation for the interference zone between the Southern Brasília belt and the central Ribeira belt, SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 48: 43-57.

Tupinambá M., Teixeira W., Heilbron M. 2000. Neoproterozoic western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt. *Revista Brasileira de Geociências*, 30:7-11.

Tupinambá M., Heilbron M., Duarte B.P., Nogueira J.R., Valladares C.S., Almeida J.C.H, Eirado L.G., Medeiros S.R., Almeida C.G., Miranda A., Ragatky C.D., Mendes J., Ludka I. 2007. Geologia da Faixa Ribeira setentrional: Estado da Arte e Conexões com a Faixa Araçuaí. *In: Revista Geonomos* 15: 67-79.

Uhlein A., Trompette R., Egydio-Silva M.E. 1995. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. *Journal of South America Earth Science*, 11:191-203.

Valeriano C.M., Dardenne M.A., Fonseca M.A., Simões L.S.A., Seer H.J. 2004. A evolução tectônica da Faixa Brasília. *In: Mantesso-Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R., Brito Neves B.B. (Eds.). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques De Almeida.* São Paulo, p. 575-592.

Valeriano C.M., Pimentel M.M., Heilbron M., Almeida J.C.H., Trouw R.A.J. 2008. 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. West Gondwana: Pre-cenozoic Correlations across the South Atlantic Region, Geological Society, London*, 294: 197-210.

Valeriano C., Tupinambá M., Simonetti A., Heilbron M., Almeida J., Eirado Silva L. 2011. U-Pb LA-MCICPMS geochronology of Cambro-Ordovician

postcollisional granites of the Ribeira Belt, southeast Brazil: Terminal Brasiliano magmatism in central Gondwana supercontinent. *Journal of South American Earth Sciences*, **32**:416-428.

Van Achterbergh E., Ryan C. G., Jackson S. E., Griffin W. L. 2001. Data reduction software for LA-ICP-MS: appendix. *In*: P. J. Sylvester (Ed.), *Laser Ablation-ICP Mass Spectrometry in the Earth Sciences: Principles and Applications*, Ottawa, Mineralog. Assoc. Canada (MAC), Short Course Series. **29**: 239-243.

Van Breemen O., Aftalion M., Johnson M.R.W. 1979. Age of the Loch Borrolan complex, Assynt, and late movements along the Moine Thrust Zone. *Journal of the Geological Society, London*, **136**: 489-486.

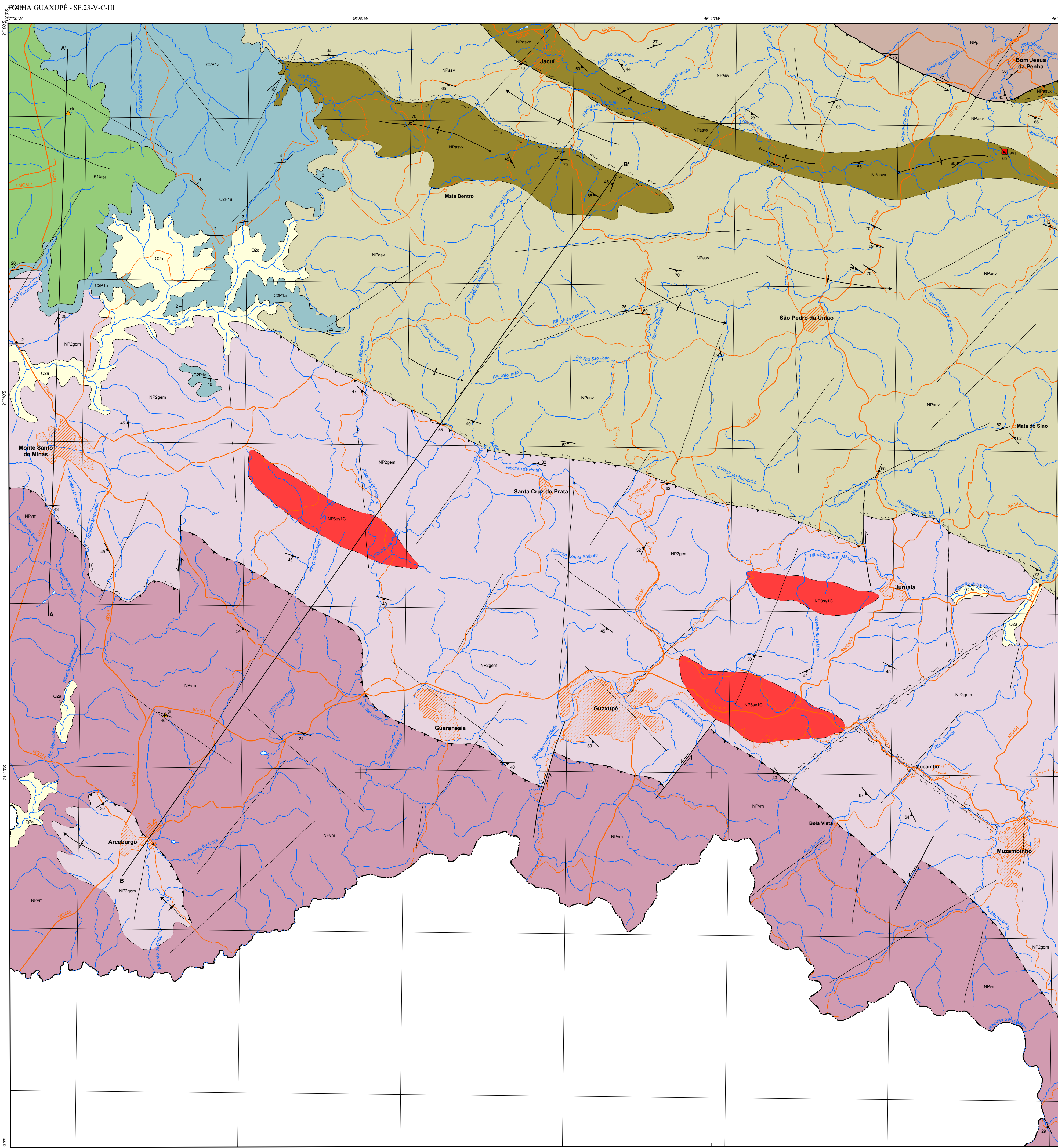
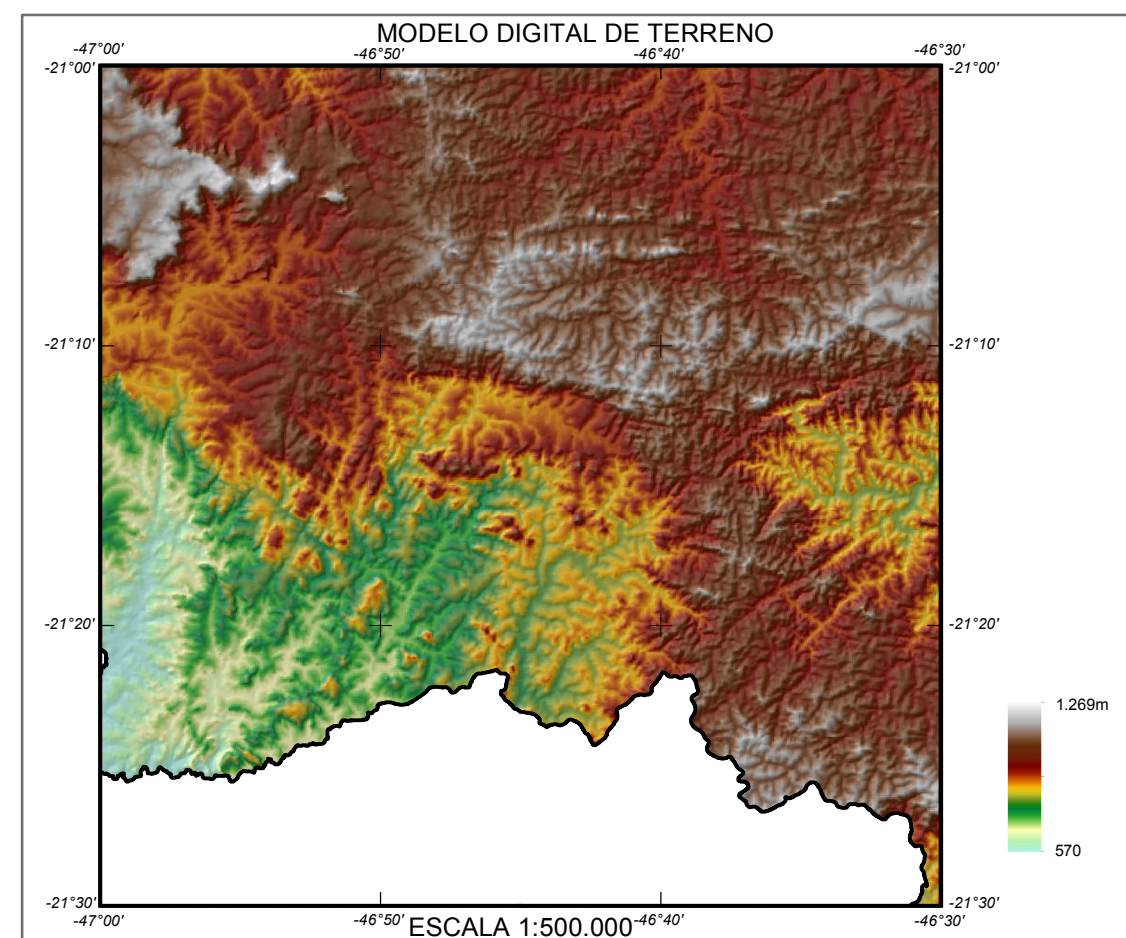
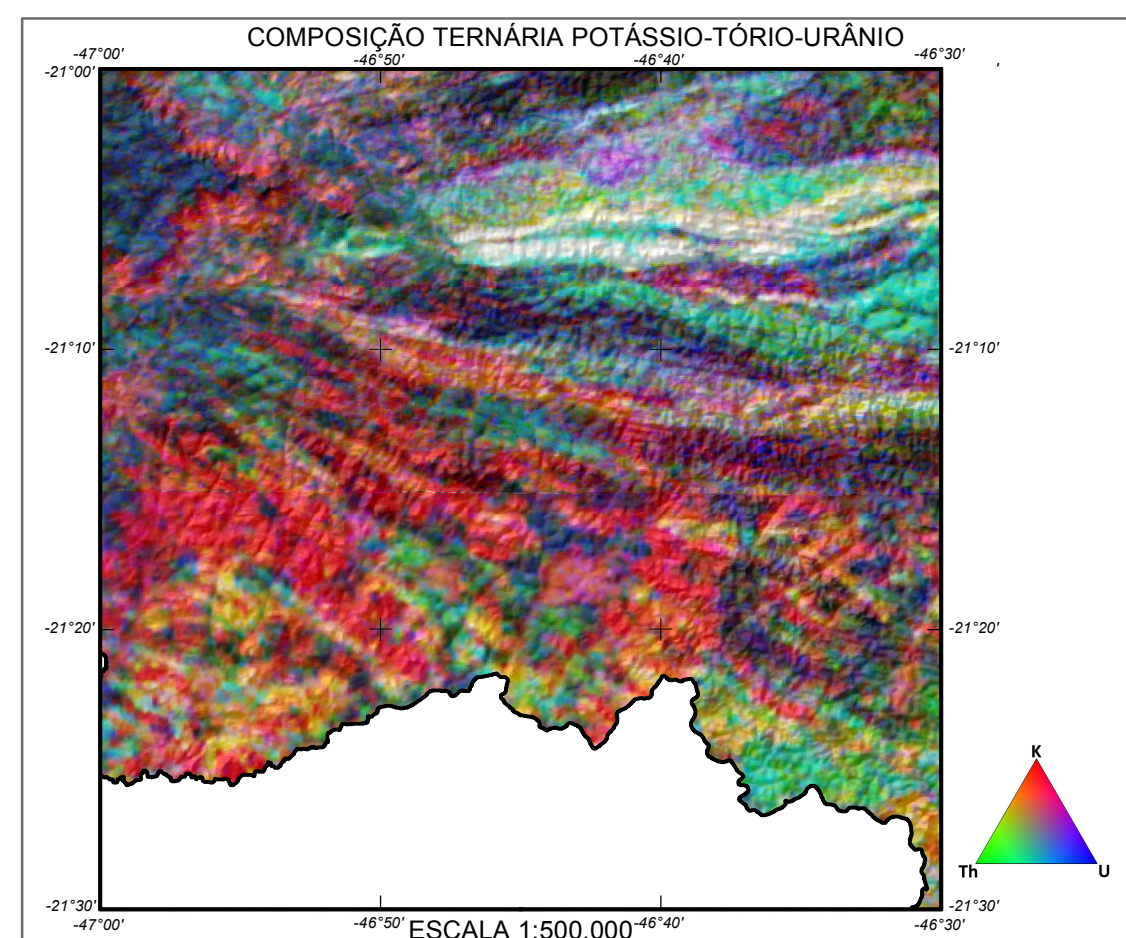
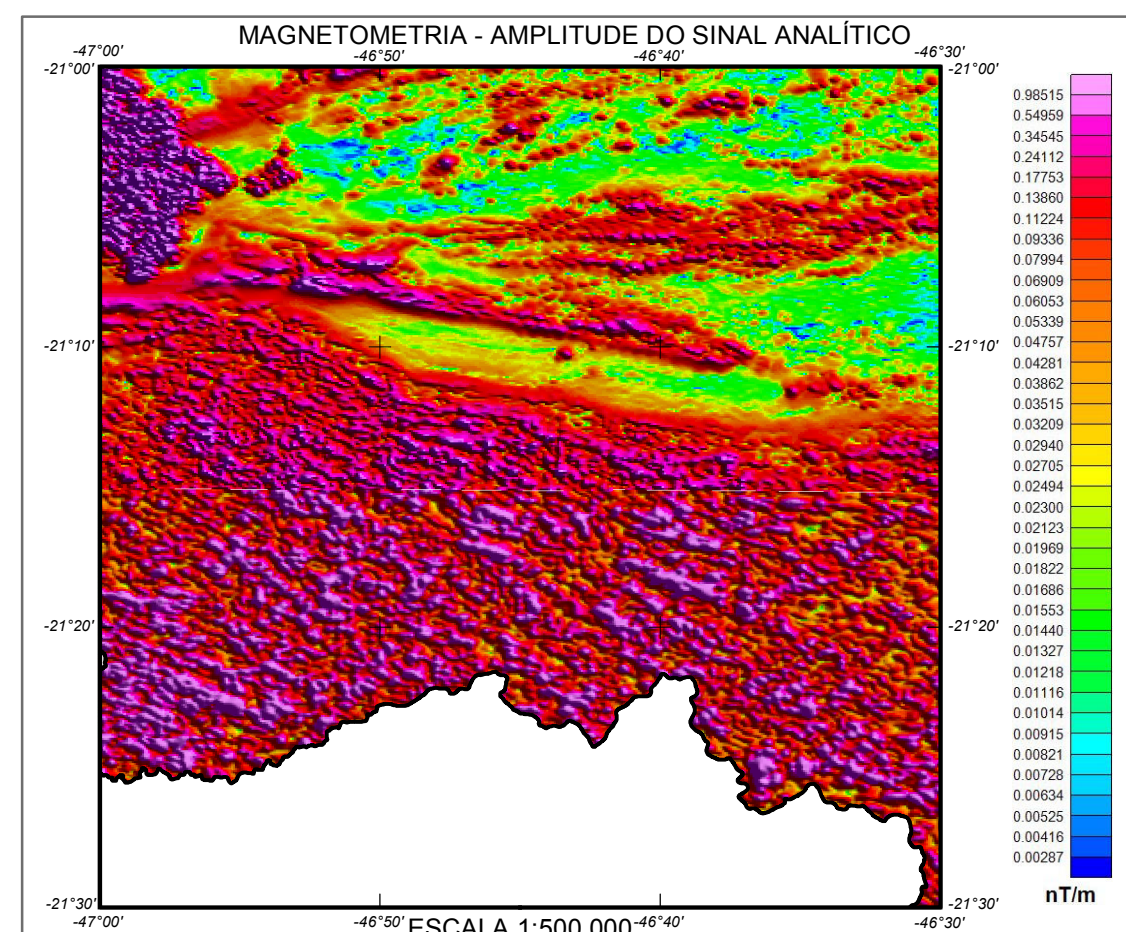
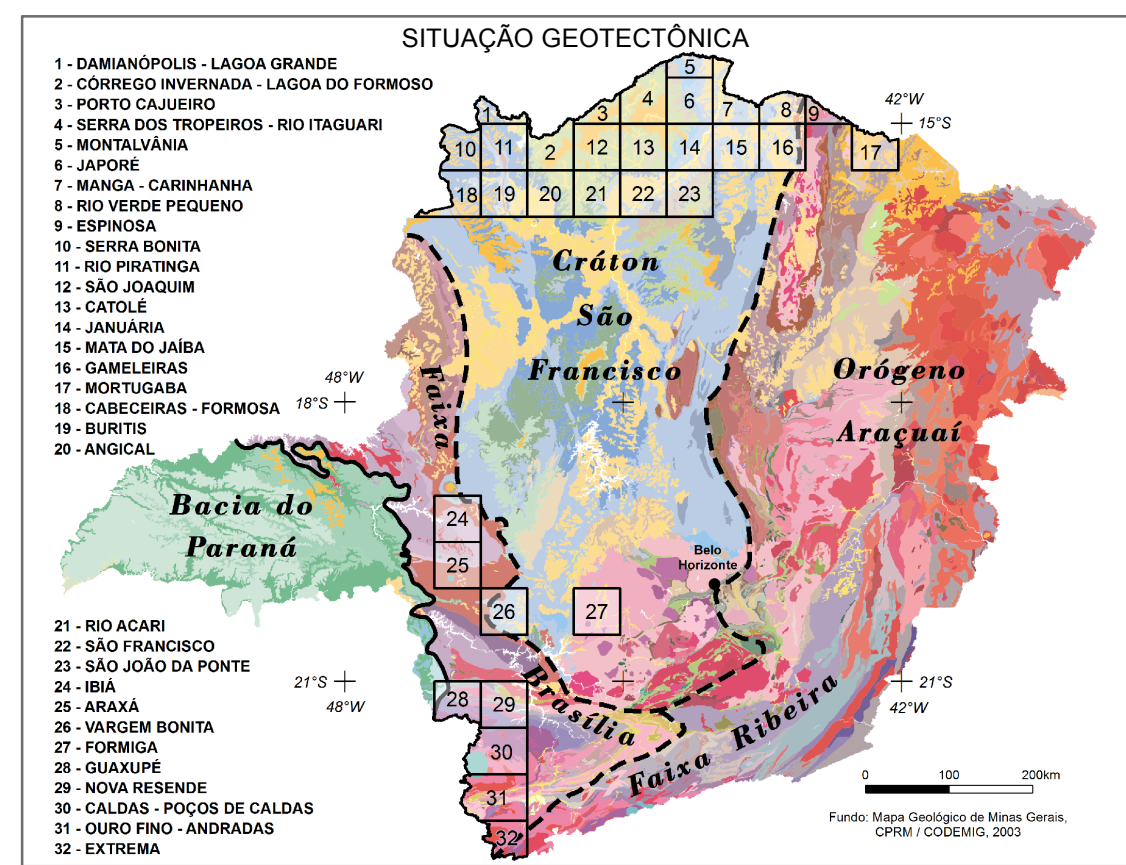
Vinagre R., Trouw R.A.J., Mendes J.C., Ludka I. 2014. Química Mineral e Geotermobarometria do Batólito Serra da Água Limpa, Nappe Socorro-Guaxupé, Faixa Brasília Meridional, Sudeste do Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, **44**: 387-414.

Vinagre R., Trouw R.A.J., Mendes J.C., Duffles P., Peternel R., Matos G. 2014. New Evidence of a Magmatic Arc in the Southern Brasília Belt, Brazil: The Serra da Água Limpa Batholith (Socorro-Guaxupé Nappe). *Journal of South American Earth Science*, **54**:120-139.

Zuquim M.P.S., Trouw R.A.J., Trouw C.C., Tohver E. 2011. Structural evolution and UPb SHRIMP zircon ages of the Neoproterozoic Maria da Fé shear zone, central Ribeira belt e SE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* **31**:199-213.

ANEXOS

Mapas geológicos das folhas Guaxupé, Nova
Resende, Caldas e Poços de Caldas



- LEGENDA**
- FANEROZOICO**
- QUATERNÁRIO**
- Q2a Depósitos aluvionares inconsolidados e semconsolidados. São compostos essencialmente por areia média grossa, com seixos em menor quantidade. Outros depósitos fanerozoicos, como sedimentos eluvio-cólicas, ocorrem em mais encostas de rios e planícies. Na região a norte da cidade de Monte Santo de Minas ocorrem depósitos de maior energia, formados por clastos e matacões póliticos com arredondamento e eficiência boa e moderada emboas por matacões arenosos mal selecionados.
- MEZOZOICO**
- CRETÁCEO**
- CRETÁCEO INFERIOR**
- FORMAÇÃO SERRA GERAL**
- K10g Representada por basalto preto com textura afânica ou equigranular muito fina. Quando alterado apresenta cor laranja a cinza e foliação esferoidal. Afunda no topo da chapeada a norte da cidade de Monte Santo de Minas, assentado acima do arenito da Formação Aquiduanã, e possui espessura mínima de 25 metros.
- FORMAÇÃO AQUIDUANA**
- CP1a Arenito arenoso a lítilo de granometria areia fina a média, avermelhado, por vezes com granodiscricidade. Formam inselberg de dezenas de metros de altura que se destacam na paisagem. Lentes e camadas metálicas a decimétricas de silte e argilo vermelho intercalam o arenito, aprofundando as bacias. Esta assentada discordantemente sobre o conjunto metamórfico predominantemente na área, e possui atitude sub-horizontal a horizontal.
- PALEOZOICO**
- PERMIANO-CARBÔNIFERO**
- GUARANIOPENSILVÂNICO**
- FORMAÇÃO AQUIDUANA**
- NPm Arenito arenoso a lítilo de granometria areia fina a média, avermelhado, por vezes com granodiscricidade. Formam inselberg de dezenas de metros de altura que se destacam na paisagem. Lentes e camadas metálicas a decimétricas de silte e argilo vermelho intercalam o arenito, aprofundando as bacias. Esta assentada discordantemente sobre o conjunto metamórfico predominantemente na área, e possui atitude sub-horizontal a horizontal.
- PROTEROZOICO**
- NEOPROTEROZOICO**
- EDACARANO**
- COMPLEXO PETÚNIA**
- NPY Arfido de coloração verde escura e granulação predominantemente grossa a eventualmente média. Constituem arranjos metamórficos de hornblenda, plagioclásio e biotita. Tecnicamente intercalado ao arfido ocorrem corpos métricos de biotita grossa e biotita visto de granulação fina com foliação e injeção de estromatolito mineral marcantes. O pacote encontra-se deformado pela Zona de Cisalhamento Bon Jesus da Penha de direção preferencial NW-SE.
- CHARNOCÍTIOS DE SINCORRÊNCIAS DO OROGÊNIO SOCORRO-GUAXUPÉ**
- NPstYC Hipersênio granulitos de cor esverdeada, granulação média a fina e composição charnockítica (granítica) e opálfica (granodiorítica). Composto por quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, ortopiroxênio, clinopiroxênio, granada (pouco frequente), biotita e hornblenda (como produtos de alteração). O desenvolvimento da foliação é regular, geralmente a rocha apresenta aspecto macio, mas quartzo interpenetra moeda a foliação regional impressa. Localmente apresenta feições ígneas.
- UNIDADE SÃO VICENTE**
- NPmV Unidade metamórfica predominantemente na folha. Composta por paragneisses com bandamento milimétrico a centimétrico, de mergulhos moderados e granulação fina a média. É composto por plagioclásio, quartzo, biotita, muscovita, epidoto e microclina, com granada subordinada. Esta unidade geralmente afeta em bacias e com elevado grau de alteração.
 - NPmX Xisto e quartzitos quartzo-muscovita xisto e quartzitos ocorrem como camadas e lentes de dimensões métricas a decimétricas tecnicamente intercaladas ao bandamento do paragneisses da Unidade São Vicente. O quartzo-muscovita xisto é homogêneo, tem cor cinza clara, granulação média a grossa e é composto por muscovita, quartzo, plagioclásio, granada, biotita e traços de zircão, rutilo e minerais opacos. O quartzo apresenta granulação fina e forte orientação de estromatolito mineralizando foliação em geral verticalizada.
- ORTOGNÁISS E LOI MENDES**
- NPm Hipersênio granulitos de pressão intermediária. Define leitos relativamente contínuos, milimétricos a centimétricos, constituindo hipersênio granulitos de pressão intermediária. Apresenta comumente estrutura bandada, com bandas milimétricas a centimétricas. As porções ígneas ricam em plagioclásio, feldspato potássico e quartzo, porções metálicas compostas por ortopiroxênio, clinopiroxênio, com porções menores de granada, arfido, biotita e minerais opacos. Apresenta coloração cinza escuro e granulação fina a média. Aforam em colinas suaves, alcançando até dezenas de metros de espessura.
- COMPLEXO VARGINHA-GUAXUPÉ**
- UNIDADE PARAGNEISSICA MEGAMÁTTICA SUPERIOR**
- NPm Silimanita-granada paragneisses com porfiroblastos de feldspato potássico e granada. Possui cor cinza escuro a claro, granulação fina a média com megacrístas de feldspato e é composto por biotita, quartzo, microclina, plagioclásio, granada e sillimanita. Esta unidade afeta em uma faixa de direção principal NW-SE na porção sul da folha estruturada tecnicamente para cima do ortogneisses EOI Mendes.

- CONVENÇÕES GEOLÓGICAS**
- Contato
 - Contato aproximado
 - Zona de cisalhamento transcorrente sinistral
 - Falha transcorrente sinistral
 - Zona de cisalhamento indistricada
 - Zona de cisalhamento aproximada
 - Zona de cisalhamento transposicional sinistral
 - Falha contorcional aproximada
 - Zona de cisalhamento compressional
 - Anticlinal ou anforme normal com cimento indicado
 - Sinclinal ou sinforme normal com cimento indicado
 - Lineamentos estruturais: traços de superfície S
 - Acamadamento
 - Foliação
 - Deposito
 - Ocorrência
 - arg: argila; ck: charnockito; gr: granito

- CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS**
- Curso d'água perene
 - Corpo d'água perene
 - Mancha urbana
 - Localidade
 - Ferrovia
 - Limite interestadual
 - Rodovia
 - Estrada não pavimentada de tráfego permanente
 - Estrada não pavimentada de tráfego periódico
 - Ferrovia
 - Limite interestadual

MAPA GEOLÓGICO
ESCALA 1:100.000

0 2 4 6 km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem da quilometragem UTM: equador e Meridiano Central 45°W.Gr.
ascensões as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente.
Datum horizontal: WGS84
Declinação magnética do centro da folha: 21°21' W, com variação anual de 7" W.
2015

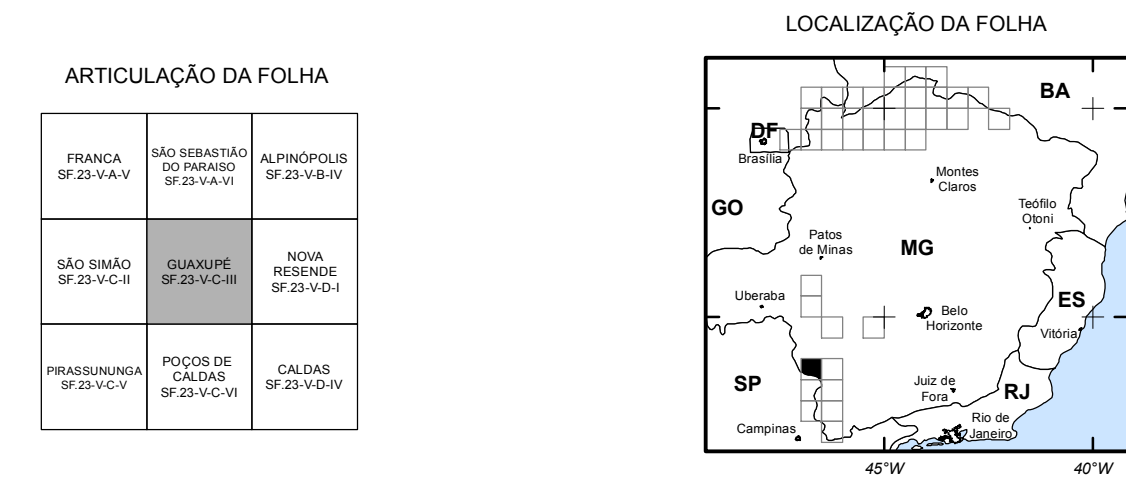
AUTORIA
Frederico Fava Zogheib
Rik Dagler
Lorena Cristina Dias Martins
Tiago Amâncio Novo

COORDENAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO
Eliane Volt
André Luiz Profeta

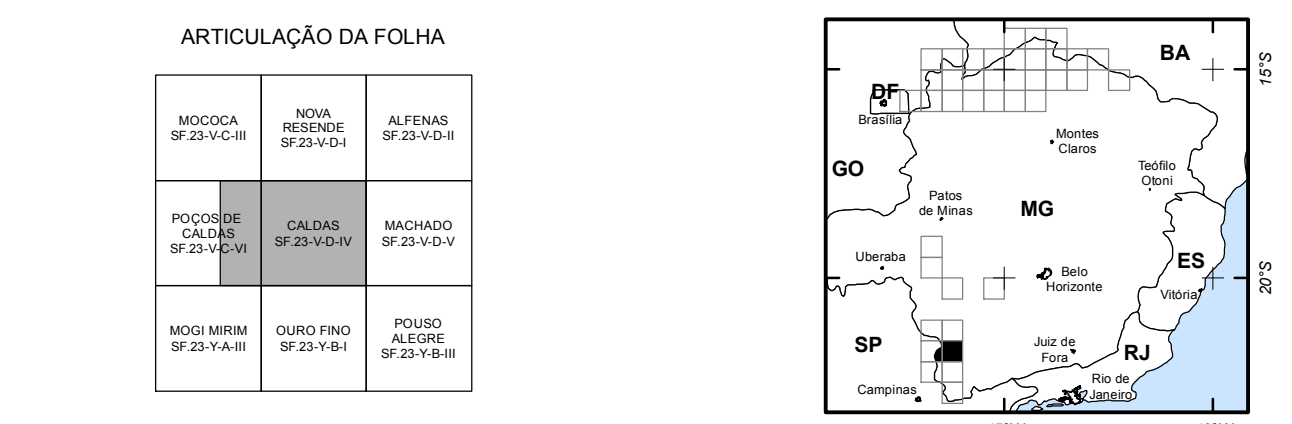
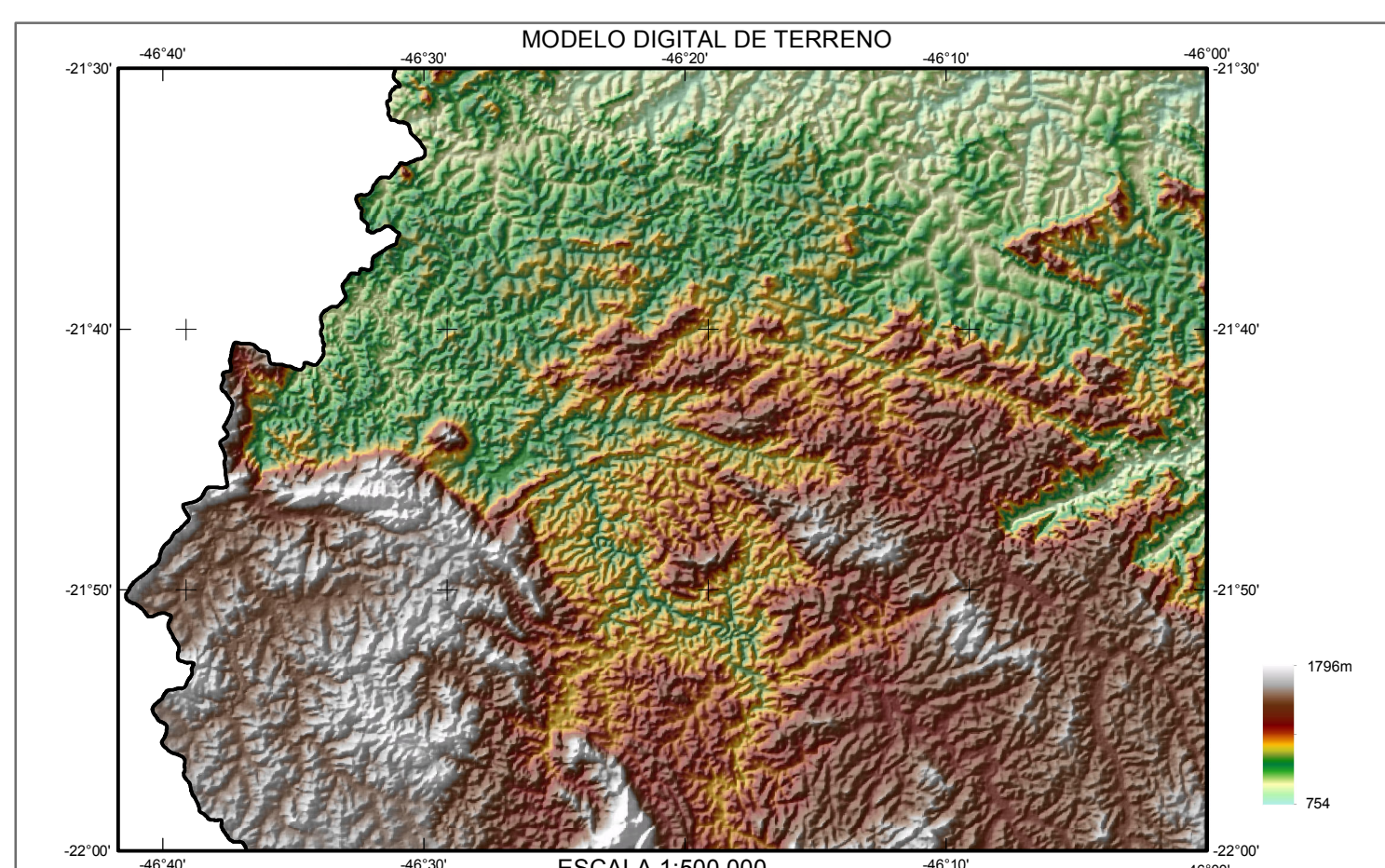
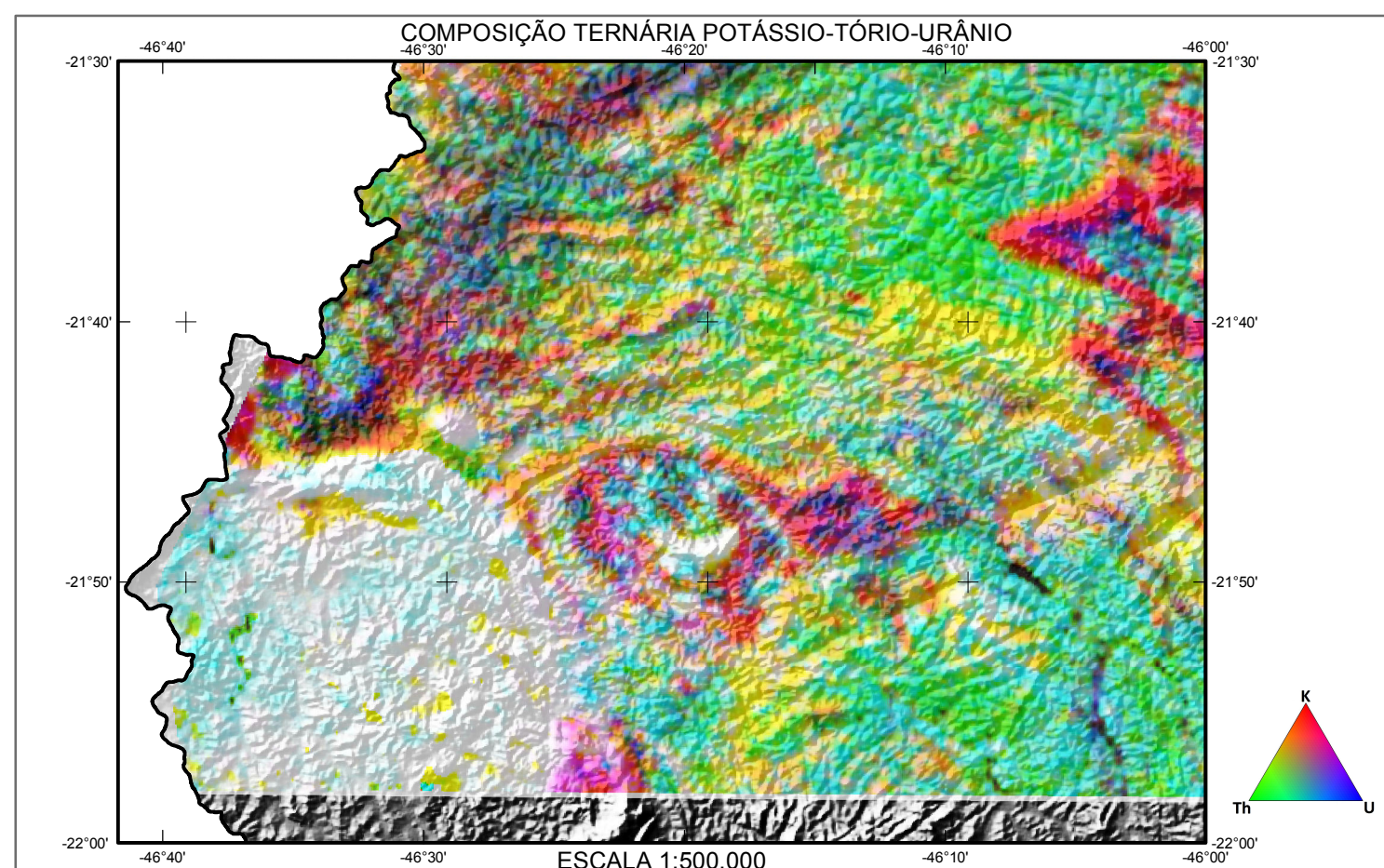
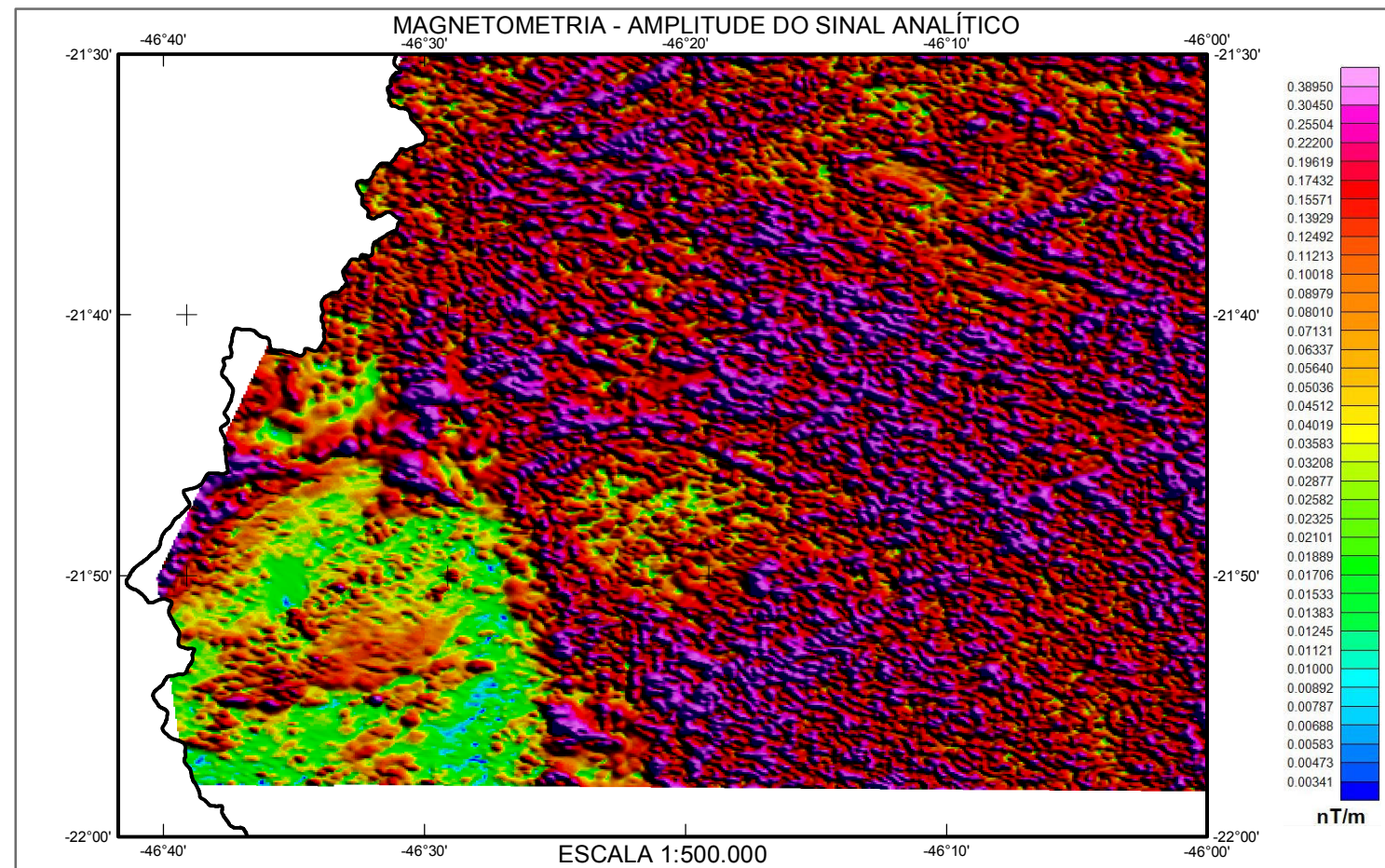
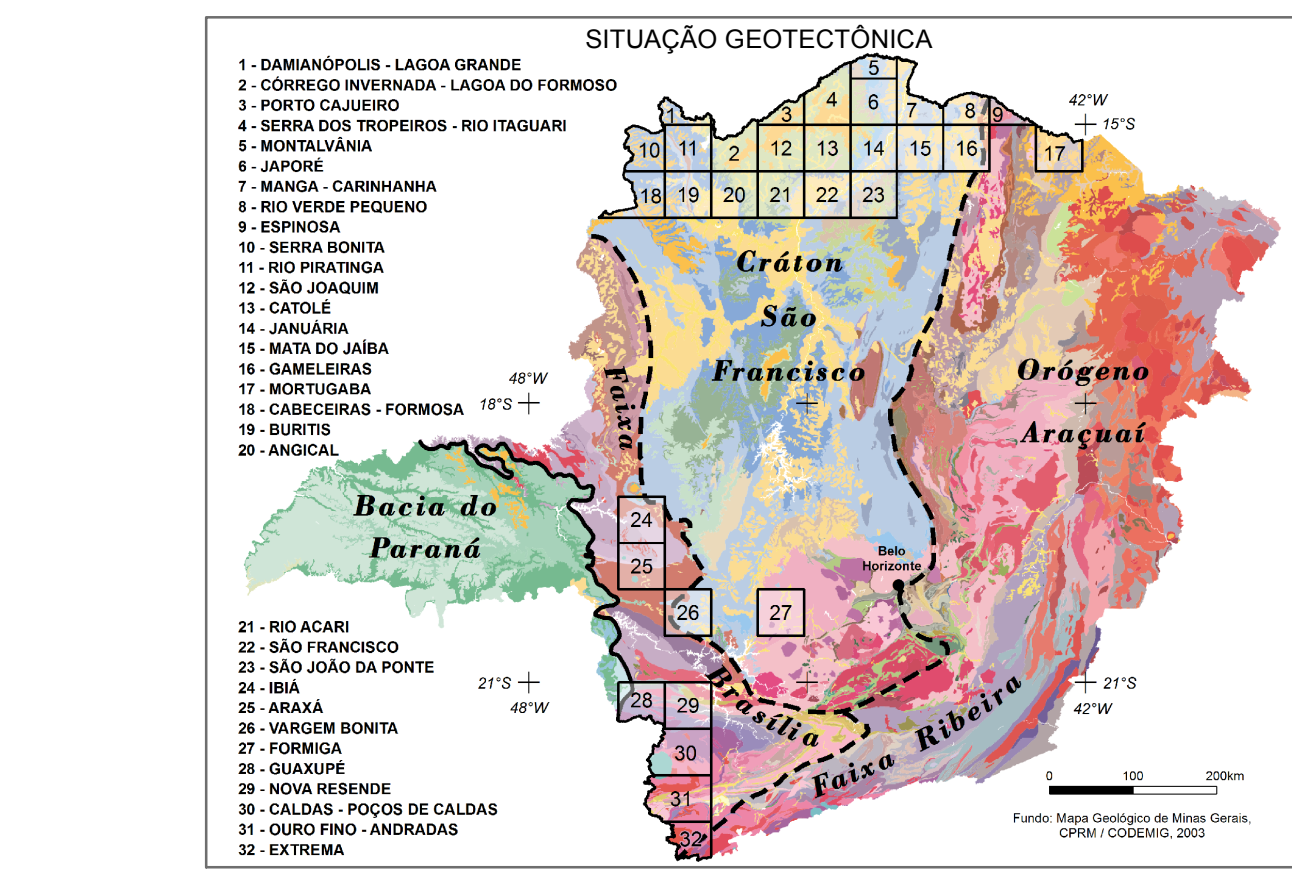
EDIÇÃO DA BASE GEOLÓGICA DIGITAL
Daniel Prates Pederneras Barbosa
Jobe Victor de Araújo Rodrigues
Lucas Lara de Paula
Pedro Dumont Barroso
Wellison Martins Fonseca

COORDENADOR GERAL: Antônio Carlos Pedrosa Soares (CPMTC/GC/UFMG)
SUPERVISORA PELA CODEMIG: Andréia Vaz de Melo França
Filipe Lopes Chaves

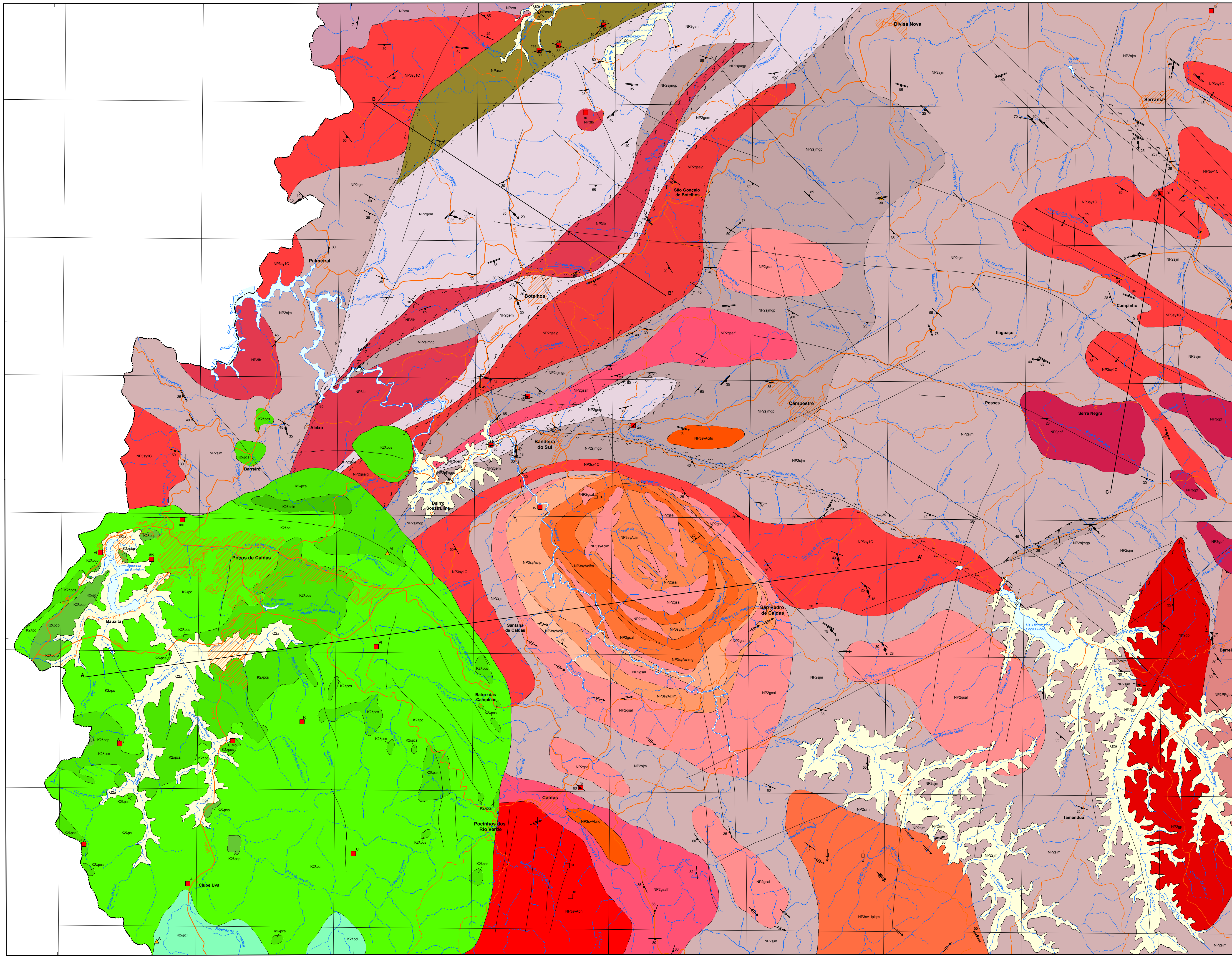
PROJETO FRONTEIRAS DE MINAS



BASE CARTOGRÁFICA
Base planimétrica digital obtida a partir de edição dos arquivos vetoriais, produzidos a partir das cartas impressas em escala 1:50.000, publicadas em primeira edição pelo IBGE em 1970 (Monte Santo de Minas, Jacuí, Guaraniésia, Guaxupé).
Limite Estatual: IGA, 2013.



BASE CARTOGRÁFICA
Base planimétrica digital obtida a partir de edição dos arquivos vetoriais, produzidos a partir das cartas topográficas em escala 1:50.000, publicadas em primeira edição pelo IBGE em 1970 (Boaventura e Carmo), 1972 (Caldas, Poços de Caldas e Rio das Velhas) e 1975 (Caldas).
Limite Estatual: IGA, 2013.



LEGENDA

FAZENDOSOZO
QUATERNÁRIO
MESOZOICO
CRETÁCEO

COMPLEXO ALCALINO DE POÇOS DE CALDAS

SENTIDO CAPTIVA

SENTIDO PEDRA BRANCA

LEUCODORANTO BOTELICOS

BATOLITO ALTA

SUITE CHAMORRORTICA-MANGIÁRICA

NETACIONE POÇO FUNDO

ORITONITE SERRA DA AGUA LIMPA

ORTONITE PAULINO

COMPLEXO GNÁSSICO SÃO JOÃO DA MATA

COMPLEXO MARGARINA-GUAXUPÉ

ORTONITE ELÓ MENDES

UNIDADE SÃO VICENTE

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

MAPA GEOLÓGICO
ESCALA 1:100.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
Origem da quilometragem UTM: equador e Meridiano Central 45°W Gr.
acessadas as coordenadas: 10.000m e 500m, respectivamente.
Datum horizontal: WGS84
Declinação magnética do centro da folha 21°16'W, com variação anual de 7,3" W.
2014

AUTORIA
Márcia Fátima Tedeschi
Tágor Antônio Nardi
Rovida Augusta Azevedo
Luiz Felipe Salim do Amaral
Reik Degler

COORDENADOR DE GEOPROCESSAMENTO
Eliana Vidi
André Luiz Proleta

EDIÇÃO DA BASE GEOLÓGICA DIGITAL
Daniel Prates Pedromora Barbosa
Lucas Laine de Paula
Pedro Dumortier Barroso
Rafael Campos de Oliveira
Raissa Brito Vieira
Wellison Martins Fonseca

COORDENADOR GERAL Antônio Carlos Pedrosa Soares (CPMTC/CUCFMG)
SUPERVISÃO PELA CODEMIG André Vaz de Melo França
Filipe Lopes Chaves

PROJETO FRONTEIRAS DE MINAS

GOVERNO DE MINAS

UFG
Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Geociências

CPMTC
Centro de Pesquisa e Monitoramento Territorial e Geológico
Laboratório de Desenvolvimento Geológico Digital

Resultado das análises geocronológicas

Tabela a1: Resultados analíticos dos zircões analisados da amostra GX-284. Os dados destacados em itálico não foram utilizados para obtenção das idades.

Grain Spot	²⁰⁶ Pb ^a (cps)	²⁰⁷ Pb ^a (cps)	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ^b	<i>± 2σ (abs)</i>	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ^b	<i>± 2σ (abs)</i>	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^b	<i>± 2σ (abs)</i>	RHO	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	<i>± 2σ (Ma)</i>	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	<i>± 2σ (Ma)</i>	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	<i>± 2σ (Ma)</i>	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	<i>± 2σ (Ma)</i>	% Conc.
59	3554,0	278,0	0,63	<i>0,09155</i>	<i>0,1831</i>	<i>0,97285</i>	<i>0,10406</i>	<i>0,07709</i>	<i>0,00856</i>	0,319	564,7	9,2	1123,5	106,8	689,9	26,8	408,0	18,2	77,8
60	3031,0	185,0	0,46	0,09739	0,19478	0,80607	0,10308	0,06004	0,00782	0,225	599,1	8,2	605,0	134,9	600,2	29,0	635,5	18,2	99,8
61	3484,0	216,0	0,48	0,10396	0,20792	0,87281	0,19896	0,06096	0,01408	0,193	637,6	13,4	637,8	230,8	637,1	53,9	833,4	31,2	100,1
62	4014,0	251,0	0,95	0,10395	0,2079	0,88028	0,12410	0,06143	0,00882	0,232	637,5	10,0	654,3	147,1	641,1	33,5	397,3	12,9	99,4
63	5078,0	311,0	0,63	<i>0,09517</i>	0,19034	<i>0,78842</i>	0,06670	0,06009	0,00520	0,273	586,0	6,5	606,8	90,9	590,3	18,9	554,6	9,2	99,3
64	19786,4	1116,1	0,56	<i>0,10646</i>	0,21292	<i>0,90185</i>	0,04666	0,06147	0,00336	0,418	652,2	6,7	655,7	57,5	652,7	12,5	598,5	9,5	99,9
65	7029,0	437,0	0,71	<i>0,10491</i>	0,20982	<i>0,88878</i>	0,07334	0,06148	0,00526	0,328	643,1	8,3	656,1	89,2	645,7	19,7	628,8	12,9	99,6
66	5928,0	376,0	0,45	<i>0,10471</i>	0,20942	<i>0,90600</i>	0,11766	0,06281	0,00844	0,30739	642,0	12,2	701,8	136,9	654,9	31,3	700,2	29,1	98,0
67	10859,0	676,0	0,13	<i>0,10411</i>	0,20822	<i>0,87690</i>	<i>0,05168</i>	0,06109	0,00374	0,368	638,5	6,6	642,4	64,4	639,3	14,0	667,8	23,6	99,9
68	7590,0	451,0	0,08	<i>0,09057</i>	0,18114	<i>0,72665</i>	<i>0,12044</i>	0,05819	0,00972	0,152	558,9	6,7	536,9	173,5	554,6	35,4	-591,6	101,2	100,8
69	8661,0	526,0	0,52	<i>0,09271</i>	0,18542	<i>0,76129</i>	<i>0,06452</i>	<i>0,05958</i>	0,00518	0,295	571,5	6,9	588,4	91,6	574,8	18,6	533,8	11,5	99,4
70	31381,0	1711,0	0,45	<i>0,10566</i>	0,21132	<i>0,89135</i>	<i>0,04022</i>	<i>0,06120</i>	0,00290	0,470	647,5	6,6	646,3	50,2	647,1	10,8	579,1	8,3	100,1
71	2615,0	161,0	0,37	<i>0,10183</i>	0,20366	<i>0,85162</i>	<i>0,12344</i>	<i>0,06067</i>	0,00894	0,221	625,1	9,6	627,6	151,5	625,5	33,8	592,5	28,7	99,9
72	34514,0	2159,0	0,69	<i>0,10430</i>	0,2086	<i>0,88164</i>	<i>0,02318</i>	<i>0,06131</i>	0,00178	0,671	639,5	5,4	650,1	30,7	641,9	6,3	562,6	3,9	99,6
73	831,1	-109,8	0,34	0,09559	0,19118	0,78323	0,13756	0,05945	0,01062	0,210	588,5	10,4	583,6	182,9	587,3	39,2	549,1	34,6	100,2
74	3021,2	-94,6	0,40	0,10540	0,2108	0,88767	0,09438	0,06109	0,00668	0,280	646,0	9,2	642,4	113,3	645,1	25,4	692,8	22,1	100,1
81	10198,2	-63,4	0,40	<i>0,10225</i>	0,2045	<i>0,85714</i>	<i>0,04770</i>	<i>0,06082</i>	0,00354	0,401	627,6	6,7	632,9	61,6	628,6	13,0	589,8	11,2	99,8
82	12608,0	783,0	0,42	0,10476	0,20952	0,88275	0,05240	0,06114	0,00380	0,389	642,2	7,1	644,2	65,4	642,5	14,1	599,6	12,1	100,0
83	2770,0	613,0	0,38	<i>0,10845</i>	<i>0,2169</i>	<i>3,22649</i>	<i>0,13900</i>	<i>0,21578</i>	<i>0,01034</i>	<i>0,608</i>	<i>663,7</i>	<i>8,3</i>	<i>2949,5</i>	<i>38,2</i>	<i>1463,5</i>	<i>16,7</i>	<i>762,2</i>	<i>21,0</i>	<i>-20,5</i>
84	7264,5	445,0	0,33	<i>0,09916</i>	0,19832	<i>0,82604</i>	<i>0,07868</i>	<i>0,06045</i>	0,00596	0,313	609,5	8,7	619,7	102,9	611,4	21,9	560,9	21,3	99,7

85	5893,0	382,0	0,40	0,11328	0,22656	0,98630	0,10980	0,06314	0,00726	0,316	691,8	11,5	712,9	117,6	696,8	28,1	691,2	24,7	99,3
86	2486,0	152,0	0,46	0,09908	0,19816	0,82227	0,14172	0,06020	0,01058	0,232	609,0	11,6	610,8	179,5	609,3	39,5	721,2	30,8	100,0
87	6644,0	414,0	0,67	0,10538	0,21076	0,88831	0,05640	0,06114	0,00400	0,335	645,9	6,6	644,2	68,9	645,5	15,2	554,7	8,3	100,1
88	3407,0	204,0	0,50	0,09363	0,18726	0,76228	0,09980	0,05906	0,00790	0,245	577,0	8,9	569,3	139,3	575,3	28,8	527,5	18,6	100,3
89	9531,0	587,0	0,64	0,10357	0,20714	0,86830	0,05270	0,06084	0,00386	0,366	635,3	6,7	633,6	66,7	634,6	14,3	582,6	9,4	100,1
90	3062,0	199,0	0,47	0,11624	0,23248	1,02144	0,18734	0,06382	0,01200	0,264	708,9	16,3	735,7	187,5	714,6	47,1	228,1	44,4	99,2
91	6609,0	418,0	0,59	0,10405	0,2081	0,88262	0,08806	0,06155	0,00634	0,310	638,1	9,4	658,5	106,6	642,4	23,7	621,7	15,8	99,3
92	3040,0	175,0	0,52	0,07649	0,15298	0,60150	0,09554	0,05705	0,00930	0,250	475,1	9,1	493,5	170,7	478,2	30,3	564,5	18,5	99,3
93	4943,0	311,0	0,54	0,10499	0,20998	0,89004	0,11104	0,06155	0,00790	0,295	643,6	11,2	658,5	132,1	646,4	29,8	631,3	21,5	99,6
94	3294,0	206,0	0,35	0,10670	0,2134	0,90316	0,09984	0,06139	0,00690	0,230	653,5	7,9	652,9	116,2	653,4	26,6	673,2	19,6	100,0
95	9622,0	607,0	0,59	0,10018	0,20036	0,84791	0,06172	0,06142	0,00464	0,359	615,5	7,7	654,0	79,1	623,5	17,0	590,8	11,5	98,7
96	1940,0	-168,5	0,69	0,09898	0,19796	0,81483	0,09362	0,05974	0,00704	0,271	608,4	9,0	594,2	123,0	605,2	26,2	631,0	15,7	100,5
97	25492,0	1580,0	0,56	0,10100	0,202	0,84302	0,03290	0,06054	0,00250	0,518	620,3	6,0	622,9	43,9	620,8	9,1	573,8	6,4	99,9
117	9088,0	565,0	0,40	0,10184	0,20368	0,85377	0,05308	0,06081	0,00394	0,376	625,2	7,0	632,5	68,1	626,7	14,5	598,5	12,0	99,8
118	-607,2	-256,9	0,38	0,10674	0,21348	0,91158	0,24730	0,06194	0,01700	0,180	653,8	15,1	672,0	269,3	657,9	65,7	785,6	48,8	99,4
119	1162,0	73,0	0,39	0,10837	0,21674	0,92120	0,22488	0,06166	0,01520	0,166	663,3	12,7	662,3	244,3	663,0	59,4	649,5	45,5	100,0
120	12524,0	814,0	0,61	0,11085	0,2217	0,96082	0,08346	0,06285	0,00566	0,347	677,7	9,7	703,2	92,9	683,7	21,6	516,5	13,7	99,1
121	11007,0	686,0	0,45	0,10339	0,20678	0,86858	0,04216	0,06093	0,00310	0,430	634,2	6,3	636,8	53,7	634,8	11,5	582,9	8,6	99,9
122	3374,0	205,0	0,48	0,09908	0,19816	0,82256	0,13374	0,06024	0,01006	0,264	609,0	12,5	612,2	170,7	609,5	37,3	589,0	27,9	99,9
123	3099,0	198,0	0,43	0,10732	0,21464	0,91145	0,17212	0,06168	0,01196	0,273	657,2	16,1	663,0	195,2	657,8	45,7	628,3	37,2	99,9
124	4937,0	313,0	0,44	0,10710	0,2142	0,91459	0,08594	0,06193	0,00598	0,306	655,9	9,0	671,7	100,2	659,5	22,8	616,3	18,0	99,5
125	15172,0	964,0	0,55	0,10835	0,2167	0,92612	0,04446	0,06199	0,00312	0,438	663,2	6,6	673,8	52,9	665,6	11,7	592,5	8,2	99,6
126	1553,0	94,0	0,48	0,09354	0,18708	0,76784	0,15636	0,05954	0,01226	0,176	576,4	9,9	586,9	209,1	578,5	44,9	559,6	26,9	99,6
127	13912,0	871,0	0,56	0,10025	0,2005	0,83757	0,05134	0,06060	0,00384	0,381	615,9	6,9	625,1	67,0	617,8	14,2	578,9	9,0	99,7

128	1367,0	83,0	0,53	0,10235	0,2047	0,84968	0,25572	0,06024	0,01842	0,200	628,2	17,9	612,2	299,8	624,5	70,2	850,5	47,3	100,6
129	2570,0	235,0	0,63	0,10247	0,20494	1,26093	0,09590	0,08920	0,00706	0,362	628,9	8,3	1408,5	74,0	828,1	21,5	608,0	14,3	68,3
130	1672,0	103,0	0,51	0,10229	0,20458	0,85295	0,15194	0,06048	0,01092	0,191	627,8	10,2	620,8	183,6	626,3	41,6	591,8	24,1	100,2
131	2704,0	168,0	0,58	0,10724	0,21448	0,90327	0,12434	0,06109	0,00852	0,206	656,7	8,9	642,4	143,3	653,5	33,2	707,8	17,3	100,5
139	2752,0	167,0	0,21	0,09784	0,19568	0,80819	0,12744	0,05993	0,00958	0,200	601,8	9,1	601,0	164,3	601,4	35,8	492,9	44,6	100,1
140	3188,0	290,0	0,62	0,10708	0,21416	1,30476	0,10762	0,08837	0,00752	0,320	655,8	8,2	1390,5	79,4	847,8	23,7	629,2	14,7	70,7
141	631,0	43,0	1,00	0,13640	0,2728	1,25842	0,66530	0,06691	0,03562	0,128	824,3	26,1	835,0	474,1	827,2	149,6	445,6	47,9	99,6
142	2778,0	171,0	0,34	0,10030	0,2006	0,83668	0,11748	0,06050	0,00862	0,205	616,2	8,5	621,5	146,6	617,3	32,5	606,6	25,2	99,8
143	1107,0	66,0	0,50	0,09469	0,18938	0,77755	0,28708	0,05956	0,02222	0,157	583,2	16,2	587,6	360,2	584,1	82,0	618,4	47,9	99,8
144	2825,0	174,0	0,48	0,09862	0,19724	0,82871	0,15034	0,06099	0,01128	0,224	606,3	11,8	638,9	187,3	612,9	41,7	496,0	27,9	98,9
145	237,0	0,0	0,96	0,12940	0,2588	6,06676	0,87626	0,34002	0,10950	- 0,523	784,4	55,6		0,0		-174,9	332,3	121,5	
146	8723,0	553,0	0,47	0,10468	0,20936	0,88420	0,08250	0,06129	0,00590	0,321	641,8	9,2	649,4	100,1	643,2	22,2	555,4	16,5	99,8
147	9376,0	580,0	0,55	0,10208	0,20416	0,85198	0,04672	0,06052	0,00344	0,382	626,6	6,3	622,2	60,1	625,7	12,8	565,3	8,0	100,1
148	8459,0	536,0	0,37	0,10390	0,2078	0,87429	0,06526	0,06103	0,00468	0,330	637,2	7,5	640,3	80,4	637,9	17,7	654,3	14,1	99,9
149	264,4	-120,2	0,27	0,09622	0,19244	0,79465	0,19880	0,05991	0,01512	0,154	592,2	10,9	600,3	252,1	593,8	56,2	743,1	51,4	99,7
150	2304,0	144,0	0,71	0,10012	0,20024	0,85169	0,13790	0,06172	0,01014	0,205	615,1	9,7	664,4	166,9	625,6	37,8	566,9	18,0	98,3
151	3999,0	238,0	0,39	0,10090	0,2018	0,83942	0,12148	0,06033	0,00894	0,250	619,7	10,7	615,4	152,3	618,8	33,5	555,9	27,4	100,1
152	9841,0	608,0	0,46	0,10414	0,20828	0,87153	0,06224	0,06071	0,00448	0,339	638,6	7,4	629,0	77,5	636,4	16,9	617,1	12,7	100,3
153	2610,0	163,0	0,45	0,10357	0,20714	0,86538	0,12928	0,06059	0,00916	0,190	635,3	8,6	624,7	155,1	633,1	35,2	543,7	22,5	100,3
154	5744,0	365,0	0,61	0,10093	0,20186	0,84894	0,11704	0,06113	0,00864	0,264	619,8	10,8	643,8	145,0	624,1	32,1	587,8	21,4	99,3
155	2664,0	170,0	0,32	0,11116	0,22232	0,95386	0,24702	0,06230	0,01640	0,212	679,5	17,7	684,4	258,5	680,1	64,2	796,7	60,9	99,9

Tabela a2: Resultados analíticos dos zircões analisados da amostra GX-594. Os dados destacados em itálico não foram utilizados para obtenção das idades.

Grain Spot	²⁰⁶ Pb ^a (cps)	²⁰⁷ Pb ^a (cps)	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ^b	± 2σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ^b	± 2σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^b	± 2σ (abs)	RHO	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	± 2σ (Ma)	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	± 2σ (Ma)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	± 2σ (Ma)	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	± 2σ (Ma)	% Conc.
14	56187,0	6032,0	0,44	0,30292	0,00526	4,36636	0,10338	0,10477	0,00282	0,733	1705,8	13,0	1710,3	24,5	1706,0	9,8	1486,0	13,7	100,0
15	5204,0	549,0	0,59	0,28402	0,00750	3,91407	0,22474	0,09993	0,00602	0,460	1611,6	18,8	1622,8	55,1	1616,6	23,2	1443,4	32,0	99,7
15	27815,8	3022,2	0,53	0,23248	0,00446	3,48391	0,10614	0,10878	0,00358	0,630	1347,5	11,7	1779,1	29,8	1523,6	12,0	971,2	11,7	86,9
16	<i>17722,0</i>	<i>3622,0</i>	<i>0,34</i>	<i>0,29687</i>	<i>0,00610</i>	<i>8,20616</i>	<i>0,23020</i>	<i>0,20066</i>	<i>0,00624</i>	<i>0,732</i>	<i>1675,8</i>	<i>15,1</i>	<i>2831,6</i>	<i>25,2</i>	<i>2254,0</i>	<i>12,7</i>	<i>1554,8</i>	<i>30,5</i>	<i>65,5</i>
17	<i>10178,0</i>	<i>1060,0</i>	<i>1,57</i>	<i>0,15125</i>	<i>0,00326</i>	<i>2,12237</i>	<i>0,11006</i>	<i>0,10187</i>	<i>0,00552</i>	<i>0,416</i>	<i>908,0</i>	<i>9,2</i>	<i>1658,5</i>	<i>49,3</i>	<i>1156,1</i>	<i>17,9</i>	<i>382,4</i>	<i>5,6</i>	<i>72,7</i>
18	18610,0	1935,0	0,53	0,29592	0,00610	4,14491	0,16594	0,10177	0,00434	0,515	1671,1	15,2	1656,7	38,9	1663,2	16,4	1736,0	23,3	100,5
19	11872,3	1129,8	0,50	0,29530	0,00620	4,10880	0,16912	0,10100	0,00438	0,540	1668,0	15,5	1642,6	39,8	1656,1	16,8	1540,9	23,8	100,7
20	37652,4	3893,6	0,44	0,29972	0,00528	4,24194	0,09548	0,10280	0,00260	0,783	1689,9	13,1	1675,3	23,3	1682,2	9,3	1390,2	11,6	100,5
21	<i>10143,0</i>	<i>1026,0</i>	<i>1,27</i>	<i>0,13554</i>	<i>0,00296</i>	<i>1,84558</i>	<i>0,10172</i>	<i>0,09893</i>	<i>0,00570</i>	<i>0,396</i>	<i>819,4</i>	<i>8,4</i>	<i>1604,0</i>	<i>52,8</i>	<i>1061,9</i>	<i>18,2</i>	<i>425,7</i>	<i>6,0</i>	<i>70,4</i>
22	3168,4	179,2	0,62	0,29713	0,00718	4,21851	0,26794	0,10313	0,00678	0,380	1677,0	17,8	1681,2	59,5	1677,6	26,1	1185,0	33,9	100,0
23	<i>258989,7</i>	<i>25775,7</i>	<i>0,41</i>	<i>0,13630</i>	<i>0,00246</i>	<i>1,81836</i>	<i>0,04028</i>	<i>0,09676</i>	<i>0,00238</i>	<i>0,815</i>	<i>823,7</i>	<i>7,0</i>	<i>1562,6</i>	<i>22,9</i>	<i>1052,1</i>	<i>7,3</i>	<i>866,6</i>	<i>6,2</i>	<i>72,3</i>
24	62423,0	6724,0	0,40	0,29623	0,00520	4,28153	0,09342	0,10498	0,00260	0,805	1672,6	12,9	1714,0	22,6	1689,8	9,0	1570,0	12,3	99,0
25	19477,0	2042,0	0,71	0,28147	0,00702	3,85048	0,20366	0,09929	0,00558	0,472	1598,8	17,6	1610,8	51,4	1603,4	21,3	1531,7	31,6	99,7
25	65351,0	7026,0	0,27	0,29611	0,00518	4,26897	0,09002	0,10471	0,00252	0,830	1672,0	12,9	1709,2	21,9	1687,4	8,7	1255,1	12,4	99,1
26	25679,0	2778,0	0,70	0,29473	0,00586	4,18009	0,12842	0,10281	0,00342	0,647	1665,1	14,6	1675,5	30,4	1670,1	12,6	1441,3	16,0	99,7
26	<i>10506,4</i>	<i>1151,5</i>	<i>2,34</i>	<i>0,18852</i>	<i>0,00568</i>	<i>3,31522</i>	<i>0,20280</i>	<i>0,12759</i>	<i>0,00830</i>	<i>0,493</i>	<i>1113,4</i>	<i>15,4</i>	<i>2065,0</i>	<i>56,3</i>	<i>1484,6</i>	<i>23,9</i>	<i>351,3</i>	<i>7,1</i>	<i>66,7</i>
27	63693,0	6668,0	0,36	0,29467	0,00546	4,15102	0,10402	0,10226	0,00282	0,739	1664,8	13,6	1665,5	25,3	1664,4	10,3	1458,4	14,4	100,0
28	22121,6	2287,5	0,42	0,28930	0,00560	4,05575	0,12114	0,10175	0,00330	0,648	1638,0	14,0	1656,3	29,7	1645,5	12,2	1417,3	17,6	99,5
29	<i>35717,0</i>	<i>4025,0</i>	<i>1,57</i>	<i>0,24070</i>	<i>0,00492</i>	<i>3,63683</i>	<i>0,11414</i>	<i>0,10961</i>	<i>0,00372</i>	<i>0,651</i>	<i>1390,3</i>	<i>12,8</i>	<i>1792,9</i>	<i>30,6</i>	<i>1557,6</i>	<i>12,5</i>	<i>632,9</i>	<i>6,2</i>	<i>88,0</i>
30	88646,0	9221,0	0,78	0,29084	0,00502	4,05121	0,07882	0,10115	0,00226	0,887	1645,7	12,5	1645,3	20,6	1644,5	7,9	1457,9	7,7	100,1
31	62507,0	6725,0	0,30	0,30091	0,00520	4,33495	0,09874	0,10466	0,00272	0,759	1695,8	12,9	1708,3	23,8	1700,0	9,4	1424,6	14,6	99,8
32	<i>38669,0</i>	<i>5155,7</i>	<i>1,88</i>	<i>0,14907</i>	<i>0,00270</i>	<i>2,72650</i>	<i>0,06406</i>	<i>0,13282</i>	<i>0,00354</i>	<i>0,771</i>	<i>895,8</i>	<i>7,6</i>	<i>2135,6</i>	<i>23,1</i>	<i>1335,7</i>	<i>8,7</i>	<i>243,9</i>	<i>2,1</i>	<i>50,9</i>
39	49120,0	5159,0	0,30	0,29595	0,00572	4,17624	0,11812	0,10243	0,00316	0,683	1671,2	14,3	1668,6	28,2	1669,4	11,6	1509,9	19,6	100,1

40	21319,0	2252,0	0,54	0,29064	0,00634	4,11617	0,15178	0,10277	0,00404	0,592	1644,7	15,8	1674,7	36,0	1657,5	15,1	1486,9	20,6	99,2
41	19482,0	2037,0	0,46	0,29046	0,00606	4,04465	0,15178	0,10119	0,00410	0,566	1643,8	15,1	1646,1	37,1	1643,2	15,3	1506,7	24,1	100,0
42	7906,0	798,0	0,93	0,28021	0,00812	3,84607	0,26214	0,09974	0,00712	0,425	1592,4	20,4	1619,2	65,1	1602,4	27,5	754,0	24,6	99,4
43	57783,8	6113,5	0,29	0,29685	0,00562	4,21952	0,11024	0,10316	0,00296	0,725	1675,7	14,0	1681,7	26,3	1677,8	10,7	1391,6	17,0	99,9
44	9667,0	1063,0	1,90	0,20679	0,00548	3,06595	0,17960	0,10774	0,00670	0,452	1211,7	14,6	1761,5	55,8	1424,2	22,4	339,4	7,9	82,5
45	98622,7	10387,4	0,37	0,29281	0,00564	4,15748	0,11404	0,10306	0,00308	0,702	1655,6	14,1	1679,9	27,3	1665,7	11,2	1335,5	15,5	99,4
46	10970,2	1147,5	0,83	0,25539	0,00590	3,86599	0,17014	0,10998	0,00520	0,525	1466,2	15,2	1799,1	42,4	1606,6	17,8	1115,0	18,2	90,4
47	21005,1	2619,3	0,43	0,17048	0,00310	3,05541	0,07314	0,13012	0,00352	0,760	1014,8	8,6	2099,6	23,6	1421,6	9,2	1819,8	13,9	59,9
48	145490,0	12764,1	0,07	0,10176	0,00174	1,23145	0,02324	0,08785	0,00192	0,906	624,7	5,1	1379,2	20,8	815,0	5,3	1608,9	10,3	69,5
49	27961,0	2940,0	0,64	0,29590	0,00604	4,15790	0,13016	0,10197	0,00344	0,652	1670,9	15,0	1660,3	30,9	1665,8	12,8	1518,4	16,1	100,3
50	9107,0	954,0	0,39	0,29333	0,00878	4,10862	0,26210	0,10165	0,00680	0,469	1658,1	21,9	1654,5	60,7	1656,0	26,1	1500,8	45,3	100,1
51	13141,0	1354,3	0,58	0,29028	0,00618	4,09332	0,15468	0,10242	0,00418	0,563	1642,9	15,5	1668,4	37,2	1653,0	15,4	1527,6	22,2	99,4
52	27344,7	3550,5	0,86	0,18940	0,00360	3,28034	0,09394	0,12579	0,00402	0,664	1118,1	9,7	2039,9	28,0	1476,4	11,1	545,9	6,8	68,0
53	14376,0	1652,0	2,45	0,23706	0,00628	3,59577	0,19090	0,11024	0,00624	0,499	1371,4	16,3	1803,4	50,6	1548,6	21,1	371,2	7,2	87,1
55	11771,0	1295,0	0,74	0,20164	0,00412	2,95935	0,10298	0,10656	0,00402	0,587	1184,1	11,0	1741,4	34,1	1397,2	13,2	697,7	10,1	82,0
56	21737,0	2955,0	0,90	0,15266	0,00280	2,76703	0,06738	0,13158	0,00360	0,753	915,8	7,9	2119,2	23,8	1346,7	9,1	596,9	5,1	52,9
57	15900,0	1662,0	0,43	0,29147	0,00590	4,05455	0,13566	0,10096	0,00364	0,605	1648,8	14,7	1641,8	33,0	1645,2	13,6	1409,4	20,2	100,2
58	38772,9	4145,0	0,39	0,29437	0,00536	4,17336	0,11218	0,10295	0,00308	0,677	1663,3	13,4	1678,0	27,4	1668,8	11,0	1464,6	17,2	99,7
65	27705,0	2881,0	0,41	0,28794	0,00532	3,97747	0,11054	0,10030	0,00308	0,665	1631,2	13,3	1629,7	28,2	1629,6	11,3	1220,6	15,8	100,1
66	57799,0	5987,0	0,36	0,28498	0,00500	3,91814	0,09330	0,09982	0,00268	0,737	1616,4	12,5	1620,7	24,8	1617,4	9,6	1285,4	13,1	99,9
67	9270,6	850,7	0,64	0,28508	0,00734	4,05158	0,20752	0,10317	0,00560	0,503	1616,9	18,4	1681,9	49,2	1644,6	20,9	1667,8	30,3	98,3
68	54609,0	5844,0	0,28	0,29048	0,00510	4,11570	0,08428	0,10280	0,00238	0,957	1643,9	12,7	1675,3	21,3	1657,4	8,4	1571,8	12,0	99,2
69	6678,0	993,0	0,57	0,24575	0,00530	4,86117	0,17258	0,14353	0,00552	0,607	1416,5	13,7	2270,2	32,8	1795,6	15,0	1434,7	20,6	73,2
70	8606,0	941,0	1,28	0,21093	0,00578	3,11343	0,18986	0,10717	0,00692	0,449	1233,8	15,4	1751,8	58,0	1436,0	23,4	515,1	12,6	83,6
71	11186,0	1252,0	2,84	0,21840	0,00466	3,24575	0,12168	0,10783	0,00434	0,569	1273,4	12,3	1763,1	36,4	1468,2	14,6	310,5	3,9	84,7
72	8970,0	936,0	0,63	0,29118	0,00674	4,03111	0,18348	0,10050	0,00486	0,509	1647,4	16,8	1633,4	44,3	1640,5	18,5	1551,6	25,7	100,4
73	4593,1	552,2	0,50	0,24999	0,00952	3,77165	0,35372	0,10955	0,01074	0,406	1438,4	24,6	1791,9	86,7	1586,7	37,6	1770,4	59,6	89,7
74	31579,1	3441,9	0,62	0,21689	0,00404	3,21562	0,09298	0,10764	0,00346	0,644	1265,4	10,7	1759,8	29,0	1460,9	11,2	565,3	7,9	84,6

75	8519,0	895,0	0,47	0,29150	0,00760	4,09084	0,21180	0,10182	0,00556	0,504	1649,0	19,0	1657,6	49,7	1652,5	21,1	1522,0	33,7	99,8
77	43577,0	5383,0	1,54	0,13166	0,00232	2,16285	0,04626	0,11919	0,00290	0,824	797,3	6,6	1944,1	21,6	1169,2	7,4	192,9	1,5	53,4
78	10397,0	1112,0	0,43	0,28512	0,00938	3,99547	0,28178	0,10175	0,00756	0,466	1617,1	23,6	1656,3	67,2	1633,3	28,6	1491,3	50,0	99,0
79	10212,0	1062,0	0,46	0,28850	0,00816	3,96442	0,23764	0,09978	0,00630	0,472	1634,0	20,4	1620,0	57,7	1626,9	24,3	1486,3	40,1	100,4
80	4861,0	559,0	0,78	0,26279	0,00774	3,99096	0,25906	0,11024	0,00754	0,454	1504,1	19,7	1803,4	60,9	1632,4	26,4	1235,3	29,5	91,5
81	16286,3	1755,0	0,58	0,24277	0,00536	3,67784	0,13730	0,10991	0,00440	0,591	1401,1	13,9	1797,9	36,0	1566,6	14,9	1537,2	20,2	88,2
82	52591,0	5542,0	0,23	0,28926	0,00510	4,04372	0,08612	0,10142	0,00244	0,828	1637,8	12,8	1650,3	22,1	1643,0	8,7	1559,1	13,8	99,7
83	40100,4	4242,6	0,95	0,28710	0,00650	3,97753	0,16550	0,10060	0,00448	0,544	1627,0	16,3	1635,2	40,8	1629,6	16,9	1559,2	22,3	99,8
90	8746,0	1137,0	0,49	0,20292	0,00506	3,49202	0,16106	0,12489	0,00622	0,541	1191,0	13,5	2027,2	43,4	1525,4	18,2	1436,9	27,4	71,9
91	97001,5	11159,8	0,42	0,26482	0,00528	3,98682	0,11696	0,10925	0,00344	0,680	1514,5	13,5	1786,9	28,4	1631,5	11,9	774,4	10,7	92,3
92	25238,0	2676,0	0,70	0,28794	0,00564	4,03105	0,11830	0,10153	0,00324	0,667	1631,2	14,1	1652,3	29,3	1640,5	11,9	1458,2	14,7	99,4
93	74000,0	9572,0	1,27	0,20053	0,00386	3,45157	0,09028	0,12494	0,00356	0,736	1178,2	10,4	2027,9	25,0	1516,2	10,3	397,8	4,0	71,3
94	6628,0	764,0	0,45	0,28302	0,00688	4,31644	0,19520	0,11061	0,00532	0,538	1606,6	17,3	1809,5	43,1	1696,5	18,6	1523,2	31,6	94,4
95	12413,0	1328,0	0,57	0,29612	0,00724	4,20011	0,19192	0,10288	0,00498	0,535	1672,0	18,0	1676,7	44,1	1674,0	18,7	1533,6	27,4	99,9
96	10921,0	1158,0	0,42	0,29656	0,00736	4,18142	0,19238	0,10229	0,00498	0,539	1674,2	18,3	1666,1	44,3	1670,4	18,9	1528,7	31,5	100,2
97	7609,5	700,9	0,45	0,28896	0,00812	4,06607	0,23444	0,10210	0,00618	0,487	1636,3	20,3	1662,6	55,0	1647,5	23,5	1553,5	37,5	99,3
98	44723,0	5105,0	0,36	0,26830	0,00478	4,04381	0,08684	0,10930	0,00264	0,830	1532,2	12,2	1787,8	21,8	1643,1	8,7	977,2	8,8	92,8
99	16794,0	1736,0	0,41	0,28004	0,00606	3,79774	0,14862	0,09838	0,00414	0,553	1591,6	15,2	1593,6	38,8	1592,3	15,7	1514,5	26,8	100,0
100	6272,0	654,0	0,68	0,28536	0,00790	3,91945	0,23652	0,09968	0,00634	0,459	1618,3	19,8	1618,1	58,0	1617,7	24,4	1454,2	32,4	100,0
101	20684,0	2277,6	1,22	0,24169	0,00464	3,65889	0,09740	0,10979	0,00320	0,721	1395,5	12,1	1795,9	26,3	1562,4	10,6	811,6	6,9	88,0
102	19740,0	2116,2	0,56	0,26145	0,00804	3,94195	0,26254	0,10938	0,00772	0,462	1497,3	20,6	1789,1	63,0	1622,3	27,0	1301,4	38,9	91,7
103	22749,2	2429,4	2,94	0,24628	0,00504	3,72649	0,13716	0,10974	0,00438	0,556	1419,2	13,1	1795,1	35,9	1577,1	14,7	227,0	3,5	88,9
104	4056,0	447,0	0,67	0,30305	0,00994	4,40042	0,33240	0,10537	0,00832	0,434	1706,4	24,6	1720,8	70,8	1712,4	31,3	1624,2	44,5	99,6
111	11973,0	1158,0	0,41	0,25935	0,00730	3,32302	0,20936	0,09301	0,00618	0,447	1486,5	18,7	1488,1	61,6	1486,5	24,6	1276,7	38,3	100,0
112	13820,0	1512,0	0,42	0,28887	0,00688	4,15222	0,18734	0,10428	0,00502	0,528	1635,9	17,2	1701,7	43,6	1664,6	18,5	1532,2	31,9	98,2
113	12455,0	1398,0	1,53	0,22616	0,00446	3,35027	0,10256	0,10742	0,00356	0,644	1314,3	11,7	1756,1	30,0	1492,9	12,0	483,6	5,3	86,4
114	11781,0	1347,0	0,43	0,26140	0,00602	3,93548	0,17052	0,10922	0,00508	0,532	1497,0	15,4	1786,4	41,8	1621,0	17,5	1464,6	29,8	91,7
116	4468,9	715,5	2,82	0,19141	0,00508	4,15560	0,19512	0,15751	0,00804	0,565	1129,0	13,8	2429,1	42,7	1665,3	19,2	315,7	5,9	52,5

117	37691,2	3704,6	0,35	0,11868	0,00264	1,56183	0,06200	0,09552	0,00402	0,560	723,0	7,6	1538,3	39,1	955,2	12,3	440,2	8,7	67,9
118	24319,0	2792,0	0,34	0,27227	0,00504	4,11135	0,10108	0,10947	0,00296	0,753	1552,3	12,8	1790,6	24,5	1656,6	10,0	1457,1	15,0	93,3
119	23488,0	2551,0	0,39	0,28720	0,00658	4,05426	0,17080	0,10244	0,00460	0,544	1627,5	16,5	1668,8	41,0	1645,2	17,2	1504,4	30,0	98,9
120	14598,0	1608,0	0,29	0,20242	0,00500	2,96253	0,13804	0,10616	0,00526	0,530	1188,3	13,4	1734,5	44,7	1398,1	17,7	1410,1	30,7	82,3
121	9035,0	1030,0	1,48	0,26442	0,00614	3,97355	0,16314	0,10901	0,00476	0,566	1512,4	15,6	1782,9	39,4	1628,8	16,7	456,5	7,9	92,3
122	4499,0	480,0	0,50	0,29397	0,00908	4,12957	0,28388	0,10189	0,00736	0,449	1661,3	22,6	1658,8	65,4	1660,2	28,1	1584,1	48,4	100,1
123	10444,0	1139,0	0,35	0,29765	0,00924	4,22062	0,27084	0,10281	0,00694	0,484	1679,6	23,0	1675,5	61,1	1678,0	26,3	1403,8	48,1	100,1
124	7977,0	890,0	0,62	0,22319	0,00568	3,29623	0,16270	0,10710	0,00560	0,516	1298,7	15,0	1750,6	47,1	1480,2	19,2	764,6	17,6	86,0
127	30601,5	3124,3	0,43	0,28705	0,00596	3,96129	0,13598	0,10008	0,00368	0,605	1626,8	14,9	1625,6	33,8	1626,3	13,9	1532,7	22,2	100,0
128	11102,0	1192,0	0,52	0,28610	0,00710	3,97170	0,19134	0,10071	0,00514	0,515	1622,0	17,8	1637,2	46,6	1628,4	19,5	1484,0	30,2	99,6
129	18040,0	1890,0	0,33	0,27600	0,00662	3,75688	0,17038	0,09873	0,00474	0,529	1571,2	16,7	1600,3	44,2	1583,6	18,2	1491,4	33,0	99,2
23b	1631,0	1330,0	2,72	1,84464	0,12230	200,48524	13,10058	0,78836	0,04352	1,015	6739,3	138,6	4900,9	38,8	5387,3	33,0	9650,0	197,3	120,1
17b	12283,0	1325,0	0,24	0,29107	0,00830	4,15898	0,23792	0,10367	0,00626	0,498	1646,9	20,7	1690,8	54,7	1666,0	23,4	1605,0	55,4	98,8
18b	13804,0	1463,0	0,41	0,29693	0,00594	4,21301	0,13154	0,10291	0,00348	0,641	1676,1	14,8	1677,3	30,9	1676,6	12,8	1461,1	19,3	100,0
19b	6764,8	781,1	2,61	0,23699	0,00590	4,20669	0,18890	0,12877	0,00622	0,554	1371,0	15,4	2081,2	41,9	1675,3	18,4	341,8	5,9	77,8
20b	93140,0	10639,0	0,72	0,25262	0,00446	3,85550	0,07990	0,11070	0,00260	0,852	1452,0	11,5	1810,9	21,2	1604,4	8,4	514,3	3,9	89,5
21b	8764,0	930,0	0,91	0,29360	0,00936	4,16386	0,28112	0,10292	0,00730	0,472	1659,5	23,3	1677,4	64,2	1666,9	27,6	984,3	26,2	99,6
22b	11080,7	1123,3	0,64	0,30006	0,00736	4,35953	0,19814	0,10540	0,00508	0,540	1691,6	18,2	1721,3	43,7	1704,7	18,8	1615,0	26,9	99,2
24b	39698,2	4094,4	0,29	0,29547	0,00528	4,18385	0,09206	0,10270	0,00254	0,812	1668,8	13,1	1673,5	22,7	1670,9	9,0	1448,6	12,9	99,9
25b	18236,1	1960,8	0,84	0,20638	0,00418	3,13059	0,09736	0,11002	0,00372	0,651	1209,5	11,2	1799,7	30,5	1440,2	12,0	663,1	7,8	80,9
26b	13517,0	1447,0	0,39	0,29765	0,00680	4,25675	0,17098	0,10374	0,00444	0,569	1679,6	16,9	1692,1	39,0	1685,0	16,5	1441,9	27,1	99,7
27b	9934,0	1079,0	0,34	0,29636	0,00674	4,26257	0,17522	0,10433	0,00458	0,553	1673,2	16,8	1702,5	39,9	1686,2	16,9	1340,8	30,1	99,2
28b	18158,0	1966,0	0,37	0,29575	0,00642	4,23417	0,15506	0,10385	0,00408	0,593	1670,2	16,0	1694,0	35,8	1680,7	15,0	1582,9	26,5	99,4
29b	64903,0	7016,0	0,22	0,29814	0,00528	4,28834	0,09278	0,10433	0,00254	0,819	1682,1	13,1	1702,5	22,3	1691,1	8,9	1564,7	14,3	99,5
30b	64535,0	6546,0	0,33	0,28002	0,00538	3,79340	0,11602	0,09825	0,00328	0,628	1591,4	13,6	1591,2	30,8	1591,3	12,3	1009,1	15,3	100,0
31b	55136,0	8002,8	3,32	0,15147	0,00266	3,00697	0,06476	0,14400	0,00354	0,815	909,2	7,5	2275,9	21,0	1409,4	8,2	153,0	1,1	45,0
32b	10609,0	1147,0	0,76	0,30112	0,00740	4,35015	0,20452	0,10477	0,00524	0,523	1696,9	18,3	1710,3	45,3	1702,9	19,4	1527,0	25,2	99,6
33b	15942,0	1686,0	0,42	0,29195	0,00628	4,08396	0,14960	0,10147	0,00400	0,587	1651,3	15,7	1651,2	36,0	1651,1	14,9	1452,6	23,6	100,0

34b	3479,2	296,5	0,40	0,31173	0,01410	4,63762	0,48588	0,10789	0,01180	0,432	1749,2	34,7	1764,1	96,7	1756,1	43,8	1807,4	86,4	99,6
35b	14925,4	1602,5	0,26	0,30470	0,00648	4,42587	0,15584	0,10537	0,00398	0,604	1714,6	16,0	1720,8	34,4	1717,2	14,6	1732,5	31,5	99,8
36b	9590,0	1233,0	0,98	0,24415	0,00522	4,19015	0,14432	0,12448	0,00466	0,621	1408,2	13,5	2021,4	32,8	1672,1	14,1	750,0	10,2	81,3
37b	10232,0	1033,0	0,50	0,27429	0,00742	3,71465	0,20410	0,09825	0,00570	0,492	1562,5	18,8	1591,2	53,2	1574,5	22,0	1493,3	31,7	99,2
44b	16614,0	2061,0	1,40	0,17367	0,00344	2,85138	0,08486	0,11909	0,00388	0,666	1032,3	9,5	1942,6	28,9	1369,2	11,2	401,2	4,4	67,4
45b	30973,0	3079,4	0,23	0,28796	0,00544	3,98930	0,11038	0,10049	0,00304	0,683	1631,3	13,6	1633,2	27,9	1632,0	11,2	1697,9	22,2	100,0
47b	39814,0	4186,0	0,25	0,29013	0,00542	4,05558	0,10542	0,10141	0,00290	0,719	1642,2	13,5	1650,1	26,2	1645,4	10,6	1510,1	17,6	99,8
48b	2259,0	1025,0	1,09	0,18732	0,00652	11,28525	0,47692	0,43698	0,02200	0,824	1106,8	17,7	4041,5	37,0	2547,0	19,7	1941,0	31,7	-30,1
49b	24920,0	2161,0	0,62	0,11949	0,00252	1,38271	0,05670	0,08389	0,00368	0,514	727,6	7,2	1290,0	42,2	881,6	12,1	185,3	4,4	78,8
50b	8975,1	824,1	0,88	0,25203	0,00684	3,43405	0,19782	0,09880	0,00602	0,471	1448,9	17,6	1601,6	55,8	1512,2	22,7	798,7	18,4	95,6
51b	14343,0	1776,0	1,53	0,21221	0,00498	3,42886	0,14558	0,11717	0,00534	0,553	1240,6	13,2	1913,5	40,4	1511,0	16,7	381,1	6,9	78,2
52b	14648,8	1494,8	0,33	0,28447	0,00596	3,90683	0,14230	0,09958	0,00390	0,575	1613,8	15,0	1616,3	36,1	1615,1	14,7	1190,0	23,0	99,9
53b	3539,0	455,0	1,19	0,15140	0,00494	2,57822	0,18488	0,12344	0,00942	0,455	908,8	13,8	2006,5	66,3	1294,5	26,2	290,2	10,6	57,6
54b	18653,0	2419,0	2,35	0,15063	0,00338	2,57385	0,10126	0,12399	0,00530	0,570	904,5	9,5	2014,4	37,4	1293,2	14,4	172,4	2,9	57,0
55b	52683,0	5544,0	0,28	0,28559	0,00556	3,99461	0,11766	0,10147	0,00324	0,661	1619,4	13,9	1651,2	29,3	1633,1	12,0	1416,8	18,7	99,2
56b	6327,0	823,0	0,67	0,15345	0,00512	2,58942	0,18394	0,12241	0,00928	0,470	920,3	14,3	1991,6	65,9	1297,6	26,0	658,2	20,5	59,0
57b	52686,0	5653,0	0,59	0,23092	0,00438	3,29294	0,10158	0,10336	0,00350	0,615	1339,3	11,5	1685,3	30,8	1479,4	12,0	237,0	4,5	89,5
59b	10301,0	1304,0	0,54	0,27540	0,00700	4,66936	0,21568	0,12301	0,00606	0,550	1568,2	17,7	2000,3	43,1	1761,8	19,3	1592,8	29,6	87,7
62b	5919,0	615,0	0,55	0,28048	0,00826	3,82651	0,24746	0,09895	0,00672	0,455	1593,8	20,8	1604,4	62,0	1598,3	26,0	1460,6	36,5	99,7
63b	49988,8	9644,1	1,54	0,14644	0,00268	3,79765	0,09026	0,18816	0,00500	0,770	881,0	7,5	2726,1	21,8	1592,2	9,6	374,9	3,3	19,3

Tabela a3: Resultados analíticos dos zircões analisados da amostra RG-01. Os dados destacados em itálico não foram utilizados para obtenção das idades.

Grain Spot	²⁰⁶ Pb ^a (cps)	²⁰⁷ Pb ^a (cps)	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ^b	± 2σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ^b	± 2σ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^b	± 2σ (abs)	RHO	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	± 2σ (Ma)	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	± 2σ (Ma)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	± 2σ (Ma)	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	± 2σ (Ma)	% Conc.
12	44456,2	2692,7	27,42	0,09969	0,00278	0,83800	0,02500	0,06091	0,00152	0,935	612,6	8,2	636,1	26,7	618,0	6,9	561,9	5,6	99,1
13	50348,0	3383,0	29,22	0,09915	0,00276	0,83194	0,02420	0,06080	0,00146	0,957	609,4	8,1	632,2	25,6	614,7	6,7	571,8	5,7	99,1
14	124598,6	7954,0	5,60	0,09944	0,00282	0,81514	0,02356	0,05941	0,00136	0,981	611,1	8,3	582,2	24,5	605,3	6,6	581,5	5,9	100,9
15	62886,1	4401,9	24,62	0,09819	0,00272	0,82215	0,02390	0,06066	0,00150	0,953	603,8	8,0	627,2	26,3	609,2	6,7	561,2	5,5	99,1
16	15985,0	1058,0	85,37	0,10023	0,00336	0,83880	0,05402	0,06066	0,00388	0,521	615,8	9,8	627,2	67,5	618,5	14,9	576,1	5,9	99,6
17	33735,9	2005,1	32,44	0,09596	0,00270	0,82137	0,02728	0,06203	0,00182	0,847	590,7	8,0	675,1	31,0	608,8	7,6	543,8	5,4	96,9
18	35604,1	2173,2	38,98	0,10257	0,00288	0,85403	0,02738	0,06033	0,00168	0,876	629,5	8,4	615,4	29,8	626,9	7,5	573,3	5,7	100,4
19	<i>168556,4</i>	<i>10364,0</i>	<i>6,02</i>	<i>0,09875</i>	<i>0,00276</i>	<i>0,79055</i>	<i>0,02174</i>	<i>0,05801</i>	<i>0,00122</i>	<i>1,016</i>	<i>607,1</i>	<i>8,1</i>	<i>530,1</i>	<i>23,3</i>	<i>591,5</i>	<i>6,2</i>	<i>578,9</i>	<i>5,8</i>	<i>102,6</i>
20	35551,6	2402,8	25,20	0,10378	0,00294	0,85522	0,02792	0,05972	0,00168	0,868	636,5	8,6	593,4	30,0	627,5	7,6	577,6	5,7	101,4
21	60298,6	3873,6	23,09	0,09994	0,00296	0,84149	0,03056	0,06104	0,00194	0,816	614,1	8,7	640,6	33,9	620,0	8,4	572,6	5,9	99,0
22	50725,8	3296,2	27,72	0,10270	0,00304	0,85668	0,03170	0,06047	0,00198	0,800	630,2	8,9	620,4	35,0	628,3	8,7	575,2	5,9	100,3
23	26867,9	1566,1	31,87	0,09901	0,00286	0,84398	0,03402	0,06177	0,00238	0,717	608,6	8,4	666,2	40,7	621,3	9,4	559,4	5,6	97,9
24	23344,1	1313,1	68,95	0,09998	0,00284	0,84346	0,02982	0,06112	0,00196	0,803	614,3	8,3	643,5	34,1	621,1	8,2	574,7	5,7	98,9
26	53474,3	3347,8	20,73	0,10159	0,00286	0,85292	0,02520	0,06084	0,00146	0,953	623,7	8,4	633,6	25,6	626,3	6,9	580,2	5,8	99,6
32	24128,2	1703,1	73,42	0,09745	0,00290	0,84538	0,03776	0,06287	0,00268	0,666	599,4	8,5	703,8	44,9	622,1	10,4	572,1	5,7	96,2
33	<i>77159,0</i>	<i>4829,4</i>	<i>16,26</i>	<i>0,10465</i>	<i>0,00296</i>	<i>0,85458</i>	<i>0,02776</i>	<i>0,05917</i>	<i>0,00166</i>	<i>0,871</i>	<i>641,6</i>	<i>8,6</i>	<i>573,4</i>	<i>30,0</i>	<i>627,2</i>	<i>7,6</i>	<i>587,9</i>	<i>5,8</i>	<i>102,2</i>
34	<i>167860,8</i>	<i>10766,9</i>	<i>8,64</i>	<i>0,09746</i>	<i>0,00270</i>	<i>0,78870</i>	<i>0,02114</i>	<i>0,05864</i>	<i>0,00122</i>	<i>1,034</i>	<i>599,5</i>	<i>7,9</i>	<i>553,8</i>	<i>22,5</i>	<i>590,4</i>	<i>6,0</i>	<i>579,6</i>	<i>5,7</i>	<i>101,5</i>
35	93389,8	5853,1	13,66	0,09872	0,00276	0,78712	0,02214	0,05778	0,00128	0,994	606,9	8,1	521,4	24,2	589,5	6,3	571,4	5,7	102,9
36	52298,9	3285,8	20,20	0,10298	0,00288	0,85979	0,02464	0,06050	0,00140	0,976	631,8	8,4	621,5	24,8	630,0	6,7	586,2	5,8	100,3
37	46378,2	3029,8	33,87	0,10244	0,00286	0,86385	0,02514	0,06111	0,00146	0,959	628,7	8,4	643,1	25,4	632,2	6,9	598,2	5,9	99,4
38	76687,0	4778,9	15,87	0,09735	0,00272	0,80050	0,02242	0,05959	0,00132	0,998	598,8	8,0	588,7	24,0	597,1	6,3	561,5	5,6	100,3
39	60647,1	3954,0	23,54	0,10235	0,00286	0,85387	0,02420	0,06046	0,00138	0,986	628,2	8,4	620,1	24,3	626,8	6,6	590,4	5,9	100,2
40	75825,9	4976,2	13,15	0,10373	0,00288	0,85867	0,02424	0,05998	0,00138	0,984	636,2	8,4	602,9	24,6	629,4	6,6	580,5	5,7	101,1

41	57646,5	3612,3	22,28	0,10341	0,00290	0,86328	0,02530	0,06050	0,00142	0,957	634,4	8,5	621,5	25,3	631,9	6,9	595,0	5,9	100,4
42	92034,1	6122,1	14,52	0,10199	0,00284	0,86016	0,02566	0,06111	0,00150	0,933	626,1	8,3	643,1	26,3	630,2	7,0	570,8	5,7	99,3
43	42671,4	2714,2	30,36	0,10245	0,00288	0,86627	0,02536	0,06127	0,00148	0,960	628,8	8,4	648,7	25,6	633,5	6,9	584,9	5,8	99,3
44	27843,0	1623,7	37,00	0,09845	0,00278	0,83241	0,02784	0,06126	0,00180	0,844	605,3	8,2	648,4	31,3	615,0	7,7	564,4	5,6	98,4
50	78446,9	4917,3	17,77	0,09845	0,00272	0,79150	0,02306	0,05825	0,00142	0,948	605,3	8,0	539,2	27,0	592,0	6,5	549,4	5,4	102,2
51	36989,7	2366,1	36,26	0,09996	0,00284	0,84750	0,02638	0,06144	0,00160	0,913	614,2	8,3	654,7	27,7	623,3	7,3	575,6	5,7	98,5
52	57544,0	3738,8	26,56	0,10266	0,00288	0,85682	0,02450	0,06048	0,00140	0,981	630,0	8,4	620,8	24,7	628,4	6,7	594,2	5,9	100,3
53	74090,0	4904,0	22,14	0,10128	0,00284	0,85337	0,02480	0,06106	0,00142	0,965	621,9	8,3	641,3	24,8	626,5	6,8	586,5	5,8	99,3
53	97029,0	6400,4	15,80	0,10298	0,00288	0,85704	0,02408	0,06031	0,00132	0,995	631,8	8,4	614,7	23,5	628,5	6,6	604,6	6,0	100,5
55	60621,6	4003,2	26,24	0,10435	0,00292	0,86790	0,02514	0,06027	0,00142	0,966	639,9	8,5	613,3	25,2	634,4	6,8	587,5	5,8	100,9
56	45309,4	2841,5	35,39	0,10236	0,00286	0,86161	0,02656	0,06099	0,00160	0,906	628,2	8,4	638,9	28,1	631,0	7,2	561,7	5,5	99,6
57	43754,4	2954,2	33,66	0,10309	0,00290	0,86672	0,02562	0,06092	0,00148	0,952	632,5	8,5	636,4	26,0	633,8	7,0	593,5	5,9	99,8
58	109566,6	7147,3	12,15	0,09900	0,00274	0,80273	0,02260	0,05876	0,00134	0,983	608,5	8,0	558,2	24,7	598,4	6,4	582,5	5,8	101,7
59	38132,2	2248,7	31,05	0,09721	0,00276	0,79360	0,02470	0,05916	0,00154	0,912	598,1	8,1	573,0	28,0	593,2	7,0	566,3	5,7	100,8
60	46058,5	3061,8	30,87	0,09756	0,00274	0,80629	0,02374	0,05989	0,00144	0,954	600,1	8,0	599,6	26,0	600,4	6,7	570,4	5,7	100,0
61	56823,4	3413,8	21,74	0,10328	0,00292	0,85122	0,02556	0,05973	0,00146	0,942	633,6	8,5	593,8	26,2	625,3	7,0	579,9	5,8	101,3
62	34495,3	2055,3	43,38	0,10109	0,00288	0,85420	0,02970	0,06123	0,00188	0,819	620,8	8,4	647,3	32,8	626,9	8,1	576,2	5,7	99,0
63	47857,9	3289,6	35,33	0,09525	0,00270	0,80264	0,02686	0,06107	0,00182	0,847	586,5	7,9	641,7	31,6	598,3	7,6	551,5	5,5	98,0
64	44232,5	2834,9	32,15	0,09940	0,00282	0,84203	0,02580	0,06139	0,00156	0,926	610,9	8,3	652,9	26,9	620,3	7,1	580,6	5,8	98,5
65	168866,0	11028,0	8,29	0,10305	0,00288	0,85687	0,02328	0,06026	0,00124	1,029	632,2	8,4	612,9	22,1	628,4	6,4	594,4	5,9	100,6
71	48206,1	2911,4	27,31	0,09828	0,00276	0,79232	0,02378	0,05842	0,00144	0,936	604,3	8,1	545,5	26,6	592,5	6,7	561,5	5,6	102,0
72	59071,6	3686,0	22,77	0,09689	0,00270	0,79757	0,02260	0,05965	0,00136	0,983	596,1	8,0	590,9	24,5	595,5	6,4	549,8	5,5	100,1
73	92788,7	5811,2	14,63	0,09810	0,00272	0,80184	0,02188	0,05923	0,00126	1,016	603,3	8,0	575,6	23,0	597,9	6,2	583,2	5,8	100,9
74	27228,8	2010,5	54,54	0,09556	0,00282	0,81693	0,03520	0,06197	0,00252	0,685	588,3	8,3	673,1	43,1	606,3	9,8	540,6	5,4	96,9
75	46043,6	3100,9	26,79	0,10063	0,00284	0,84867	0,02574	0,06112	0,00152	0,931	618,1	8,3	643,5	26,6	623,9	7,1	573,0	5,7	99,1
76	66182,6	4339,9	26,69	0,10001	0,00278	0,81184	0,02392	0,05882	0,00146	0,943	614,5	8,1	560,4	26,7	603,5	6,7	569,5	5,6	101,8
77	76698,7	4764,3	14,96	0,10459	0,00292	0,85990	0,02510	0,05958	0,00142	0,956	641,2	8,5	588,4	25,6	630,1	6,9	596,6	5,9	101,7
78	55786,0	3722,0	30,94	0,09967	0,00280	0,84343	0,02464	0,06133	0,00144	0,962	612,4	8,2	650,8	25,1	621,0	6,8	588,2	5,9	98,6

79	36120,5	2494,3	42,60	0,10180	0,00286	0,86958	0,02632	0,06190	0,00156	0,928	625,0	8,4	670,7	26,8	635,3	7,2	581,9	5,8	98,4
80	16328,0	1322,0	102,74	0,10230	0,00452	0,86447	0,09254	0,06071	0,00676	0,413	627,9	13,2	629,0	115,7	632,6	25,2	526,4	5,2	99,3
81	70566,8	4519,5	19,68	0,09673	0,00278	0,79219	0,02508	0,05936	0,00156	0,908	595,2	8,2	580,3	28,3	592,4	7,1	559,5	5,7	100,5
82	70453,9	4393,2	35,85	0,10493	0,00294	0,85760	0,02456	0,05923	0,00136	0,978	643,2	8,6	575,6	24,7	628,8	6,7	594,9	5,9	102,2
83	58332,2	3732,1	23,64	0,10100	0,00284	0,84752	0,02520	0,06081	0,00146	0,946	620,3	8,3	632,5	25,8	623,3	6,9	578,3	5,8	99,5
84	64421,2	3960,6	20,13	0,09689	0,00272	0,78959	0,02328	0,05906	0,00140	0,952	596,2	8,0	569,3	25,4	590,9	6,6	552,6	5,5	100,9
85	69941,0	4736,8	21,69	0,09661	0,00268	0,80876	0,02350	0,06066	0,00146	0,955	594,5	7,9	627,2	25,7	601,8	6,6	555,8	5,5	98,8

Tabela a4: Resultados analíticos dos zircões analisados da amostra RG-02. Os dados destacados em *itálico* não foram utilizados para obtenção das idades.

Grain Spot	²⁰⁶ Pb ^a (cps)	²⁰⁷ Pb ^a (cps)	Th/U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ^b	$\pm 2\sigma$ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ^b	$\pm 2\sigma$ (abs)	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^b	$\pm 2\sigma$ (abs)	RHO	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	$\pm 2\sigma$ (Ma)	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	$\pm 2\sigma$ (Ma)	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	$\pm 2\sigma$ (Ma)	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	$\pm 2\sigma$ (Ma)	% Conc.
12	44613,7	2784,9	34,43	0,10367	0,00296	0,87962	0,02936	0,06149	0,00176	0,855	635,9	8,6	656,4	30,3	640,8	7,9	580,1	5,8	99,2
13	<i>158737,4</i>	<i>9205,4</i>	<i>4,38</i>	<i>0,09322</i>	<i>0,00286</i>	<i>0,75670</i>	<i>0,03178</i>	<i>0,05884</i>	<i>0,00222</i>	<i>0,731</i>	<i>574,6</i>	<i>8,4</i>	<i>561,2</i>	<i>40,5</i>	<i>572,1</i>	<i>9,2</i>	<i>561,7</i>	<i>6,2</i>	<i>100,4</i>
14	19195,1	1274,5	74,35	0,09817	0,00290	0,82218	0,03982	0,06069	0,00280	0,6104	603,7	8,5	628,3	48,8	609,3	11,1	565,5	5,7	99,1
15	53885,0	3397,9	36,45	0,10304	<i>0,00298</i>	0,87255	0,03366	0,06137	0,00214	0,750	632,2	8,7	652,2	36,9	636,9	9,1	591,0	5,9	99,3
16	49207,3	3338,4	20,88	0,09966	0,00302	0,83097	0,03546	0,06041	0,00236	0,710	612,4	8,8	618,3	41,5	614,1	9,8	575,5	6,0	99,7
17	40152,0	2521,4	24,58	0,10379	<i>0,00308</i>	0,87567	0,03472	0,06113	0,00218	0,748	636,6	9,0	643,8	37,8	638,6	9,4	590,2	6,1	99,7
18	<i>129201,5</i>	<i>7686,1</i>	<i>8,37</i>	<i>0,09437</i>	<i>0,00286</i>	<i>0,75995</i>	<i>0,04178</i>	<i>0,05835</i>	<i>0,00312</i>	<i>0,551</i>	<i>581,3</i>	<i>8,5</i>	<i>542,9</i>	<i>57,3</i>	<i>574,0</i>	<i>12,1</i>	<i>588,7</i>	<i>6,3</i>	<i>101,3</i>
19	<i>126319,3</i>	<i>7820,2</i>	<i>5,18</i>	<i>0,09343</i>	<i>0,00274</i>	<i>0,75428</i>	<i>0,02892</i>	<i>0,05853</i>	<i>0,00200</i>	<i>0,765</i>	<i>575,8</i>	<i>8,1</i>	<i>549,7</i>	<i>37,0</i>	<i>570,7</i>	<i>8,4</i>	<i>568,1</i>	<i>5,9</i>	<i>100,9</i>
20	63196,1	4167,7	18,72	0,10266	0,00294	0,85455	0,02704	0,06032	0,00158	0,905	630,0	8,6	615,1	28,0	627,1	7,4	575,1	5,8	100,5
21	15700,6	895,6	82,48	0,09879	0,00290	0,84895	0,03610	0,06228	0,00244	0,690	607,3	8,5	683,7	41,2	624,1	9,9	554,4	5,6	97,2
22	20394,2	1212,0	36,20	0,09945	0,00326	0,86702	0,06060	0,06318	0,00438	0,469	611,2	9,5	714,3	71,9	634,0	16,5	534,0	5,5	96,3
23	18970,0	1297,0	88,26	0,10005	0,00310	0,86611	0,05102	0,06274	0,00360	0,526	614,7	9,1	699,4	60,0	633,5	13,9	562,9	5,7	96,9
25	<i>140783,9</i>	<i>9079,2</i>	<i>5,96</i>	<i>0,08910</i>	<i>0,00258</i>	<i>0,72780</i>	<i>0,02902</i>	<i>0,05919</i>	<i>0,00216</i>	<i>0,726</i>	<i>550,2</i>	<i>7,6</i>	<i>574,1</i>	<i>39,1</i>	<i>555,3</i>	<i>8,5</i>	<i>549,5</i>	<i>5,6</i>	<i>99,1</i>
26	41751,3	2717,0	24,68	0,09757	0,00290	0,81205	0,03258	0,06031	0,00218	0,741	600,2	8,5	614,7	38,5	603,6	9,1	548,4	5,7	99,4
32	32929,6	2172,2	35,52	0,09739	0,00286	0,81543	0,03304	0,06067	0,00224	0,725	599,1	8,4	627,6	39,3	605,5	9,2	562,5	5,7	98,9
33	66809,4	4273,5	20,27	0,10296	0,00292	0,85638	0,02636	0,06028	0,00152	<i>0,921</i>	631,7	8,5	613,6	27,1	628,1	7,2	575,3	5,8	100,6
34	69668,0	4459,9	14,87	0,09991	0,00300	0,82173	0,03218	0,05960	0,00208	<i>0,767</i>	613,9	8,8	589,1	37,3	609,0	9,0	573,7	6,0	100,8
35	62253,7	3986,9	21,89	0,10212	0,00292	0,84383	0,02612	0,05988	0,00152	0,924	626,8	8,5	599,2	27,2	621,3	7,2	577,8	5,8	100,9
36	18787,0	1221,0	95,94	0,10045	0,00378	0,83064	0,08350	0,05997	0,00608	0,374	617,0	11,1	602,5	106,2	614,0	23,2	533,8	5,6	100,5
37	54127,0	3406,7	22,60	0,10303	0,00294	0,86535	0,02738	0,06086	0,00160	0,902	632,1	8,6	634,3	27,9	633,0	7,5	573,7	5,8	99,9
38	92956,0	6067,0	16,33	0,10391	0,00294	0,86345	0,02746	0,06022	0,00160	0,890	637,3	8,6	611,5	28,6	632,0	7,5	593,3	6,0	100,8
39	93207,0	6050,0	14,82	0,10349	0,00298	0,86469	0,03448	0,06054	0,00220	0,722	634,8	8,7	622,9	38,8	632,7	9,4	594,8	6,0	100,3
41	26116,9	1425,0	56,50	0,10142	0,00294	0,84378	0,03474	0,06029	0,00228	0,704	622,7	8,6	614,0	40,4	621,2	9,6	577,4	5,8	100,2
42	127693,8	8199,3	9,14	0,10195	0,00290	0,84695	0,02526	0,06020	0,00144	0,954	625,8	8,5	610,8	25,5	623,0	6,9	614,3	6,2	100,4

43	11128,8	728,6	136,64	0,10056	0,00446	0,83661	0,11412	0,06033	0,00838	0,325	617,7	13,1	615,4	143,4	617,3	31,6	542,3	5,6	100,1
44	46685,2	2891,8	25,90	0,10249	0,00294	0,85675	0,02788	0,06058	0,00166	0,882	629,0	8,6	624,4	29,2	628,3	7,6	588,4	6,0	100,1
45	22787,9	1027,3	66,79	0,10130	0,00316	0,85350	0,05248	0,06107	0,00370	0,507	622,0	9,2	641,7	63,7	626,6	14,4	595,3	6,0	99,3
46	27627,8	1341,7	53,83	0,10069	0,00316	0,86570	0,05068	0,06232	0,00356	0,536	618,4	9,2	685,1	59,9	633,2	13,8	589,5	6,0	97,6
52	54560,2	3454,5	23,02	0,10350	0,00296	0,87354	0,02790	0,06116	0,00162	0,895	634,9	8,7	644,9	28,3	637,5	7,6	585,2	5,9	99,6
53	74196,3	4853,8	20,01	0,10190	0,00290	0,85132	0,02634	0,06054	0,00154	0,920	625,5	8,5	622,9	27,0	625,4	7,2	585,2	5,9	100,0
54	28768,1	1585,6	64,41	0,10070	0,00302	0,85428	0,04194	0,06148	0,00288	0,611	618,5	8,9	656,1	49,4	627,0	11,5	586,4	6,0	98,6
55	35010,2	2125,8	47,76	0,10083	0,00292	0,85647	0,03052	0,06155	0,00192	0,813	619,3	8,5	658,5	33,1	628,2	8,4	579,1	5,9	98,6
56	28739,6	1662,5	29,06	0,10402	0,00312	0,88552	0,03940	0,06169	0,00256	0,674	637,9	9,1	663,4	43,7	644,0	10,6	582,3	6,0	99,0
57	30823,9	1917,3	48,68	0,09960	0,00294	0,84386	0,03802	0,06140	0,00260	0,655	612,1	8,6	653,3	44,7	621,3	10,5	580,1	5,9	98,5
58	19981,6	1349,5	87,98	0,09891	0,00294	0,82658	0,04128	0,06055	0,00288	0,595	608,0	8,6	623,3	50,6	611,7	11,5	558,7	5,6	99,4
60	44273,0	3027,0	25,94	0,09944	0,00286	0,85986	0,02932	0,06266	0,00184	0,843	611,1	8,4	696,7	30,9	630,0	8,0	564,4	5,7	96,9
61	19213,0	1299,0	59,15	0,09996	0,00328	0,85032	0,05910	0,06167	0,00424	0,472	614,2	9,6	662,7	72,1	624,8	16,2	564,0	5,8	98,3
62	19198,6	1140,8	88,13	0,10010	0,00316	0,85454	0,05290	0,06186	0,00376	0,510	615,0	9,3	669,3	63,7	627,1	14,5	580,2	5,9	98,0
63	79889,0	5278,0	14,59	0,10342	0,00294	0,86612	0,02672	0,06069	0,00152	0,921	634,4	8,6	628,3	26,9	633,5	7,3	588,4	6,0	100,1
64	21611,0	1440,0	48,14	0,09947	0,00396	0,82359	0,08612	0,05999	0,00632	0,381	611,3	11,6	603,2	110,1	610,0	24,0	603,1	6,9	100,2
65	13320,3	560,9	77,54	0,10065	0,00340	0,84263	0,06292	0,06068	0,00450	0,452	618,2	9,9	627,9	78,1	620,6	17,3	563,3	5,9	99,6
66	20189,0	1256,2	63,42	0,10331	0,00302	0,93808	0,03662	0,06580	0,00232	0,749	633,8	8,8	800,0	36,5	671,9	9,6	575,4	5,8	94,0
72	34936,2	2331,0	40,50	0,09952	0,00286	0,85416	0,03088	0,06220	0,00198	0,795	611,6	8,4	681,0	33,6	626,9	8,5	569,5	5,8	97,5
73	77287,3	4825,6	16,33	0,10086	0,00290	0,82884	0,03238	0,05954	0,00212	0,736	619,4	8,5	586,9	38,0	613,0	9,0	589,8	5,9	101,0
74	22016,4	1389,5	62,45	0,10315	0,00300	0,93104	0,03636	0,06541	0,00230	0,745	632,8	8,8	787,6	36,6	668,2	9,6	579,0	5,9	94,4
76	14649,9	910,5	66,75	0,10386	0,00346	0,97220	0,07178	0,06785	0,00500	0,451	637,0	10,1	864,0	74,5	689,6	18,5	554,0	5,8	91,7
78	20131,5	1178,4	32,21	0,09883	0,00296	0,85148	0,03862	0,06244	0,00264	0,660	607,6	8,7	689,2	44,6	625,5	10,6	540,6	5,6	97,1
81	99450,9	6440,3	16,64	0,10352	0,00294	0,86046	0,02736	0,06023	0,00160	0,893	635,0	8,6	611,8	28,3	630,4	7,5	594,8	6,0	100,7
82	49268,0	3358,0	29,31	0,10114	0,00294	0,87201	0,03640	0,06248	0,00242	0,696	621,1	8,6	690,6	40,7	636,7	9,9	580,6	5,9	97,5
85	50299,1	3317,1	25,40	0,10365	0,00292	0,88007	0,03050	0,06153	0,00188	0,813	635,7	8,5	657,8	32,3	641,0	8,2	579,7	5,8	99,2
86	20050,0	1368,0	59,62	0,10099	0,00374	0,84834	0,08040	0,06088	0,00582	0,391	620,2	11,0	635,0	99,8	623,7	22,1	544,5	5,8	99,4

