

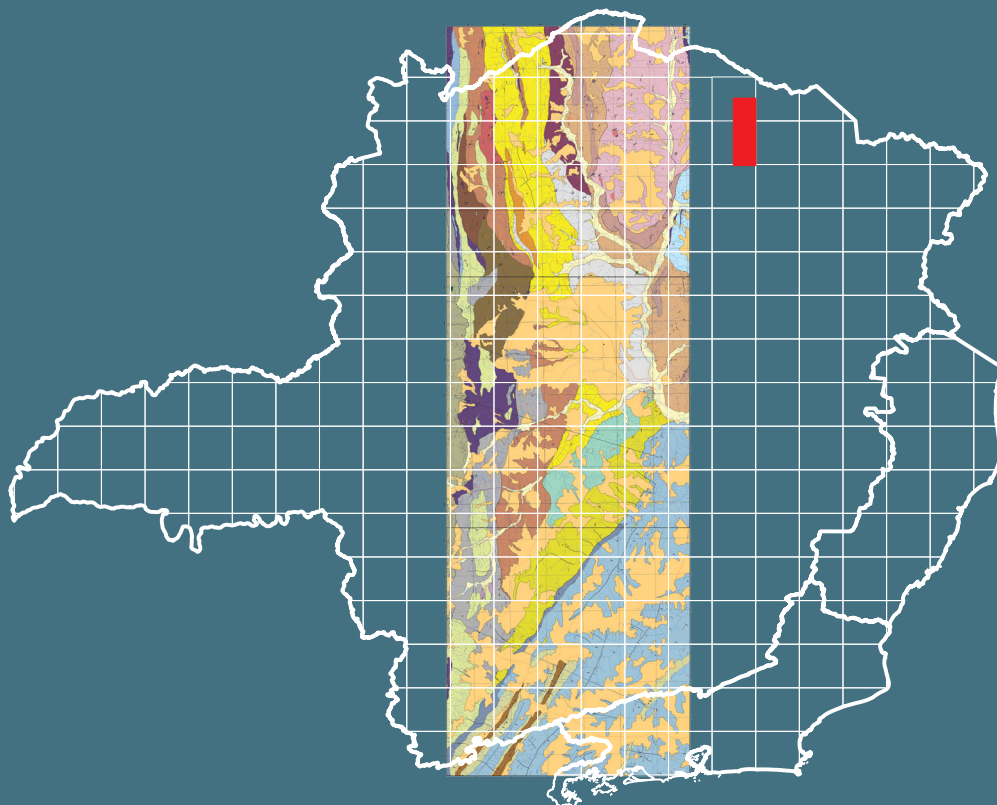
Programa Geologia do Brasil

Levantamentos Geológicos Básicos

NOTA EXPLICATIVA

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS

FOLHAS NOVA AURORA – SD.23-Z-D-V-4,
RIO PARDO DE MINAS – SD.23-Z-D-V-2 E
SANTO ANTÔNIO DO RETIRO –
SD.23-Z-D-II-4



Belo Horizonte/2020

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM

Escala: 1:50.000

PROJETO RIO PARDO DE MINAS

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Alexandre Vidigal de Oliveira

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Esteves Pedro Colnago

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Márcio José Remédio

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Geologia

Lúcia Travassos da Rosa Costa

Chefe da Divisão de Geologia Básica

Vladimir Cruz de Medeiros

Chefe da Divisão de Sensoriamento Remoto e Geofísica

Luiz Gustavo Rodrigues Pinto

Chefe do Departamento de Recursos Minerais

Marcelo Esteves Almeida

Chefe da Divisão de Geologia Econômica

Felipe Mattos Tavares

Chefe da Divisão de Geoquímica

Cassiano Costa e Castro

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patrícia Düringer Jacques

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

Washington José Ferreira Santos

Chefe do Departamento de Apoio Técnico

Maria José Cabral Cezar

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Ricardo Luiz Barreiros Motta

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Superintendente

Marlon Marques Coutinho

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Marcelo de Souza Marinho

Supervisores de Geologia e Recursos Minerais

Paulo Henrique Amorim Dias

Julio César Lombello

Responsável Técnico do Projeto

Júlio César Lombello

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS
| PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL |

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DAS FOLHAS NOVA AURORA (SD.23-Z-D-V-4), RIO PARDO DE MINAS (SD.23-Z-D-V-2) E SANTO ANTÔNIO DO RETIRO (SD.23-Z-D-II-4) PROJETO RIO PARDO DE MINAS

Escala 1:50.000

Estado de Minas Gerais

Júlio César Lombello (Org.)

NOTA EXPLICATIVA



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

Minas Gerais
2020

REALIZAÇÃO

Superintendência Regional de Belo Horizonte

ORGANIZAÇÃO

Júlio César Lombello

TEXTO EXPLICATIVO

1. Introdução

Júlio César Lombello

2. Contexto Geotectônico e Estratigrafia Regional

Júlio César Lombello

3. Unidades Litoestratigráficas

Júlio César Lombello
Sabrina Ferreira de Queiroz
Marco Aurélio Piacentini Pinheiro
Orivaldo Ferreira Baltazar

4. Geologia Estrutural e Tectônica

Orivaldo Ferreira Baltazar
Júlio César Lombello

5. Geoquímica Prospectiva

Eduardo Duarte Marques

6. Recursos Minerais

Júlio César Lombello

7. Conclusões e Recomendações

Júlio César Lombello

Referências

Maria Madalena Costa Ferreira

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

(<http://geosgb.cprm.gov.br>)

Folha Nova Aurora (SD.23-Z-D-V-4)
Júlio César Lombello
Folha Rio Pardo de Minas (SD.23-Z-D-V-2)
Sabrina Ferreira de Queiroz
Folha Santo Antônio do Retiro (SD.23-Z-D-II-4)
Marco Aurélio Piacentini Pinheiro
Supervisão
Orivaldo Ferreira Baltazar

SIG GEOLÓGICO

Sabrina Ferreira de Queiroz
Júlio César Lombello
Marco Aurélio Piacentini Pinheiro

APOIO TÉCNICO

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS

Júlio César Lombello
Sabrina Ferreira de Queiroz
Orivaldo Ferreira Baltazar
Marco Aurélio Piacentini Pinheiro
Joanathan Nereu Lisboa Rojas
Thiago Cuzzatti
Júlio Murilo Martino Pinho

LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS

Eduardo Duarte Marques

LEVANTAMENTOS GEOFÍSICOS

Antônio Juarez Borges (In Memoriam)
Michael Gustav Peter Drews (In Memoriam)

ANÁLISES PETROGRÁFICAS

Marco Aurélio Piacentini Pinheiro

GEOCRONOLOGIA

Josineusa Brilhante Rodrigues

REDE LAMIN CAETÉ

Ademir da Rocha
Edson Jorge Pereira

CARTOGRAFIA DIGITAL E GEOPROCESSAMENTO

Marcio Antônio da Silva
Márcio Ferreira Augusto

PROJETO GRÁFICO/EDITORAÇÃO

Capa (DIMARK)

Washington José Ferreira Santos

Miolo (DIEDIG)

Andréia Amado Continentino
Agmar Alves Lopes

Diagramação (GERINF-BH)

Patrícia Silva Araújo Dias

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Maria Madalena Costa Ferreira

NORMALIZAÇÃO

Tereza Rosenhayme

ESTAGIÁRIOS

Cátia de Oliveira Lima
Felipe Augusto Meireles Vieira

REVISÃO FINAL

Erison Soares Lima

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br
seus@cprm.gov.br

G343 Geologia e recursos minerais das folhas Nova Aurora (SD.23-Z-D-V-4), Rio Pardo de Minas (SD.23-Z-D-V-2) e Santo Antônio do Retiro (SD.23-Z-D-II-4) : projeto Rio Pardo de Minas, escala 1:50.000, estado de Minas Gerais / Júlio César Lombello, organizador. -- Belo Horizonte : CPRM, 2020.
139 p.

Levantamentos geológicos básicos

ISBN: 978-85-7499-580-9

1.Geologia econômica – Brasil – Minas Gerais. 2.Recursos minerais – Brasil – Minas Gerais. I. Lombello, Júlio César, org.

CDD 553.098151

CRB 5663

APRESENTAÇÃO

O Ministério de Minas e Energia, através do Serviço Geológico do Brasil-CPRM, tem a grata satisfação de disponibilizar a comunidade técnico-científica e aos empresários do setor mineral brasileiro, mais um produto do Programa Geologia do Brasil – PGB, do Governo Federal. O PGB é desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil-CPRM, empresa vinculada à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia, e é responsável pela retomada dos levantamentos geológicos básicos em todo país.

O PGB tem por objetivo a ampliação acelerada do conhecimento geológico do território brasileiro, fornecendo subsídios técnicos para atrair novos investimentos em pesquisa mineral, visando à descoberta de novos depósitos. Adicionalmente, dada importância do conhecimento geológico como fonte primordial de conhecimento do meio físico, os levantamentos geológicos são ferramentas importantes para gestores públicos, federais, estaduais e municipais, no desenvolvimento de projetos de ordenamento e gestão territorial. O Projeto Rio Pardo de Minas foi financiado com recursos do Programa de Aceleração do Crescimento-PAC, no âmbito do Programa Geologia do Brasil, e foi executado pela Gerência de Geologia e Recursos Minerais da Superintendência Regional de Belo Horizonte, Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Este produto reúne dados e informações geológicas e de recursos minerais sobre uma área de 2.250 km², localizada na região setentrional de Minas Gerais, compreendida pelas Folhas Nova Aurora (SD.23-Z-D-V-4), Rio Pardo de Minas (SD.23-Z-D-V-2) e Santo Antônio do Retiro (SD.23-Z-D-II-4), abrangendo total ou parcialmente as áreas dos municípios de Santo Antônio do Retiro, Montezuma, Rio Pardo de Minas, Novorizonte e Fruta de Leite. No desenvolvimento do projeto foram realizados levantamentos de dados geológicos e geoquímicos, análise de dados aerogeofísicos, estudos petrográficos e geocronológicos, análise química de amostras de rocha e geoquímica de solos e sedimentos ativos de corrente.

Os resultados obtidos pelo projeto representam um importante avanço na cartografia geológica e na avaliação da potencialidade mineral dessa importante porção do território nacional. Os dados obtidos neste projeto estão sintetizados nesta Nota Explicativa e ordenados em ambiente SIG – Sistemas de Informações Geográficas e bases de dados, todos disponíveis para download no GeoSGB, banco de dados corporativo do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, que pode ser acessado através do site www.cprm.gov.br.

Esteves Pedro Colnago

Diretor-Presidente

Márcio José Remédio

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

RESUMO

O Projeto Rio Pardo de Minas faz parte do Programa Geologia do Brasil (PGB) e consistiu no mapeamento geológico e cadastramento de recursos minerais das Folhas Nova Aurora (SD.23-Z-D-V-4), Rio Pardo de Minas (SD.23-Z-D-V-2) e Santo Antônio do Retiro (SD.23-Z-D-II-4). A área do projeto localiza-se entre as latitudes 15°15' e 16° e longitudes 43° e 42°15' abrangendo parte do Distrito Ferrífero Nova Aurora, no Nordeste do Estado de Minas Gerais. A cartografia geológica possibilitou caracterizar um embasamento paleoproterozoico relacionado ao metagranitoide Córrego Tingui, uma sequência estritamente siliciclástica mesoproterozoica de pouca expressão areal associada ao Supergrupo Espinhaço Indiviso e metassedimentos neoproterozoicos relacionados aos Grupos Santo Onofre, Sítio Novo e Macaúbas. O metagranitoide Córrego Tingui compreende fácies de metagranitos, metagranodioritos e metatonalitos subordinados, de composição quartzo-feldspática a duas micas. Apresenta caráter leucocrático ($2,5 < IC < 15$), com biotita e moscovita primária. Quimicamente expressa coríndon normativo, com teores entre 1,7%, e 4,0%, altos teores de Rb (104,6 a 49,1 ppm) e SiO_2 (>70%); e baixos teores de Sr (8,7 a 3,1 PPM). Dados isotópicos obtidos por este projeto apontam idades de cristalização em zircão riacianas (U-Pb/LA-ICP-MS; 2060 +/-48 Ma.; e 2072 +/-14 Ma.) e interceptos inferiores entre 559 Ma.; e 515 Ma., respectivamente, demonstrando possíveis reflexos metamórficos da orogênese Brasileira. O Supergrupo Espinhaço Indiviso compreende meta-arenitos e sericita-quartzo xistos, apresentando laminação plano-paralela, associados a quartzitos sericíticos com estratos cruzados de pequeno a médio porte, marcas de onda e subordinadas brechas/conglomerados. Determinações geocronológicas U/Pb (LA-ICP-MS) em grãos de zircões detríticos de ortoquartzitos forneceram idades entre 1,4 Ga e 3,2 Ga, sugerindo idade máxima de deposição calimiana. Os Grupos Santo Onofre e Sítio Novo são relacionados a uma fase extensional deflagrada no início do toniano (T1). O Grupo Santo Onofre é constituído pelas formações Serra da Garapa, Rio Peixe Bravo e João Dias, representados predominantemente por metapelitos e metaturbiditos. O Grupo Sítio Novo é representado exclusivamente pela Formação Viramundo, caracterizada por metassedimentos siliciclásticos marinhos a continentais. Estas unidades apresentam orientação preferencial N-S, com mergulhos moderados a acentuados para leste. Eventos magmáticos associados à granitogênese Salto da Divisa, diques máficos da suíte Pedro Lessa e granitos anorogênicos alcalinos a subalcalinos caracterizados na região sul do estado da Bahia indicam um evento tafrogenético no início do toniano. Dados geocronológicos U/Pb (LA-ICP-MS) em grãos de zircão detrítico suportam uma idade máxima de deposição para essas unidades no início do toniano. O Grupo Macaúbas é representado pela Formação Nova Aurora, caracterizada predominantemente por metadiamicctitos glaciomarinheiros associados a formações ferríferas tipo *Rapitan*. Esta unidade apresenta orientação preferencial NE-SW e mergulhos moderados para sudeste. Sua deposição é correlacionada a um evento extensional no final do toniano (T2). Magmatismos alcalinos caracterizados no sul do estado da Bahia e rochas tufáceas referentes à Unidade Loila, situadas no setor setentrional na Faixa Congo Ocidental, no Gabão, corroboram um processo tafrogenético ao final do toniano na paleoplaca São Francisco-Congo. Dados geocronológicos obtidos em zircões detríticos em metadiamicctitos ferruginosos indicam expressiva contribuição orosiriana. A arquitetura estrutural demonstra uma evolução em 2 fases deformacionais compressivas relacionadas a orogênese Brasileira. A 1ª fase (D1) foi responsável pela geração de um cinturão de dobras e falhas de direção geral N-S a NE-SW, com vergência para oeste/noroeste. É caracterizada pelo dobramento fechado a isoclinal do acamamento (S0), com eixos de orientação N-S a NE-SW, e geração de foliação (S1) e zonas de cisalhamento. A 2ª fase (D2) é relacionada a um dobramento fechado a aberto, co-axial a D1, associada a geração de clivagens de crenulação (S2). O cadastramento de recursos minerais possibilitou vislumbrar bons potenciais para agregados e materiais de uso na construção civil como, areia, argila, cascalho e brita. A área do projeto apresenta também importantes depósitos de ferro relacionados à Formação Nova Aurora, caracterizados predominantemente por metadiamicctitos hematíticos situados na região SW da folha homônima, no âmbito do sinforme invertido Nova Aurora.

ABSTRACT

The Rio Pardo de Minas Project, which is part of the Geology of Brazil Program (GBP), carried out the geological mapping of the Nova Aurora (SD.23-ZDV-4), Rio Pardo de Minas (SD.23-ZDV -2) and Santo Antonio do Retiro (SD.23-ZD-II-4) quadrangles, and constructed a database of mineral resources for these study areas. The project area is located between parallels 15° 15' and 16°S, and meridians 43° and 42° 15'W, and covers part of the Nova Aurora Ferriferous District, in the northeast of Minas Gerais State. The geological cartography made it possible to individualize a Paleoproterozoic basement related to the Córrego Tingui metagranitoid, a strictly siliciclastic Mesoproterozoic sequence with little surface expression associated with the Undivided Espinhaço, and Neoproterozoic metasedimentary rocks related to the Santo Onofre, Sítio Novo and Macaúbas groups. The Córrego Tingui metagranitoid unit comprises metagranites, metagranodiorites and subordinate two mica metatonalites. They are leucocratic rocks ($2.5 < Cl < 15$) with biotite and primary muscovite. Chemically, these metagranitoids show normative corundum (contents between 1.7% and 4.0%), high Rb (104.6 to 49.1 ppm) and SiO_2 (> 70%); and low Sr contents (8.7 to 3.1 ppm). Isotopic data yielded by this project indicate Riacian crystallization ages for the Córrego do Tingui metagranitoid unit (LA-ICP-MS zircon U-Pb ages, upper intercept: 2060 ± 48 Ma. and 2072 ± 14 Ma.) and lower intercept ages of 559 Ma.; and 515 Ma., suggesting Pb-loss due to metamorphic processes related to the Brasiliano orogeny. The Undivided Espinhaço Supergroup comprises meta-sandstones and sericite-quartz schists exhibiting plane-parallel lamination, associated with sericitic quartzites showing small to medium-scale cross-stratification and wave marks, and subordinate breccias/conglomerates. U-Pb ages (LA-ICP-MS) yielded by detrital zircon grains recovered from an orthoquartzite sample range between 1.4 Ga and 3.2 Ga, suggesting a Calymmian maximum depositional age. The Santo Onofre and Sítio Novo groups are related to an Early Tonian (T1) extensional event. The Santo Onofre Group contains the Serra da Garapa, Rio Peixe Bravo and João Dias formations, which are predominantly composed of metapelites and metaturbidites. The Sítio Novo Group is exclusively represented by the Viramundo Formation, which contains marine to continental siliciclastic metasedimentary rocks. These units are N-S trending, with moderate to steep dips towards the east. Magmatic events associated with the Salto da Divisa Suite, mafic dikes of the Pedro Lessa Suite and alkaline to subalkaline anorogenic granites described in southern Bahia state indicate that a taphrogenic event took place during the Early Tonian. U-Pb geochronological data (LA-ICP-MS) obtained for detrital zircon grains support a Tonian maximum depositional age for these units. The Macaúbas Group is represented by the Nova Aurora Formation, predominantly composed of glaciomarine metadiamicctites associated with Rapitan-type iron formations. This unit is NE-SW trending, with moderate dips towards the southeast. Deposition of the Nova Aurora Formation took place during an extensional event at the end of the Tonian period (T2). Alkaline magmatic rocks described in southern Bahia state and tuffaceous rocks from the Loila Unit, located in northern sector of the West Congo Belt, in Gabon, corroborate that taphrogenic processes took place in the São Francisco-Congo paleoplate during the Late Tonian. Geochronological data obtained for detrital zircons recovered from ferruginous metadiamicctites indicate significant detrital contribution from Orosirian source areas. The structural framework records two deformational phases related to compressional processes during the Brasiliano orogeny. The first phase (D1) was responsible for the generation of a N-S to NE-SW trending thrust and fold belt with tectonic transport towards west/northwest. It is characterized by closed to isoclinal folding of the sedimentary bedding (S0), with fold axes trending N-S to NE-SW, generation of plane-axial foliation (S1) and associated shear zones. The second deformational phase (D2), which is coaxial to D1, generated tight to open folds and crenulation cleavages (S2). The construction of a mineral resources database highlighted the mineral potentials of the study area with respect to aggregate materials for civil construction, such as sand, clay and gravel. The project area also hosts important iron deposits related to Nova Aurora Formation, which is predominantly composed of hematitic metadiamicctites located in the southwestern region of the homonymous quadrangle, within the overturned synform named Nova Aurora.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1. INTRODUÇÃO.....	8
1.2. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	8
1.3. METODOLOGIA E DADOS DE PRODUÇÃO.....	8
2. CONTEXTO GEOTECTÔNICO E ESTRATIGRAFIA REGIONAL	11
2.1. CONTEXTO GEOTECTÔNICO.....	11
2.2. O ORÓGENO ARAÇUAÍ – CONGO OCIDENTAL	12
2.2.1. Bacia Precursora do Orógeno Araçuaí.....	12
2.3. ESTRATIGRAFIA REGIONAL	13
2.3.1. Embasamento Arqueano/Paleoproterozoico - Metagranitoide Córrego Tingui.....	13
2.3.2. Sequência Mesoproterozoica - Supergrupo Espinhaço Indiviso	15
2.3.3. Sequências Neoproterozoicas – Grupos Sítio Novo, Santo Onofre e Macaúbas	17
3. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	19
3.1. METAGRANITOIDE CÓRREGO TINGUI - PP2 γ gt.....	19
3.1.1. Leucogranitoide pegmatítico a duas micas - PP2 γ gtl.....	25
3.2. SUPERGRUPO ESPINHAÇO INDIVISO (PP4NPE1)	26
3.3. GRUPO SANTO ONOFRE – NP1so	28
3.3.1. Formação Serra da Garapa – NP1sog.....	30
3.3.2. Formação Rio Peixe Bravo - NP1sop.....	35
3.3.3. Formação João Dias - NP12soj.....	50
3.4. GRUPO SÍTIO NOVO – NP2sn	51
3.4.1. Formação Viramundo - NP2nv.....	51
3.5. GRUPO MACAÚBAS – NPma	63
3.5.1. Formação Nova Aurora – NP12na	63
3.6. MAGMATISMO BÁSICO: SUÍTE PEDRO LESSA – NP1 δ PL.....	75
3.7. CORPO RIO TRAÇADAU - MAGMATISMO BÁSICO - NP2 β mb.....	78
3.8. COBERTURAS DETRITO-LATERÍTICAS – Ndl.....	79
3.9. COBERTURA ALUVIONAR - Q2a.....	79
4. GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA	81
4.1. ARCABOUÇO ESTRUTURAL REGIONAL.....	81
4.2. ANÁLISE ESTRUTURAL	81
4.2.1. Estruturas primárias pré-existentes – Acamamento S ₀	81
4.2.2. Deformação D ₁	82
4.2.2.1. Dobras F ₁	83
4.2.2.2. Foliação S ₁	83
4.2.2.3. Zonas de Cisalhamento Contracionais	85
4.2.2.4. Falhas Transferentes.....	85
4.2.3. Deformação D ₂	85
4.2.3.1. Dobras F ₂	85
4.2.3.2. Foliação S ₂	88
4.2.3.3. <i>Boudins</i>	89
4.2.4. Deformação D _e	89

4.2.4.1. Zonas de Cisalhamento Extensionais	90
4.2.5. Domínios Estruturais	91
4.3. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	91
4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
5. GEOQUÍMICA PROSPECTIVA	96
5.1. INTRODUÇÃO.....	96
5.2. METODOLOGIA DE TRATAMENTO DE DADOS.....	96
5.2.1. Estatística univariada	96
5.2.2. Estatística bivariada.....	96
5.2.3. Estatística multivariada	100
5.3. DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS	101
5.3.1. Elementos Maiores (Sedimento de Corrente)	106
5.3.2. Elementos Maiores (Solo).....	106
5.3.3. Elementos menores e traços (Sedimento de Corrente e Solo)	106
5.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA BIVARIADA	107
5.4.1. Análise estatística multivariada	108
5.4.2. Fatores 1-5 (sedimentos de corrente)	111
5.4.3. Fatores 1-3 (solo)	114
5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
6. RECURSOS MINERAIS	118
6.1. INTRODUÇÃO.....	118
6.2. MATERIAIS DE USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	118
6.2.1 Argila.....	118
6.2.2 Areia e Cascalho	119
6.2.3 Pedras para pavimentação (pedras de talher, meio fio e calçada)	119
6.2.4. Brita	119
6.2.5. Laterita	120
6.3. ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS	121
6.3.1. Caulim.....	121
6.3.2. Filito Carbonoso	121
6.4. METAIS FERROSOS	122
6.4.1. Ferro	122
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	126
7.1. EVOLUÇÃO GEODINÂMICA.....	126
7.2. ARQUITETURA E EVOLUÇÃO ESTRUTURAL	130
REFERÊNCIAS.....	132

1. INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

Esse texto explicativo refere-se ao trabalho de mapeamento geológico (1:50.000) e cadastramento de recursos minerais do Projeto Rio Pardo de Minas. O projeto foi executado durante o período de 2010 a 2014, pela Superintendência Regional de Belo Horizonte - SUREG-BH da CPRM e é parte integrante do PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL (PGB), cujo objetivo é implementar ações que ampliem o conhecimento geológico e hidrogeológico do Brasil, além de produzir e fornecer informações para o planejamento e ordenamento da ocupação do solo e do subsolo do território nacional.

As informações e dados existentes nesse relatório estão relacionadas às três cartas geológicas, na escala 1:50.000, publicadas em 2014 no site GEOSGB (Figura 01). Esse mapeamento geológico foi acompanhado de análise química de amostras de rocha, geoquímica de sedimentos ativos de corrente e de solo, e estudos geocronológicos, os quais também compõe o presente relatório.

O objetivo do projeto foi gerar um maior detalhamento da cartografia e estudos geológicos na região, justificado pela existência de importantes depósitos de Ferro, referente à Formação Nova Aurora, Grupo Macaúbas, de idade Neoproterozóica.

1.2. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área do Projeto Rio Pardo de Minas tem extensão aproximada de 2.250 km², localizada na região setentrional do Estado de Minas Gerais (figura 1.1 A-B). Constitui-se de três quadrículas em escala de 1: 50.000 com as seguintes nomenclaturas: Nova Aurora (SD.23-Z-D-V-4), Rio Pardo de Minas (SD.23-Z-D-V-2) Santo Antônio do Retiro (SD.23-Z-D-II-4).

A partir de Belo Horizonte o acesso à área do projeto se faz pelas rodovias federais BR-040, sentido Brasília e posteriormente BR-135 sentido Montes Claros. Adiante, nas proximidades de Bocaiuva segue-se para leste acessando a BR-151, sentido à cidade de Salinas. Por fim utiliza-se a rodovia estadual MG-404 até a cidade de Rio Pardo de Minas, localizada no setor central da área de abrangência do projeto (figura 1.1 D). Para acesso aos demais setores da área do projeto utilizou-se diversos ramais e vicinais que dão acesso ao vilarejo de Nova Aurora e à cidade de Santo Antônio do Retiro.

1.3. METODOLOGIA E DADOS DE PRODUÇÃO

A metodologia aplicada nesse projeto segue os Procedimentos Básicos em Mapeamento Geológico da CPRM. Essa metodologia pode ser sumarizada nos seguintes itens:

- Pesquisa e análise bibliográfica (compilação) sobre a geologia da área;
- Confecção de mapa preliminar (mapa de serviço) utilizando os dados compilados, sensoriamento remoto (imagens de satélite e ortofotos) e mapas aerogeofísicos (magnetometria e gamaespectometria);
- Trabalho de Campo consistindo o mapeamento geológico na devida escala, e cadastramento de recursos minerais. A tabela 01 mostra os dados de produção do mapeamento.
- Trabalho de escritório, pós-campo, que consiste na confecção de lâminas petrográficas, análise litoquímica, análise geocronológica (Tabela 01) e por fim a confecção dos mapas geológicos finais e nota explicativa.

Os produtos finais deste trabalho foram elaborados utilizando tecnologia de Sistema de Informações Geográficas (SIG), com dados cartográficos elaborados em plataforma ArcGIS e estrutura consistida em bases de dados relacionais, que constituem o banco de dados corporativo da CPRM-Serviço Geológico do Brasil, denominado GEOSGB.

Análises laboratoriais

As 10 amostras do projeto selecionadas para estudo geocronológico foram analisadas pelo método U-Pb em zircão, técnica LA-ICPMS, no Laboratório de Geocronologia da Universidade de Brasília (UnB).

As análises químicas realizadas foram enviadas para laboratório SGS GEOSOL e apresentam a seguinte metodologia de preparação e análise.

Preparação das amostras

- As amostras de rocha foram preparadas com as seguintes etapas: secagem, britagem a 2mm, homogeneização, quarteamento, pulverização de 250g a 300g de amostra em moinho de aço a 95% até fração menor que 150 mesh (rotina PRP102_E).

- Enquanto que para as amostras Sedimento de Corrente e Solo, foram realizadas as seguintes etapas: secagem a 60°C em estufas, quarteamento, peneiramento em malhas com abertura <80 mesh (< 0,175mm).

Métodos analíticos

Para análise das amostras de rocha, foram realizadas as seguintes análises:

- Determinação de até 53 elementos por Digestão Água Régia - ICP OES / ICP MS (Rotina ICM14B).

- Determinação de até 18 elementos por Fusão com Metaborato de Lítio - ICP OES (Rotina ICP95A), Determinação de Óxidos Totais.
- Pacote com 10 elementos por Fluorescência de Raios – X óxidos maiores por fusão com tetraborato de lítio + LOI (Perda ao Fogo por calcinação a 1000°C) (Rotina XRF79C).

Para análise das amostras de Sedimento de Corrente e Solo, foi realizada apenas a Determinação de até 53 elementos por Digestão Água Régia - ICP OES/ ICP MS (Rotina ICM14B).

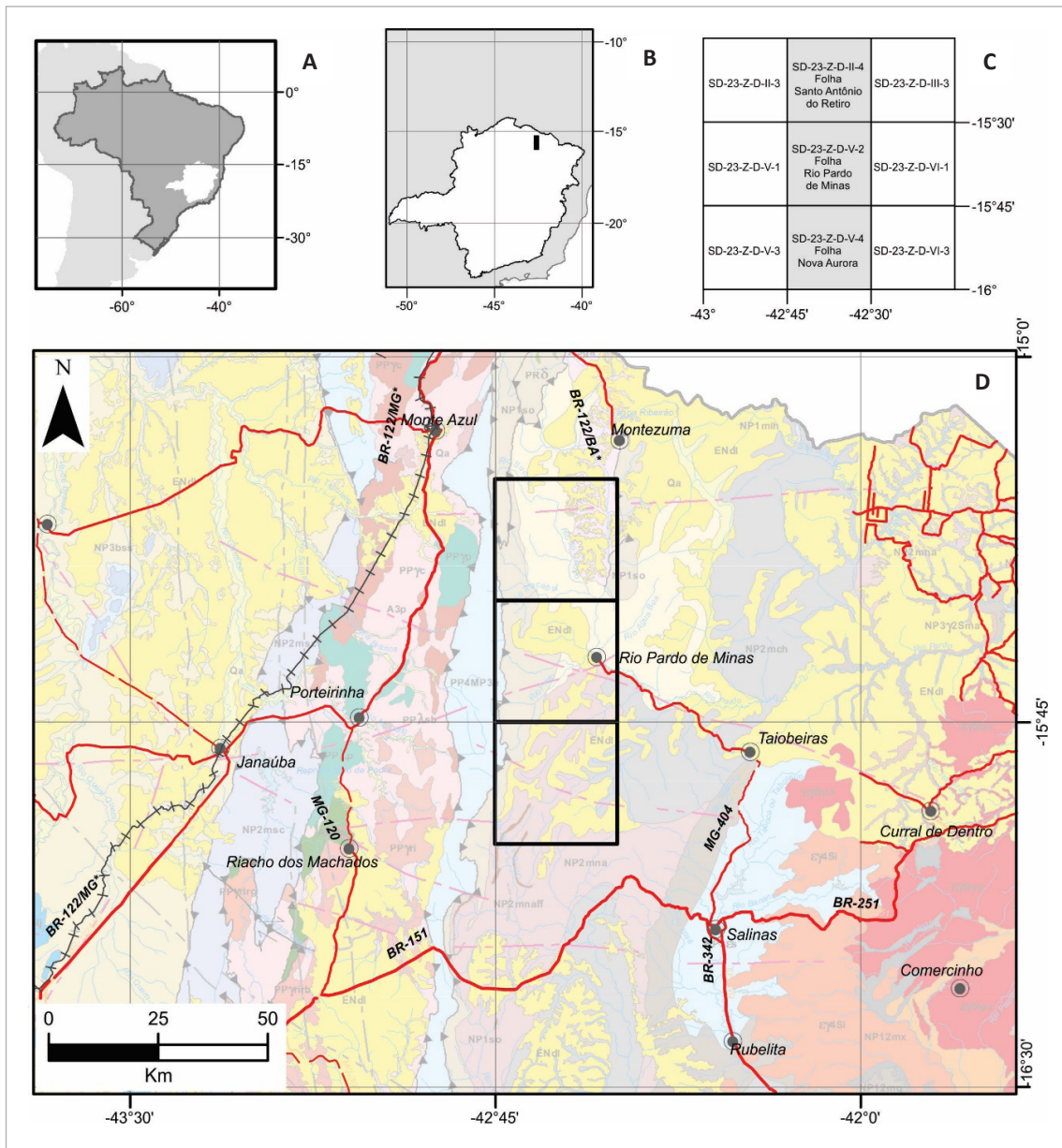


Figura 1.1 - A-B Localização da área do Projeto Rio Pardo de Minas, no âmbito do Estado de Minas Gerais; C: articulação das quadrículas e D: vias de acesso à área do projeto

Tabela 1.1 - Tabelas com dados de produção do Projeto Rio Pardo de Minas.

FOLHA	NOVA AURORA	RIO PARDO DE MINAS	ST. ANTÔNIO DO RETIRO
ÁREA MAPEADA	750 km ²	750 km ²	750 km ²
CAMINHAMENTOS	1000 km	1300 km	1400 km
AFLORENTOS DESCRITOS	260	369	415
LÂMINAS PETROGRÁFICAS	41	66	74
LITOQUÍMICA	0	0	5
GEOCROLOGIA	1	4	5
SEDIMENTO DE CORRENTE	72	81	78
SOLO	80	80	85
OCORRÊNCIAS MINERAIS CADASTRADAS	13	5	7

2. CONTEXTO GEOTECTÔNICO E ESTRATIGRAFIA REGIONAL

2.1. CONTEXTO GEOTECTÔNICO

O contexto geotectônico do terreno estudado remete principalmente à articulação de peças tectônicas envolvidas nos processos de desintegração do supercontinente Rodínia (Brito Neves et al. 2003), e posterior aglutinação e formação de Gondwana Ocidental (Alkmim et al. 2001).

No Brasil, a montagem tectônica brasileira do Gondwana Ocidental é associada a duas grandes orogêneses, essas caracterizadas pelas províncias estruturais

Tocantins e Mantiqueira (Fig. 2.1; Campos Neto 2000, Hasui 2010). A província Tocantins envolve as faixas Brasília, Paraguai e Araguaia; e representa a inicialização da construção e estruturação do Gondwana Ocidental. Envolveu a convergência e consequente colisão das paleoplacas Amazônia, Rio de la Plata e Borborema; contra a paleoplaca São Francisco-Congo, resultando assim no fechamento do oceano Brasilade/Goianides (Trompette et al. 1993, Alkmim et al. 2001, Trouw et al. 2000, Brito Neves et al. 1999, Campos Neto 2000, Brito Neves 2003).



Figura 2.1 - Sistemas orogênicos no contexto da formação de Gondwana Ocidental (extraído e modificado de Hasui 2010).

A Província Mantiqueira (Almeida *et al.* 1977), alvo do projeto, é caracterizada como um grande sistema orogênico, desenvolvido entre o neoproterozoico e o cambriano (entre 630 e 490 Ma) englobando as faixas Araçuaí, Ribeira, Dom Feliciano e São Gabriel. A convergência, associada a um conjunto diacrônico de colisões, envolvendo as paleoplacas São Francisco-Congo, Rio de La Plata e Kalahari, findou na construção e edificação destas faixas supracitadas (Fig. 2.2). Consequentemente houve o fechamento dos oceanos Adamastor e/ou Peri-Franciscano durante a construção e aglutinação de Gondwana Ocidental (Brito-Neves *et al.* 1999, 2001; Campos Neto 2000, Alkmim *et al.* 2001, Li *et al.* 2008).

O Projeto Rio Pardo de Minas está inserido no setor oeste do Orógeno Araçuaí - Congo Ocidental próximo ao seu limite com o Cráton São Francisco (Alkmim *et al.* 2006; Fig 2.3), referente a porção setentrional da Província Mantiqueira.

2.2. O ORÓGENO ARAÇUAÍ - CONGO OCIDENTAL

A definição do Orógeno Araçuaí - Congo Ocidental partiu da identificação e correlação de componentes geotectônicos essenciais, para a composição de uma faixa orogênica completa: magmatismo pré-orogênico, bacia precursora, contemplando os sedimentos da margem passiva até os complexos ofiolíticos, e inversão

tectônica englobando o arco magmático associado ao magmatismo sin a pós-colisional (Pedrosa-Soares *et al.* 1998, 2001, 2007). A contraparte do Orógeno Araçuaí, situada na costa oeste da África, separada durante a abertura do oceano Atlântico sul, no cretáceo, é representada pela faixa Congo Ocidental (Pedrosa-Soares *et al.* 2008), e compõe assim, o orógeno Araçuaí-Congo Ocidental (Pedrosa-Soares *et al.* 1998, 2001, 2007, Alkmim *et al.* 2007).

2.2.1. Bacia Precursora do Orógeno Araçuaí

Pedrosa- Soares *et al.* (2008) propõe uma coluna estratigráfica para o Orógeno Araçuaí, sendo o Grupo Macaúbas o principal componente litoestratigráfico, associando seu empilhamento a uma bacia rifte toniana (Fig. 2.4). De acordo com Pedrosa-Soares *et al.* (2007), por volta de 900 Ma, a paleoplaca São Francisco-Congo entra em processo tafrogenético. A inicialização deste regime é registrada por diques máficos da Suíte Pedro Lessa com idade aproximada de 906 Ma (Machado *et al.* 1989), por granitos anorogênicos da Suíte Salto da Divisa com idade aproximada de 875 Ma (Silva *et al.* 2008; Fig. 2.4), e por xistos verdes basálticos do Membro Rio Preto da Formação Chapada Acauã (Gradim *et al.* 2005, Babinski *et al.* 2005). Neste contexto Hoffman & Schrag (1999) e Rice *et al.* (2003) sugerem que a Terra se encontrava em evidente condição glacial.

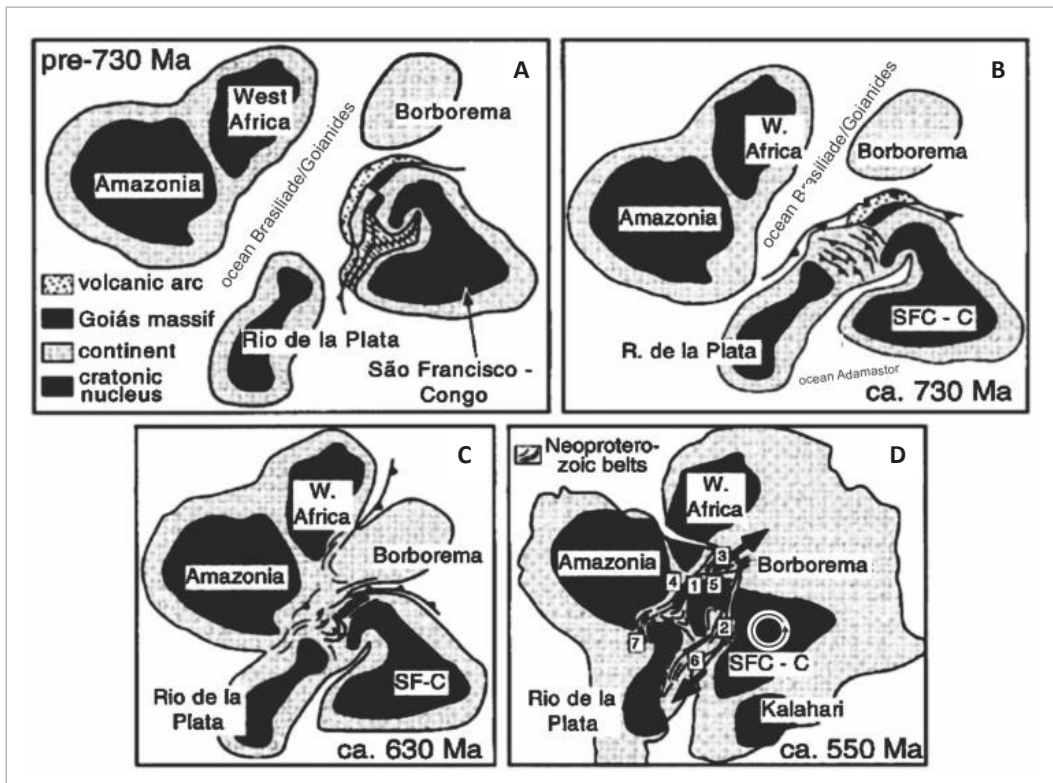


Figura 2.2 - Blocos continentais envolvidos na formação de Gondwana Ocidental (extraído e modificado de Alkmim *et al.* 2001).

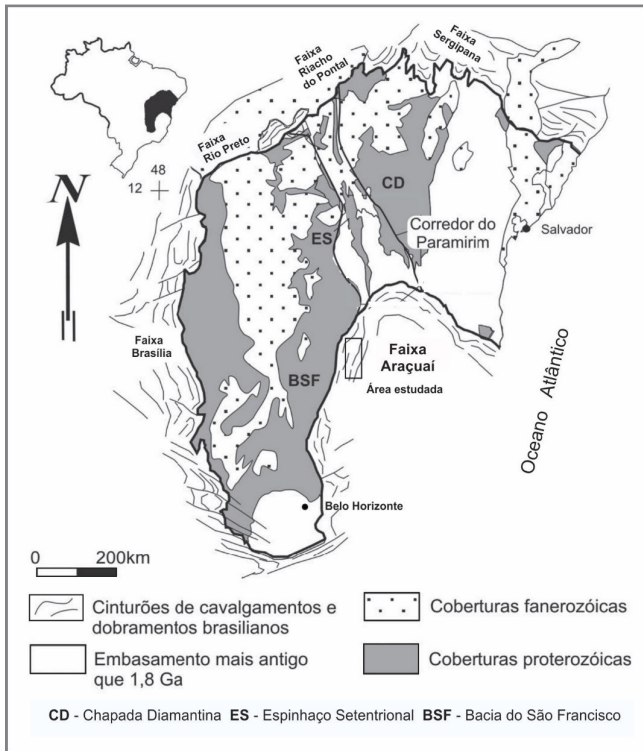


Figura 2.3 - Localização da área de estudo no contexto geotectônico regional (modificado de Cruz & Alkmim, 2006).

Pedrosa- Soares *et al.* (2008) indica que a fase rifte toniana é referente à inicialização da gênese da paleobacia Macaúbas; e neste contexto depositam-se as unidades pré-glaciais referentes ao Grupo Macaúbas (Formações Duas Barras e Rio Peixe Bravo). Posteriormente as unidades com contribuição glacial (Serra do Catuni, Nova Aurora e a parte inferior da Formação Chapada Acauã), são depositadas.

Neste trabalho admite-se que a fase rifte toniana é representada primeiramente pelos Grupos Santo Onofre e Sítio Novo. Portanto no âmbito deste projeto, a Formação Rio Peixe Bravo foi desmembrada do Grupo Macaúbas e inserida no Grupo Santo Onofre, diante da discordância estratigráfica e estrutural diagnosticada na interface entre as Formações Nova Aurora e Rio Peixe Bravo. Essa discordância estrutural e estratigráfica será reportada nos capítulos 3 (Litoestratigrafia) e 4 (Geologia Estrutural).

Esse rifte evolui para margem passiva e assoalho oceânico, caracterizadas pela unidade superior da Formação Chapada Acauã e Formação Ribeirão da Folha (Fig. 2.4). Essa última, além de conter seção vulcano-sedimentar oceânica, apresenta lascas de rochas metamáficas e metaultramáficas, e metaplagiogranitos, que indicam formação de litosfera oceânica, pelo menos na parte meridional da bacia (Pedrosa- Soares *et al.* 1992; 1998, 2001, 2008, 2010; Queiroga *et al.* 2006, 2007).

A formação de crosta oceânica restrita, caracterizada somente em parte da bacia, sugere um ambiente tipo

golfo, com forma semelhante a uma ferradura, permanecendo ligado ao norte pela ponte cratônica Bahia-Gabão (Pedrosa-Soares *et al.* 2007, 2008; Alkmim *et al.* 2006, 2007). A idade de 660 Ma para plagiogranitos no ofiolito Ribeirão da Folha, obtidas por Queiroga *et al.* (2007), balizam a época de geração de crosta oceânica na bacia precursora do Orógeno Araçuai (Fig. 2.4).

O arranjo estrutural atual da área é resultante de uma evolução tectônica que remonta a uma tafrogênese Estateriana, ao redor de 1,75 Ga (Dussin & Dussin 1995), seguida de outros eventos de mesma natureza ao longo do Mesoproterozoico e do Neoproterozoico, culminando com a inversão tectônica dessas bacias ocorrida ao final deste período, durante a Orogênese Brasiliana. Essa inversão tectônica é atribuída às colisões envolvendo a península São Francisco e a placa Paranapanema e/ou Rio de La Plata por volta de 630 Ma (Alkmim *et al.* 2007). Alkmim *et al.* (2006) sugerem que essa colisão seja resultado de uma movimentação semelhantemente ao funcionamento de um quebra-nozes com dissipação de tensões e acomodação de deformações através de riftes no interior das zonas cratônicas.

2.3. ESTRATIGRAFIA REGIONAL

A estratigrafia regional é caracterizada por um embasamento paleoproterozoico representado pelo Metagranitoide Córrego Tinguí, por sedimentos clásticos mesoproterozoicos referentes ao Supergrupo Espinhaço Indiviso, e por sedimentos neoproterozoicos relacionados aos Grupos Santo Onofre, Sítio Novo e Macaúbas (Fig. 2.5). Neste trabalho o Grupo Santo Onofre é representado pelas Formações Serra da Garapa, Rio Peixe Bravo e João Dias. O Grupo Sítio Novo é caracterizado pela Formação Viramundo e o Grupo Macaúbas é representado exclusivamente pela Formação Nova Aurora.

2.3.1. Embasamento Arqueano/Paleoproterozoico - Metagranitoide Córrego Tinguí

De acordo com Noce *et al.* (2007) o embasamento do orógeno evoluiu a partir da aglutinação de blocos crustais arqueanos durante um processo orogênico paleoproterozoico que estendeu-se aproximadamente, entre 2,2 e 2,0 Ga. O embasamento do Orógeno Araçuai-Congo Ocidental, compreende essencialmente os complexos Guanhões, Gouveia, Porteirinha, Mantiqueira e Juiz de Fora (Fig. 2.6). Os quatro primeiros possuem caráter autóctone a para-autóctone e representam o embasamento cratônico retrabalhado na fase e no domínio orogênico (Noce *et al.* 2007). Os complexos Guanhões, Gouveia e Porteirinha são caracterizados predominantemente por gnaisses e migmatitos de assinatura TTG (Noce *et al.* 2007).

A área em estudo está localizada a leste do complexo Porteirinha (Fig. 2.6), caracterizada por gnaisses bandados com composição predominantemente granodiorítica, localmente migmatizados, com intercalações concordantes de anfibolitos e de rochas metaultramáficas (serpentinito, clorita xisto e actinolita xisto). Os gnaisses bandados/migmatíticos são injetados por plútons de composição granodiorítica, granítica e sienítica, estes últimos exibindo texturas magmáticas bem preservadas. Ocorre também sequência meta-vulcano-sedimentar constituída por xistos aluminosos,

xistos quartzo feldspáticos, anfibolitos e metaultramáficas (Roque et al. 1993).

No âmbito deste projeto, o embasamento é representado pela unidade Metagranitóide Córrego Tinguí (Fig. 2.5), que recebeu designação informal de “Associação de Metatexitos” por Drumond et al. (1980). Estes autores, no contexto do Projeto Porteirinha - Monte Azul/CPRM caracterizaram esta unidade composta predominantemente por migmatitos heterogêneos com estrutura bandada, com bandas anfibolíticas, granito-gnáissicas e pegmatóides.

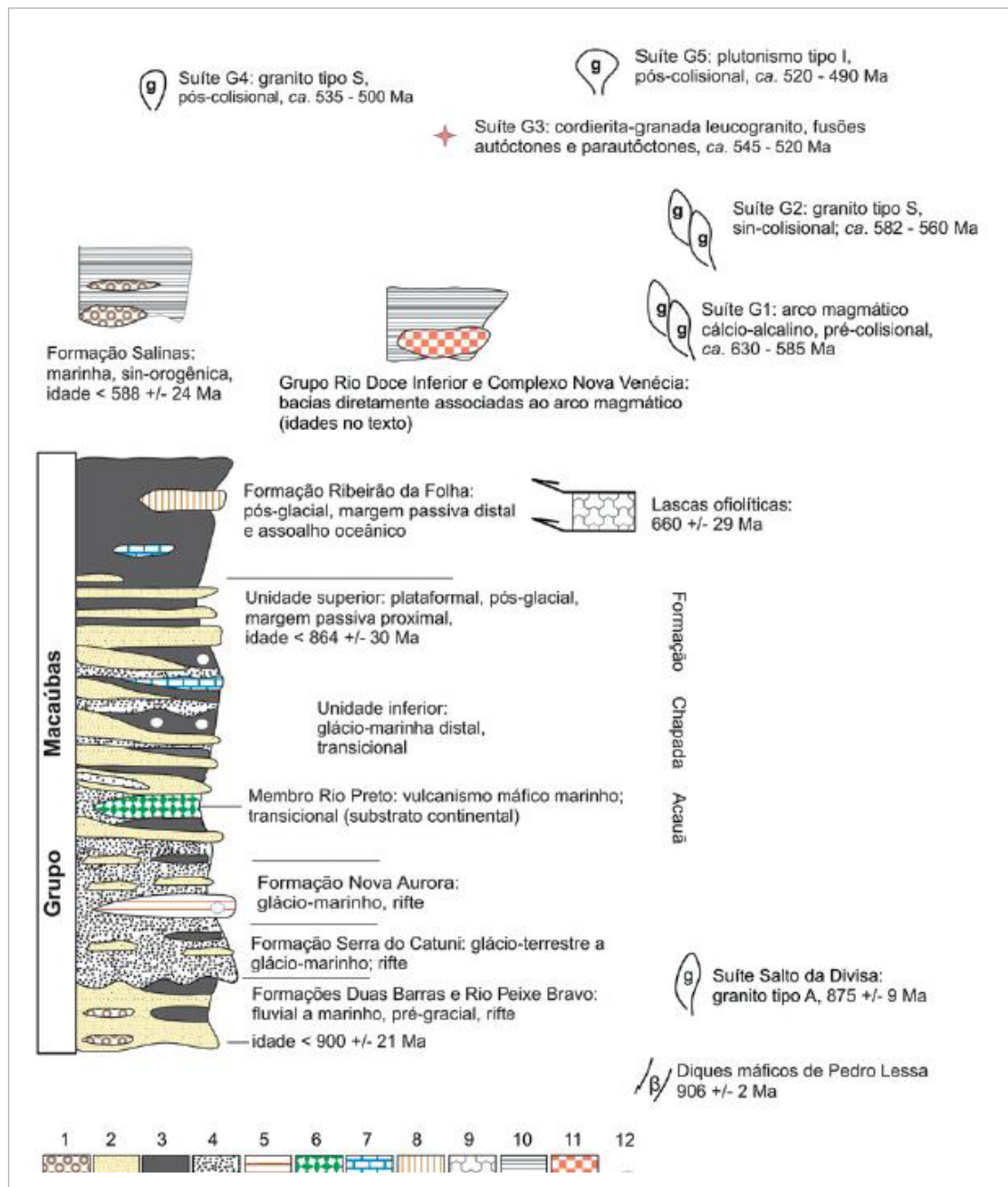


Figura 2.4 - Coluna estratigráfica esquemática do Orógeno Araçuá. 1, conglomerados; 2, arenitos; 3, pelitos; 4, diamictitos; 5, formação ferrífera diamictítica; 6, basalto transicional; 7, calcário dolomítico; 8, sedimentos exalativos (chert sulfetado, sulfeto maciço, formações ferríferas e outros); 9, rochas máficas (com veios de plagiogranito) e ultramáficas oceânicas; 10, wackes e pelitos; 11, rochas piroclásticas e vulcanoclásticas dacíticas; 12, seixos e blocos pingados (modificada de Pedrosa-Soares et al. 2008).

Drumond et al. (1980) também descrevem estruturas ptigmáticas dobradas subordinadas, onde localmente seriam reconhecidos também leucognaisses com biotita. Estes autores, caracterizam esta unidade composta por rochas graníticas de caráter equigranular e apenas localmente com pórfiros de feldspato potássico.

Knauer et al (2007) definem para rochas gnáissicas e migmatíticas, nebulíticas ou com “schlieren”, além de pequenos corpos anfibolíticos associados a esta sequência gnáissica/migmatítica como Complexo Córrego Tingui. Neste sentido descrevem rochas escuras, compostas por anfibólios (hornblenda e actinolita/tremolita), plagioclásio, biotita, clorita e sericita/moscovita inseridas neste complexo.

Estes autores indicam que a atuação dos processos de milonitização é caracterizada pela progressiva diminuição na granulação das rochas originalmente gnáissicas e/ou migmatíticas e pelo concomitante desenvolvimento de foliação. A continuidade do processo é marcada pelo total desaparecimento do plagioclásio e pela tendência à lenticularização dos agregados quartzosos e dos cristais de K-feldspato.

O Metagranitoide Córrego Tingui é constituído por metatonalitos a granitos biotíticos, por vezes porfíricos

e a duas micas, foliados a milonitizados, exibindo caráter leucocrático. Subordinadamente ocorrem leucogranitóides a duas micas, intrusivos, na forma de diques ou vênulas, com granulação grossa a pegmatóide.

2.3.2. Sequência Mesoproterozoica - Supergrupo Espinhaço Indiviso

O Supergrupo Espinhaço foi inicialmente definido por Draper (1920) para caracterizar as coberturas mais antigas do Cráton São Francisco. De acordo com Brito Neves et al. (1979) compreende o registro deposicional de amplitude continental que é iniciado por uma tafrogênese continental de idade estateriana (sistema de riftes Espinhaço) e termina com um processo orogenético, denominado pelos autores de orogenia greenviliana. Segundo Vail *et al.* (1991) este registro deposicional é normalmente limitado por discordâncias de origem tectônica e compreende um megapacote de rochas metavulcanossedimentares, subdividido em três sequências de 1ª ordem separadas por discordâncias de abrangências regionais no intervalo entre 1750 e 1000 Ma.

De acordo com Dussin & Dussin (1995) e Schobbehaus (1996) o Supergrupo Espinhaço representa um

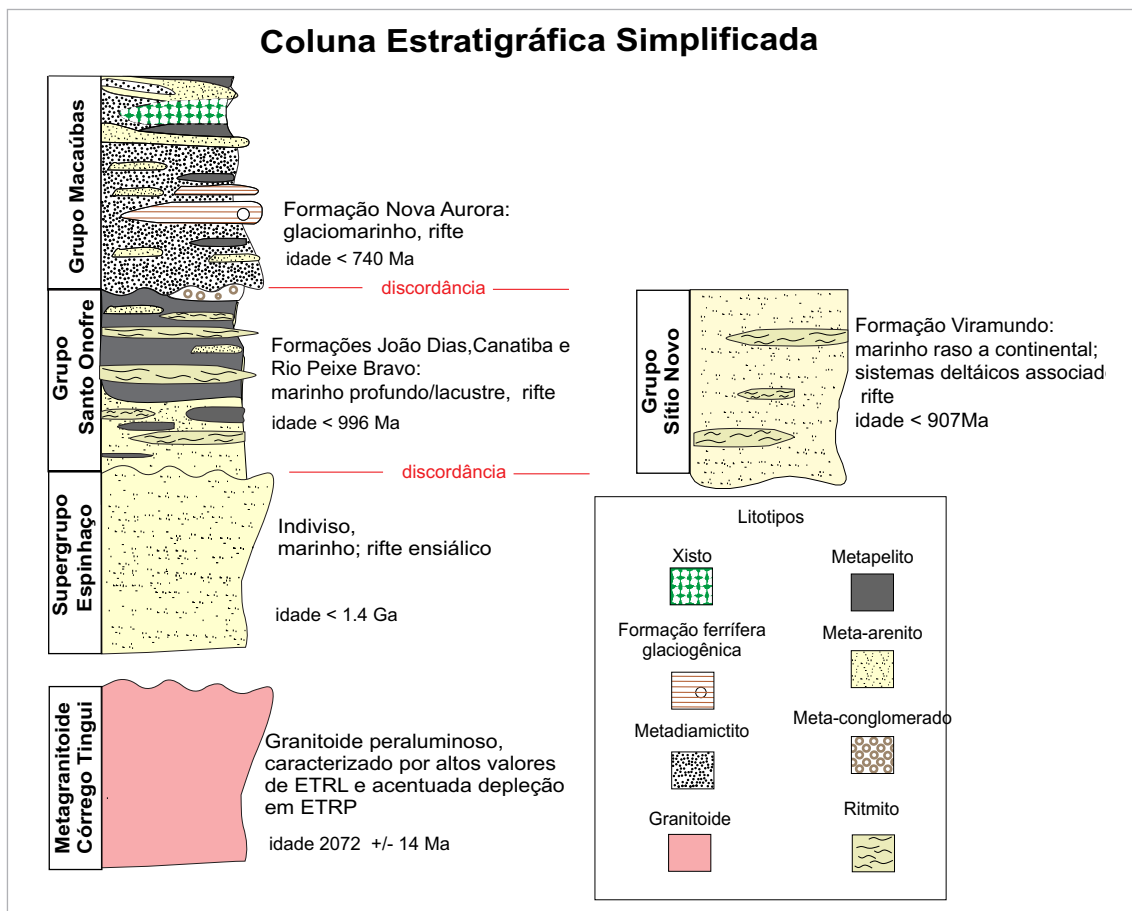


Figura 2.5 - Coluna estratigráfica simplificada para a área do Projeto Rio Pardo de Minas, adaptada e modificada de Pedrosa-Soares *et al* (2007).

pacote sedimentar com deposição iniciada no primeiro evento de rifteamento que afetou a paleoplaca São Francisco-Congo no estateriano, por volta de 1,75Ga. No contexto do orógeno Araçuaí-Congo Ocidental se expressa na forma de uma extensa cordilheira de orientação N-S, se iniciando desde setor meridional da borda/limite craton-faixa Ribeira, até a região norte do estado da Bahia, no âmbito do aulacógeno Paramirim/Espinhaço (Danderfer et al. 2014).

Martins-Neto (1998) propõe uma evolução tectono-sedimentar do Espinhaço Meridional caracterizada em uma bacia do tipo rifte-sag, desenvolvida exclusivamente em contexto intracratônico (sem o desenvolvimento de centros de espalhamento oceânico), com um período de rifteamento estateriano inicial e um subsequente período

flexural. Entretanto na compartimentação setentrional, a evolução tectono-sedimentar é caracterizada por três fases riftes (1,73, 1,57 e 0,85 Ga) que atingiram a paleoplaca São Francisco – Congo desde o paleoproterozóico ao toniano (Danderfer et al. 2009).

No âmbito deste projeto o Supergrupo Espinhaço Indiviso é representado por uma estreita faixa alongada de direção N-S, sendo sobreposta, por discordância angular, por sedimentos relacionados ao Grupo Santo Onofre (Fig. 2.5). É constituído por meta-arenitos e sericita-quartzo xistos, apresentando laminação plano-paralela, estratos cruzados de pequeno porte e marcas de onda. Essa unidade é caracterizada no projeto como Supergrupo Espinhaço Indiviso, tendo em vista a pouca representatividade no âmbito da área foco do projeto.

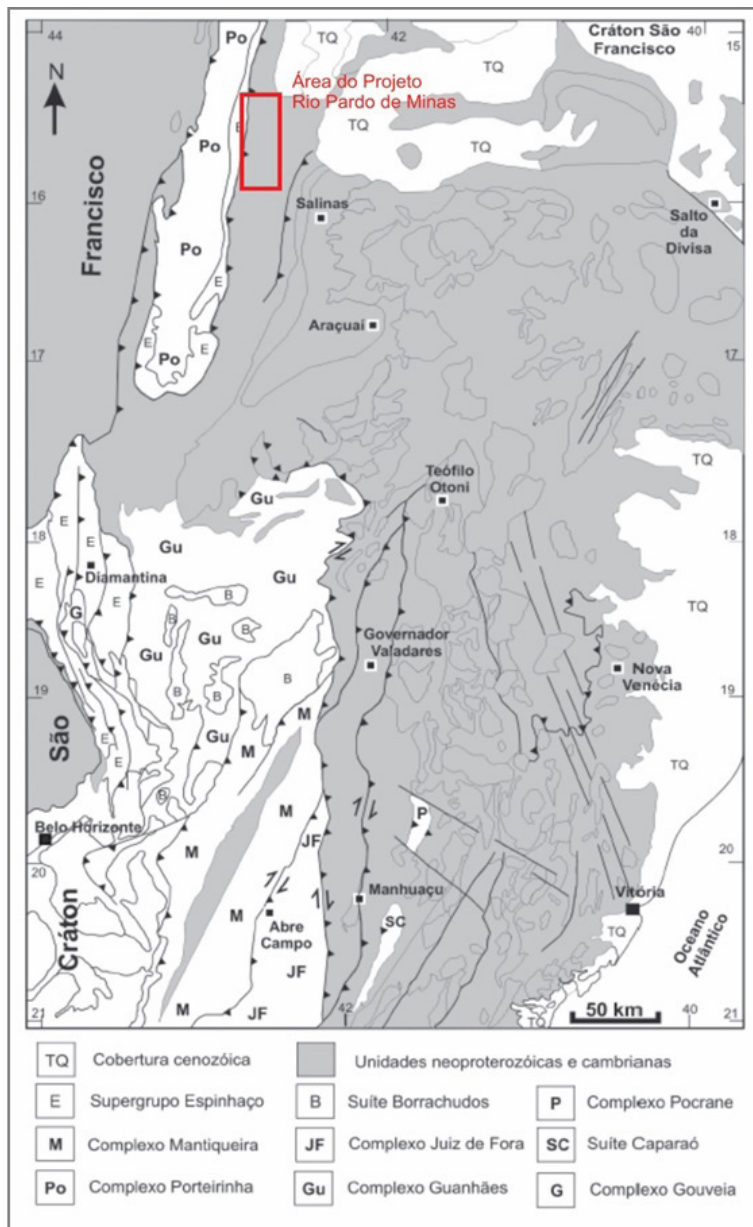


Figura 2.6 - Mapa Geológico Regional do Orógeno Araçuaí com destaque para as unidades do embasamento (modificado de Pedrosa-Soares et al. 2001).

2.3.3. Sequências Neoproterozoicas - Grupos Sítio Novo, Santo Onofre e Macaúbas

Grupo Sítio Novo

Kaul (1970) inicialmente utilizou o termo Sítio Novo para se referir aos arenitos que ocorrem a oeste dos depósitos da Formação Serra da Vereda, e posteriormente Schobbenhaus (1972) usou o termo para designar um membro quartzítico da Formação Santo Onofre. O Membro Sítio Novo foi alçado às categorias de formação por Inda & Barbosa (1978) e de grupo por Danderfer Filho (2000), que o subdivide nas formações Serra da Vereda englobando a parte superior da Formação Fazendinha, Viramundo e Garapa. Danderfer & Dardenne (2002) interpretaram, as assinaturas sedimentares dos sistemas Pajeú e Sítio Novo como compatíveis com o desenvolvimento de bacias do tipo rifte.

De acordo com Guimarães (2008) os depósitos do Grupo Sítio Novo estão limitados na sua parte inferior com as unidades dos grupos São Marcos e Oliveira dos Brejinhos e na parte superior com litofácies do Grupo Santo Onofre, através de duas importantes superfícies de discordância erosivas regionais. Danderfer Filho (2000) reconhece na interface dos grupos Sítio Novo e Santo Onofre, relações de contato bruscas e quebras significativas localizadas, na sedimentação desses pacotes.

No âmbito do projeto o Grupo Sítio Novo é representado pela Formação Viramundo, caracterizada por meta-arenitos laminados, metarritmitos siltoarenosos e por quartzitos puros localmente sericíticos. É representado na região por uma sequência metassedimentar discriminada e mapeada por Fernandes et al. (1982), sendo caracterizado por quartzitos puros, quartzitos feldspáticos ou sericíticos, entre os quais se intercalam filitos cinza em camadas delgadas e descontínuas.

Grupo Santo Onofre

O termo Santo Onofre foi usado originalmente por Kaul (1970) e logo após por Schobbenhaus (1972) com a hierarquia de formação. Posteriormente é caracterizado como Grupo por Schobbenhaus (1993) para englobar o pacote de rochas metassedimentares psamíticas, pelíticas e psefíticas no centro-sul do estado da Bahia.

Schobbenhaus (1993) sugere para o Grupo idade neoproterozoica, enquanto Guimarães (2008) e Loureiro et al. (2008) consideram como depositadas no final do Mesoproterozoico, no Esteniano. Já Danderfer & Dardenne (2002) caracterizam o Grupo Sítio Novo como um sistema com assinatura de bacia tipo rifte gerada em tectônica transcorrente (*strike-slip*).

Danderfer (2000) caracteriza o Grupo Santo Onofre em três formações com características sedimentares

distintas e denominadas da base para o topo de Canatiba, Boqueirão e João Dias. De acordo com o autor, estas unidades são essencialmente siliciclásticas, com predomínio de pelitos na primeira, sedimentos pelítico-psamíticos na Formação Boqueirão e ruditos na Formação João Dias. Além disso, ressalta que a forte interdigitação dessas unidades evidencia uma relação estratigráfica complexa e marcada por grande variação lateral e vertical de fácies, sugere ainda nomenclatura distinta, indicando para os pelitos Canatiba nome de Formação Serra da Garapa.

Torres et al (2014) indica que a sedimentação do Grupo Santo Onofre contempla sistemas deposicionais marinho-rasos e de talude fortemente inclinado com geometria fortemente assimétrica, em cunha, que afina a partir da borda oeste da bacia na direção a leste e apresenta as suas maiores espessuras no setor oeste, da ordem de 5.000 metros, enquanto as menores espessuras ocorrem para norte (1.530 metros segundo Loureiro et al., 2008), leste e sul.

No âmbito deste trabalho o Grupo Santo Onofre é representado pelas Formações João Dias (brechas e conglomerados polimíticos), Serra da Garapa (metapelitos e metarritmitos carbonosos) e Rio Peixe Bravo (metarritmitos finos laminados, a metarritmitos arenosos e meta-arenitos impuros). Essa unidade é sobreposta por sedimentos glaciogênicos da Formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas), na forma de uma discordância estratigráfica caracterizada por mudança brusca no ambiente deposicional (Fig. 2.5).

Grupo Macaúbas

O Grupo Macaúbas é a unidade litoestratigráfica mais expressiva do orógeno Araçuaí-Congo Ocidental, e está associado à gênese de um rifte continental evoluindo para margem passiva (Queiroga et al. 2007). Os primeiros trabalhos relacionados ao Grupo Macaúbas foram efetuados por Moraes (1929, 1932 e 1937), onde caracterizam rochas aflorantes na região da bacia hidrográfica do Rio Macaúbas, região setentrional de Minas Gerais. O autor define então para essas rochas a denominação de Formação Macaúbas, e nestes trabalhos são caracterizados filonitos conglomeráticos, filitos, micacaxistos, quartzitos e raras intercalações de calcário.

Posteriormente diversos autores caracterizam em conglomerados polimíticos um vasto conjunto de indícios, como pavimentos estriados, seixos facetados e estriados, varvitos, seixos pingados que possibilitaram demonstrar a origem glaciogênica para essas rochas (Pflug & Scholl, 1973; Karfunkel & Karfunkel, 1975 e 1976). Coube a Scholl (1972) elevar de formação para a Grupo Macaúbas, enquanto Padilha (1976) sugere que o Grupo Salinas deve representar uma porção mais

metamórfica do Grupo Macaúbas, colocada em contato tectônico, por falha inversa, com as rochas de mais baixo grau metamórfico.

Schobbenhaus (1972) e Viveiros et al. (1978) em mapeamentos na região do Rio Vacaria, Porteirinha e Rio Pardo de Minas caracterizam diversos depósitos de ferro associados aos diamictitos da Formação Nova Aurora. Porém coube a Vilela (2010) efetuar estudos mais profundos no âmbito dos metadiamictitos Nova Aurora. Pedrosa-Soares et al. (1984) indica as paragêneses metamórficas relacionadas à xistosidade principal das litologias pelíticas e paraconglomeráticas do Grupo Macaúbas, que ocorrem na Faixa Araçuaí desde a norte de Diamantina até Rio Pardo de Minas, e as

situam nas zonas da clorita e da biotita do metamorfismo regional de tipo barrowiano.

Vilela (2010) caracteriza os depósitos de ferro como constituídos por metadiamictitos com hematita e/ou magnetita como componentes da matriz. Essas rochas foram depositadas em bacia tipo rifte continental durante um evento glacial. Ainda de acordo com Vilela (2010), os depósitos, assim como todo o Grupo Macaúbas, foram deformados e metamorfisados na Orogenia Araçuaí, no Brasileiro. Neste trabalho o Grupo Macaúbas é representado pela Formação Nova Aurora (Fig. 2.5), caracterizada predominantemente por metadiamictitos polimíticos, metadiamictitos ferruginosos (formação ferrífera glaciogênica), meta-arenitos impuros e metapelitos.

3. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

3.1. METAGRANITOIDE CÓRREGO TINGUI - PP2γgt

O metagranitoide Córrego Tingui (PP2γgt), no âmbito do projeto, ocorre restrito a porção oriental da folha Santo Antônio do Retiro e abrange cerca de 15% da área mapeada. Esta unidade define uma janela estrutural elíptica, com eixo norte sul, circunscrita pelos metapsamitos do Grupo Sítio Novo (Fig. 3.1), e ocorre em depressões e planícies aplainadas sobrepostas por coberturas detrito-lateríticas bem desenvolvidas.

Seus domínios ao norte se estendem além dos limites da folha, e ao sul, limitam-se aos divisores de água do rio do Cedro, nas regiões de Lagoa Escura, Riachão e Cana Brava; porção meridional do município Santo Antônio do Retiro. A leste e nordeste possui limites curvados ao longo dos divisores de água dos afluentes do Rio Pardo, na região de Riacho da Areia, com sua abrangência oriental expandida à folha Vargem Grande, ao longo do lineamento formado pelo córrego São Modesto, próximo aos limites entre os municípios de Santo Antônio do Retiro e Montezuma.

Na sua porção centro-setentrional, as drenagens desenvolvidas sobre seu domínio definem padrões subparalelizadas, a partir de suas cabeceiras a leste, tendo o Rio Pardo como o exutório comum destes canais. Em sua porção meridional os padrões são radiais centrífugos, sendo o Rio do Cedro o exutório de seus canais ocidentais e o Rio Pardo o dos orientais. Seus limites são facilmente distinguíveis em imagens de satélite/radar com os das unidades siliciclásticas do Grupo Sítio Novo (NP2sn).

Sua área de ocorrência é bem delineada, a partir das informações obtidas por aerolevantamentos geofísicos. Seus baixos valores relativos nos canais magnetométricos (sinal analítico e derivada vertical) e canal K, em gamespectométricos, assim como seus intermediários valores nos canais eTh e também na Contagem Total, o distinguem das siliciclásticas adjacentes.

Esta unidade compreende granitos, granodioritos e subordinados tonalitos, de composição quartzo-feldspática a duas micas e caráter leucocrático. Possuem textura maciça, foliada, milonítica e bandada. Suas variedades isotrópicas são granulares finas, por vezes com pórfiros de plagioclásio, (Fig. 3.2;A-C). As foliadas apresentam uma foliação incipiente a disjuntiva, com biotita fina lepidoblástica nos domínios de foliação. Quando deformados

formam protomilonitos a ultramilonitos, com foliação contínua anastomosada, estruturas sigmoidais assimétricas e sombras de pressão. São frequentes na borda oeste do corpo, junto a zonas de cisalhamento.

Alguns corpos gnáissicos e migmatíticos, ptigmáticos e estromatíticos, com anfibólio, ocorrem em meio a corpos isotrópicos a foliados, e sugerem xenólitos ou porções remanescentes do embasamento.

Na porção oeste das margens leste do Rio Pardo, predominam variedades bandadas, tanto por deformação e injeção, quanto por anatexia. Apresentam leucossoma de composição quartzo-feldspática com mica branca e melanossoma composta por biotita e anfibólio. Neste sentido estruturas estromatítica, flebítica, agmatítica, ptigmática e dobrada (Fig. 3.2;D-F) são observadas.

De modo geral, o metagranitoide córrego Tingui apresenta um caráter leucocrático ($2,5 < IC < 15$) e composição quartzo-feldspática, com biotita e moscovita primária. São inequigranulares médios a grossos (Fig. 3.3A), com grãos xeno a subidiomórficos alcançando até 5mm, podendo conter pórfiros centimétricos de feldspato alcalino. Nas variedades foliadas e miloníticas são granolepidoblásticos, com biotita estirada compondo os domínios de foliação, estruturas sigmoidais assimétricas, pórfiro com manto de recristalização, subgrãos e recristalização de borda.

O quartzo varia de 25-40% do conteúdo modal. É inequigranular fino de arranjo granular em mosaico, com contatos interlobados a retilíneos, subgrãos, novos grãos e extinção ondulante. Nas variedades milonitizadas está contornado por biotita, estirados e recristalizados ao longo da foliação principal. Ocorre incluso em K-feldspato e plagioclásio.

Os cristais de plagioclásio compõem de 10 a 52% da rocha, por vezes apresentado textura anti-rapakivi (Fig. 3.3B). São grãos xenomórficos inequigranulares finos a médios, com ou sem maclas (carlsbad e polissintética), em muitas seções deformadas e descontínuas, com subgranulação, novos grãos, extinção ondulante, pertita e mimerquita. Apresenta moderada a avançada sericitização, com sobre crescimento de sericita ao longo de fraturas e clivagens.

Os grãos de feldspato potássico, dentre microclina e ortoclásio, são xeno a subidiomórficos, inequigranulares finos a grossos, por vezes porfiríticos de até 9 mm. Apresentam contatos interlobados, zoneamento composicional e maclas (tartan; microclina); podendo

estar difusas e descontínuas. Exibem subgranulação, extinção ondulante, e intensa recristalização e migração de borda; em muitos casos, desenvolvendo poiquiloblastos envolvendo grãos de quartzo, plagioclásio

e biotita. Seu conteúdo varia de 5 a 32%, com a abundância de microclina entre 10 e 25% em algumas amostras. Também apresenta moscovita branca xenomórfica primária (Fig. 3.3C-D)

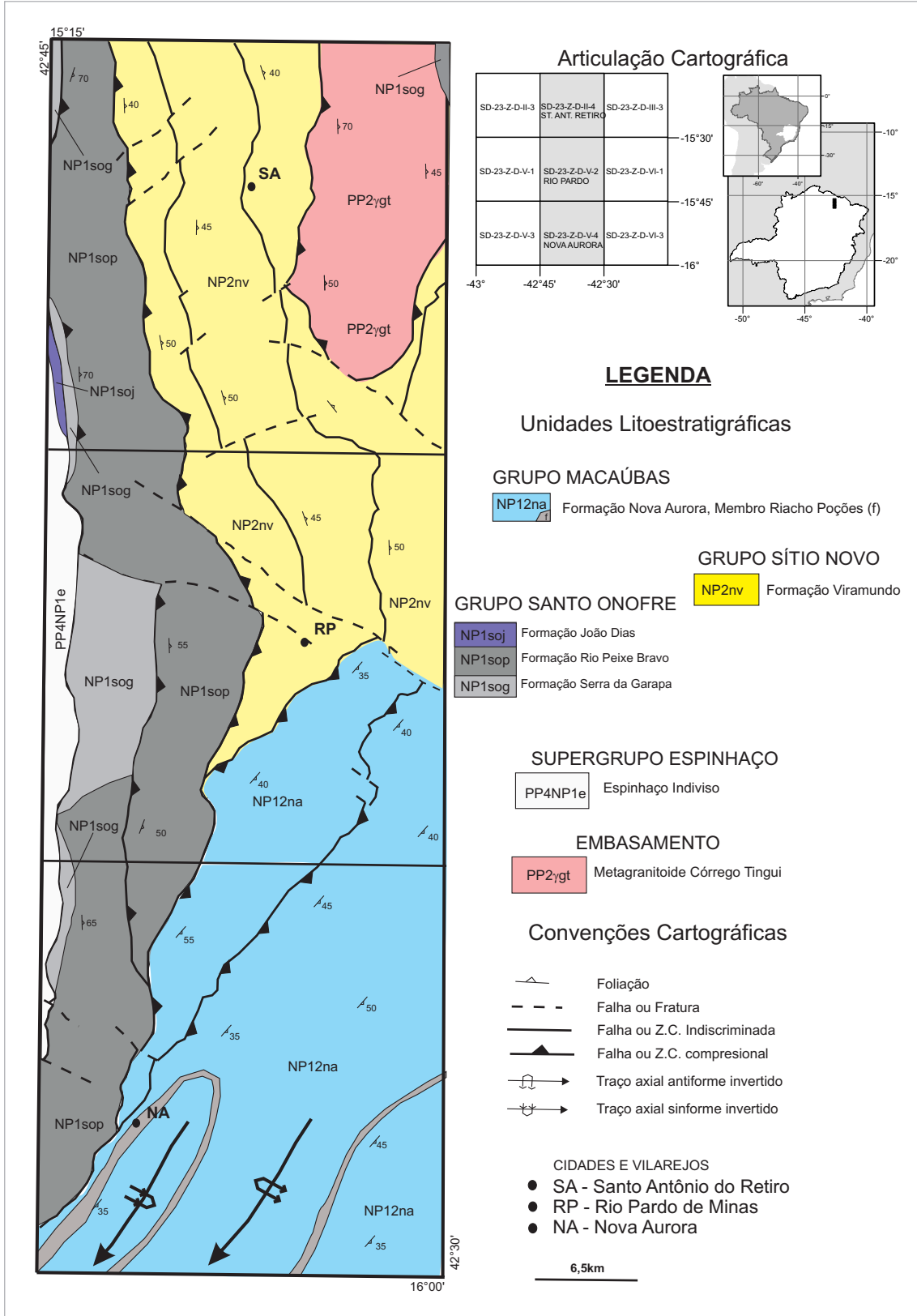


Figura 3.1 - Mapa geológico simplificado da área do projeto Rio Pardo de Minas.

A biotita compõe entre 2 e 12% da abundância mineral do granitóide. Ocorre em lamelas lepidoblásticas finas a médias, fortemente pleocróicas em matizes de marrom acastanhado (Ti-biotita). Nas variedades foliadas e miloníticas definem a foliação da rocha, em padrões anastomosados e sigmoidais.

Mica branca primária ocorre de modo similar, porém, em menor abundância, variando desde conteúdos traços a até 8% da composição da rocha. Seus grãos são lamelares inequigranulares finos a médios, comumente associados com biotita. Titanita, zircão, apatita, allanita e minerais opacos ocorrem subordinados e em conteúdos acessórios, com sericita, carbonato e epidoto em conteúdos traços a menores, compondo as fases secundárias de alteração.

Para o estudo litogeoquímico, foram selecionadas cinco amostras de exposições isotrópicas ou pouco foliadas e uma da fácies pegmatóide (Unidade PP2ygtl), todas com baixa abundância de minerais secundários, pouco alteradas e tidas como as mais representativas. Elas foram enviadas ao laboratório GEOSOL e submetidas

à digestão ácida com os elementos maiores dosados através de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (XRF) e com os menores e traços por ICP-MS. O resultado analítico e a assembleia mineral normativa (CIPW) são apresentados na Tabela 3.1.

Os resultados obtidos posicionaram as amostras em campos graníticos, e subordinados granodioríticos, nos diagramas An-Ab-Or de O'Connor (1965) e R1-R2 de La Roche *et al.* (1980), corroborando com as informações petrográficas (Fig. 3.4; A-B). Seus valores de SiO_2 variam entre 69,9 – 74,1%, de Al_2O_3 , 14,2 – 15,0%, e de Fe_2O_3 , entre 2,05 – 4,30 %. Os teores de K_2O e CaO posicionaram-se entre 2,91 a 5,37% e 0,46 a 2,07%, respectivamente, com o de Na_2O não excedendo 3,78%.

O índice de saturação em alumínio (ANK/ACNK) é superior a 1,1 para todas as amostras, incidindo na categoria dos peraluminosos segundo critérios de Shand (1943) e Frost *et al.* (2001) (Fig. 3.4; C-D). O corídon normativo com teores entre 1,7%, e 4,0%, reforça esse caráter (Tabela 3.2).

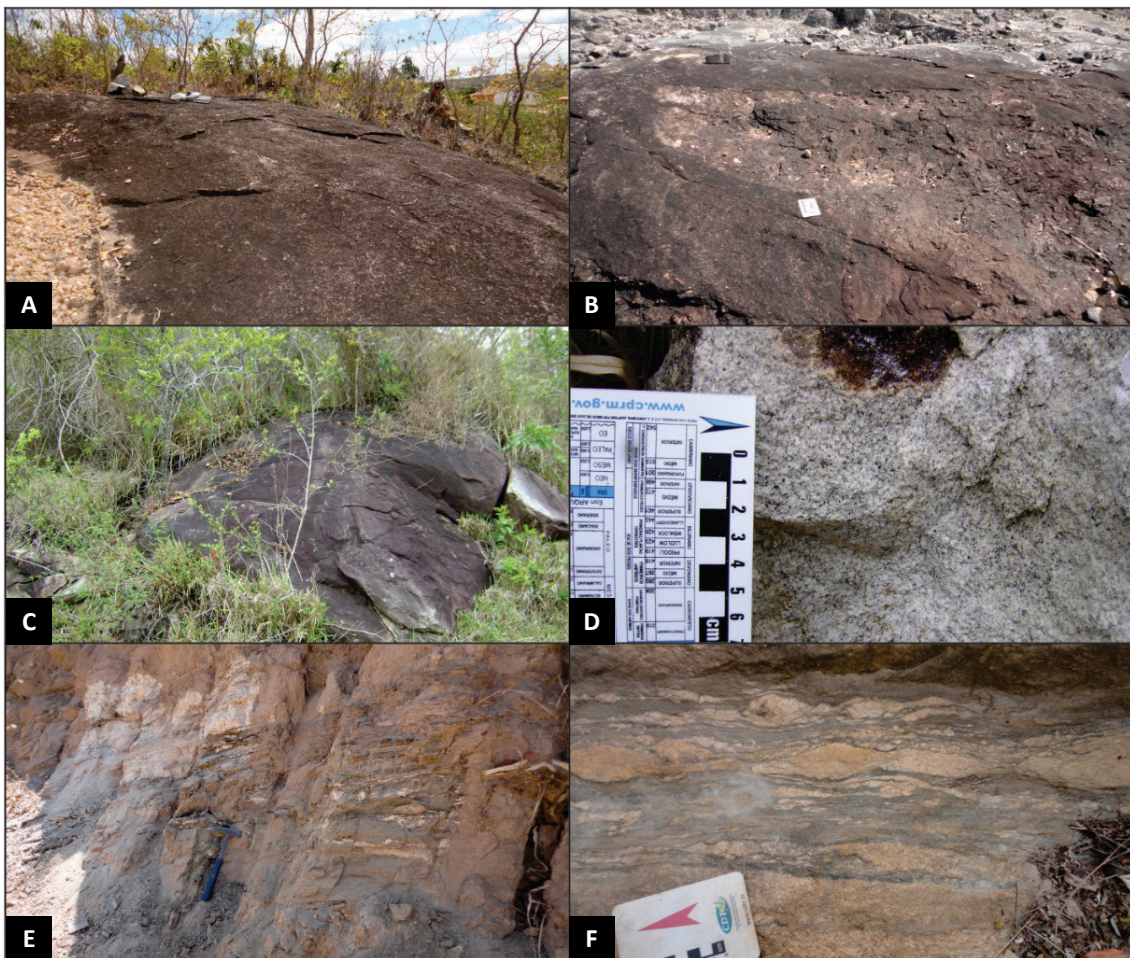


Figura 3.2 - A) Exposição do metagranitoide Tingui em “lajedo”; B) Face de “lajedo” do granitoide Tingui com porção pegmatítica irregular; C) Exposição do granitoide Tingui em “lajedo” de meia encosta; D) Detalhe de amostra isotrópica fina do ponto da imagem anterior; E) Gnaiss migmatítico com leucossoma granítico e estruturas estromatítica e feldbítica e F) Estruturas miloníticas sigmoidais assimétricas em gnaiss migmatítico estromatítico.

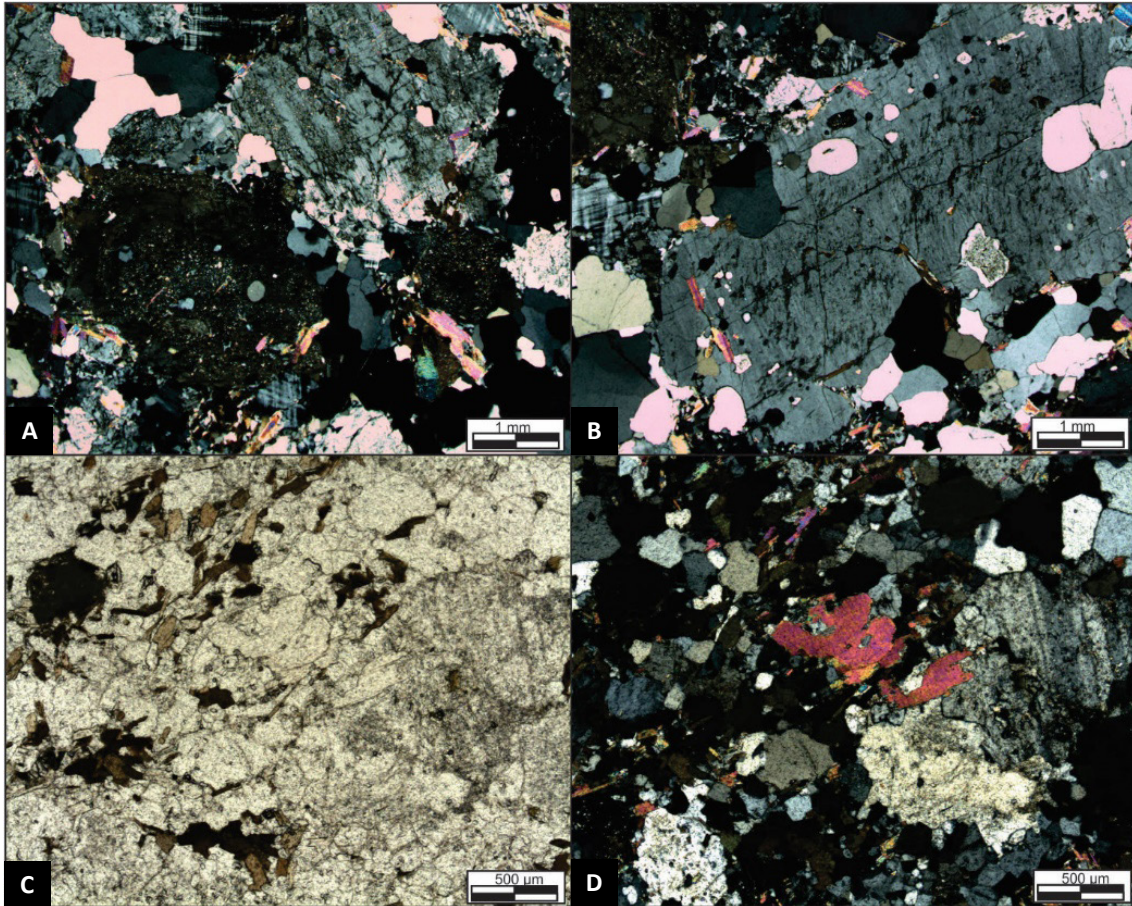


Figura 3.3 - A) Textura granular grossa com plagioclásio zonado (XPL); B) Porfiroclasto de plagioclásio com bordas de feldspato alcalino sobrecrecida (XPL); C) moscovita branca xenomórfica primária em variedade foliada (PPL); e, D) mesmo campo anterior sob XPL.

Tabela 3.1 - Análises químicas de amostras do granitóide Tingui.

	TC-085 (FÁCIES PEGMATÓIDE)	PP-140	TC-176	TC-145	TC-135	PP-124
SiO ₂	74.10	72.20	69.90	73.40	71.70	71.10
TiO ₂	0.14	0.34	0.54	0.18	0.42	0.47
Al ₂ O ₃	14.70	14.90	15.00	14.50	14.30	14.20
Fe ₂ O ₃ t	2.05	3.30	4.30	1.98	3.50	3.22
MnO	0.02	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03
MgO	0.47	0.67	1.00	0.41	0.99	0.47
CaO	0.46	2.07	2.04	1.16	0.75	1.19
Na ₂ O	2.56	3.47	3.53	3.78	3.65	3.35
K ₂ O	5.37	3.23	2.91	3.95	3.72	4.79
P ₂ O ₅	0.09	0.10	0.11	0.08	0.09	0.12
BaO	0.04	0.07	0.12	0.08	0.20	0.18
P.F	1.00	0.41	0.53	0.31	0.64	0.79
TOTAL:	101.00	100.79	100.03	99.85	99.99	99.91
Rb	49.10	65.10	104.60	50.90	90.60	84.90
Sr	3.10	5.80	8.70	5.60	5.00	19.60
Ba	37.00	102.00	230.00	47.00	146.00	202.00
K	0.29	0.57	0.91	0.33	0.72	0.52

Tabela 3.1 - Análises químicas de amostras do granitóide Tingui. (Continuação)

	TC-085 (FÁCIES PEGMATÓIDE)	PP-140	TC-176	TC-145	TC-135	PP-124
Cs	2.31	4.28	2.82	2.48	1.49	2.38
Pb	7.70	1.80	3.10	4.50	4.70	6.80
Y	4.71	3.58	4.2	3.17	5.18	15.6
Ti	0.04	0.12	0.21	0.08	0.19	0.12
Zr	7.00	5.00	9.00	7.50	8.20	12.50
Hf	a.l	a.l	a.l	a.l	a.l	a.l
Nb	1.71	1.00	0.77	1.47	2.50	3.16
Ta	a.l	a.l	a.l	a.l	a.l	a.l
Th	10.00	7.30	16.50	9.10	30.80	29.50
U	10.59	0.58	0.68	3.58	1.13	4.31
Ni	3.00	4.90	9.80	3.20	3.80	5.70
Co	2.20	4.90	6.60	2.10	4.40	5.50
V	2.00	17.00	30.00	6.00	16.00	16.00
Cu	4.1	10.6	10	2.6	12.2	4.5
Cr	5	8	21	7	8	6
Sc	0.80	3.80	4.90	1.60	1.20	1.70
Mn	149	314	389	185	246	220
La	36.80	28.10	50.70	26.80	146.40	98.30
Ce	45.30	32.30	122.70	45.80	227.50	171.10
Pr	5.76	4.23	9.28	5.07	25.29	17.63
Nd	20.20	15.00	32.00	17.40	79.20	59.00
Sm	4.60	2.70	4.90	3.40	9.50	8.60
Eu	0.54	0.71	1.18	0.54	1.59	1.51
Ga	23.70	18.50	23.40	22.30	24.30	22.00
Tb	0.51	0.28	0.37	0.32	0.70	0.85
Dy	2.12	1.30	1.45	1.37	2.15	3.57
Ho	0.29	0.21	0.22	0.22	0.34	0.63
Er	0.55	0.56	0.50	0.54	0.83	1.71
Tm	0.06	0.08	0.05	0.07	0.10	0.21
Yb	0.40	0.40	0.40	0.40	0.70	1.40
Lu	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.21

P.F = Perda ao fogo; a.l. = Abaixo do limite de detecção;

Tabela 3.2 - Análise normativa CIPW de amostras do granitóide Tingui.

	TC-085* FÁCIES PEGMATÓIDE	PP-140	TC-176	TC-145	TC-135	PP-124
Q	35,03	32,12	30,48	31,34	31,26	28,68
C	4,47	2,35	2,26	2,25	3,33	1,69
Or	32,33	19,44	17,89	23,81	22,80	29,33
Ab	23,37	31,53	32,58	34,42	33,45	30,82
An	1,72	9,73	9,67	5,31	3,20	5,25
Hy	1,32	2,20	3,92	1,15	3,12	1,33
Mt	0,62	1,95	2,19	0,30	2,05	1,73
Il	0,20	0,48	0,77	0,25	0,60	0,67

Tabela 3.2 - Análise normativa CIPW de amostras do granitóide Tingui. (Continuação)

	TC-085* FÁCIAS PEGMATÓIDE	PP-140	TC-176	TC-145	TC-135	PP-124
Hem	0,75	0,00	0,00	0,99	0,00	0,25
Ap	0,19	0,21	0,24	0,17	0,19	0,26
Total	100,00	100,01	100,00	99,99	100,00	100,01

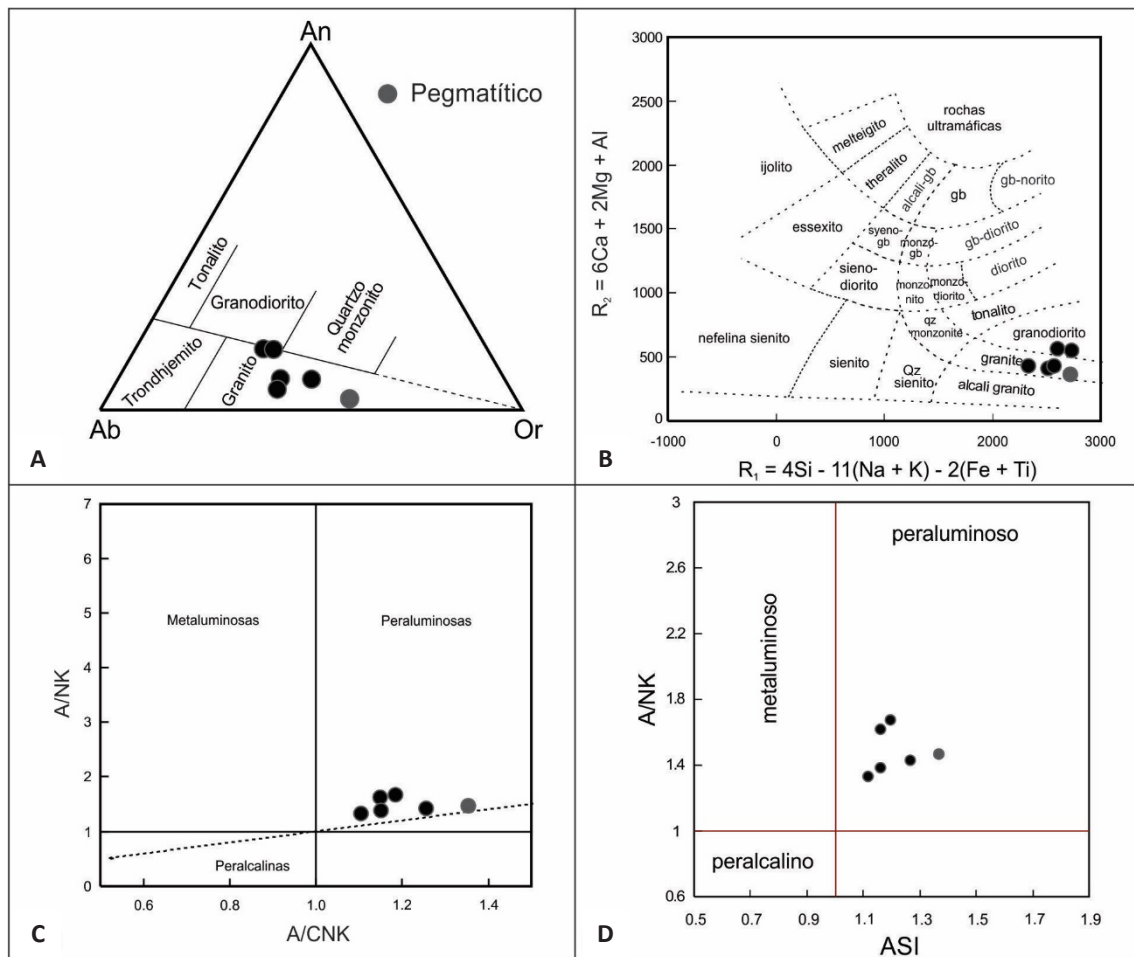


Figura 3.4 - Diagramas de análises do granitóide Tingui: A) Normativo Ab-An-Or (O'Connor, 1965); (B) R1-R2 (Da la Roche *et al.*, 1980); C) A/CNK - A/NK (SHAND, 1943); e D) A/NK - ASI (Frost *et al.*, 2001).

As utilizações de diagramas tectônicos com campos discriminantes mostraram-se inconsistentes, sendo desta forma, desconsiderados. Por outro lado, os diagramas dos elementos terras raras (ETR), normalizados ao condrito (Thompson, 1982), apresentaram comportamento similares e nítida concordância entre seus padrões, possivelmente refletindo a parentalidade das amostras (Fig. 3.5).

Seus padrões são intensamente fracionados, com valores enriquecidos nos elementos terras raras leves (ETRL) e depleção acentuada nos pesados (ETRP), com estes, com valores abaixo de 10 vezes o do condrito (Fig. 3.5). Isso sugere a retenção de minerais portadores de

ETRP no resíduo (e.g. granadas). Algumas amostras apresentam ligeira anomalia negativa de Eu e Ba, sugerindo a retenção de plagioclásio na fonte.

O caráter peraluminoso do Granitóide Tingui é evidenciado tanto pela sua assinatura química e coríndon normativo, quanto pela presença de moscovitas e Ti-biotitas primárias. Sendo assim, associado aos altos valores de ETRL e a acentuada depleção de ETRP, sugerem uma fonte rica em granada e supersaturada em alumínio, compatível com as rochas ígneas provenientes de rochas supracrustais.

O comportamento inconsistente nos diagramas discriminantes para ambientes tectônicos é característico

dos granitos supracrustais, com a sua caracterização geodinâmica exigindo esforços analíticos adicionais.

Determinações geocronológicas U/Pb, em grãos de zircões pertencentes a granitóides isotrópicos a incipientemente foliados, forneceram idades de cristalização riacianas (2060 e 2072 Ma), para duas amostras do granitóide Tingui (Fig. 3.6). Valores dos interceptos inferiores forneceram idades entre 515 e 559 Ma, as quais foram atribuídas ao metamorfismo brasileiro.

3.1.1. Leucogranitóide pegmatítico a duas micas - PP2γgtl

A unidade leucogranítica pegmatítica (PPγgtl) ocorre subordinada à PP2γgt, compreendendo vênulas, diques e pequenos corpos irregulares posicionados em meio ao granitóide Tingui (Fig. 3.7). São leucogranitóides quartzo-feldspáticos pegmatóides à 2 micas. Em algumas exposições a leste do Rio Pardo, porções leucograníticas

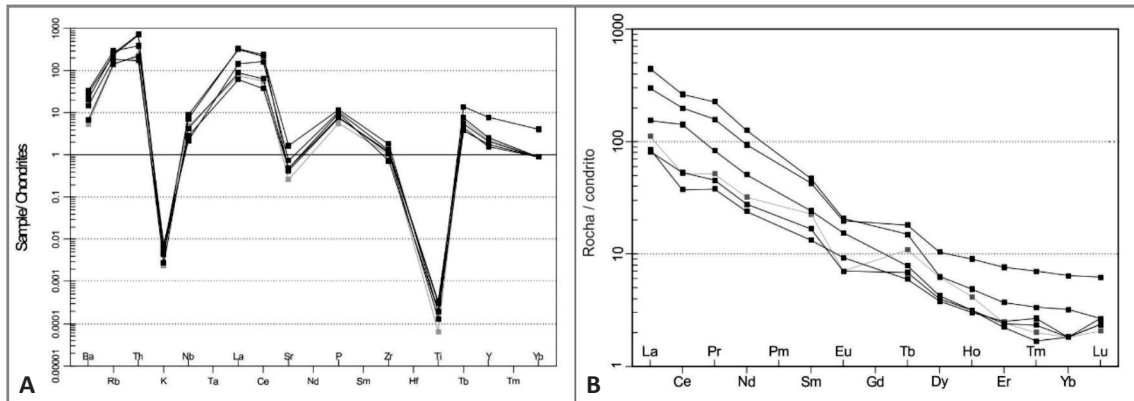


Figura 3.5 - Padrão de Elementos Traços (A) e Terras raras (B), normalizados aos condritos de Thompson (1982) e Nakamura (1974), respectivamente.

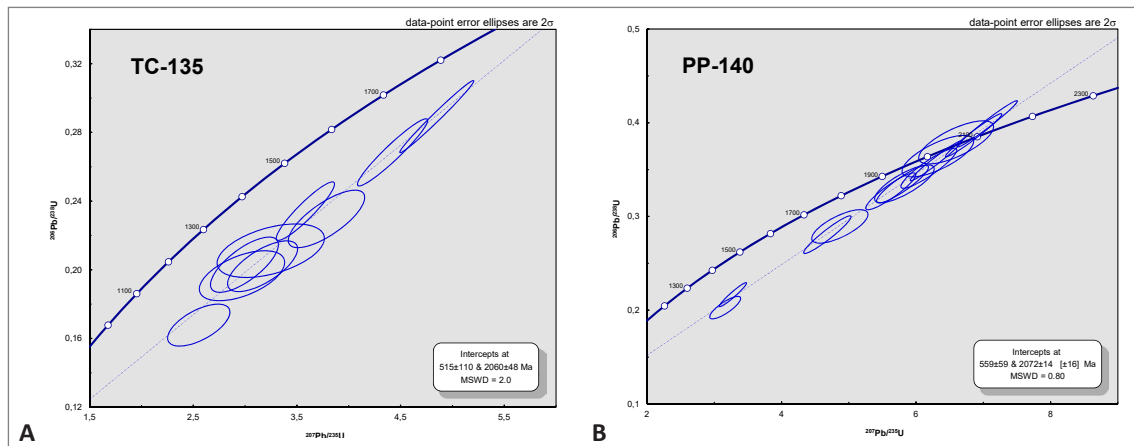


Figura 3.6 - Diagrama de concórdia de análises de zircão do metagranitóide Tingui nos pontos: A) TC-135, com intercepto superior em 2060±48 Ma e inferior em 515±110 Ma e B) PP-140, com intercepto superior em 2072±14 Ma e inferior em 559±59 Ma.

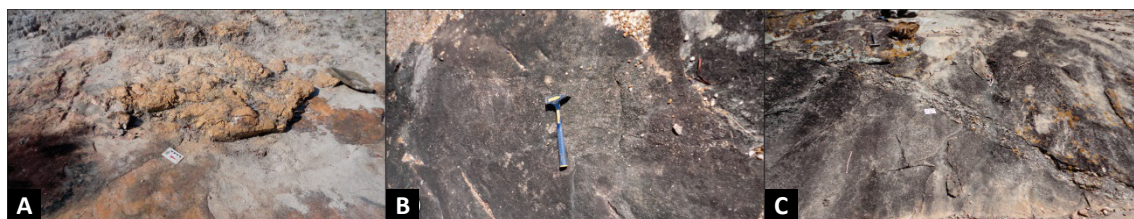


Figura 3.7 - A) Corpo métrico irregular de leucogranitóide pegmatóide a duas micas intrusivo no granitóide Tingui. PP-140; B e C) Dique e vênula de leucogranitóide pegmatóide a duas micas cortando o granitóide Tingui.

compreendendo bandas, lentes e sigmóides definem variedades de gnaisses bandados por injeção.

Sua distribuição na área é irregular e heterogênea, sendo pouco expressiva a sua parcela na área ocupada pelo metagranitóide Tingui. O seu modo de ocorrência a sua similaridade química indicada pelos padrões de elementos traços e ETR, e sua íntima associação com o metagranitóide Tingui sugerem que trata-se de reflexo da manifestação tardia da granitogênese Tingui.

3.2. SUPERGRUPO ESPINHAÇO INDIVISO (PP4NPe1)

O Supergrupo Espinhaço Indiviso (PPNPe) abrange cerca de 5% da área mapeada e ocorre restrito ao

segmento extremo ocidental das folhas Santo Antônio do Retiro, Rio Pardo de Minas e Nova Aurora. Esta unidade está inserida no domínio fisiográfico do Espinhaço Central, morfologicamente denominada Serra do Espinhaço ou Serra Geral, com orientação preferencial N-S. O contato tectônico a leste com os metarritmitos e meta-arenitos da formação Serra da Garapa (NP1sog) é caracterizado pela falha de Santo Onofre (Fig. 3.8).

Seu domínio se estende a oeste além dos limites das folhas mapeadas pelo projeto. Regionalmente é caracterizado por feições geomorfológicas como cristas de serras, sustentadas preferencialmente por quartzitos acamadados de orientação N-S. A Serra do Espinhaço é um importante divisor de águas; englobando a nascente

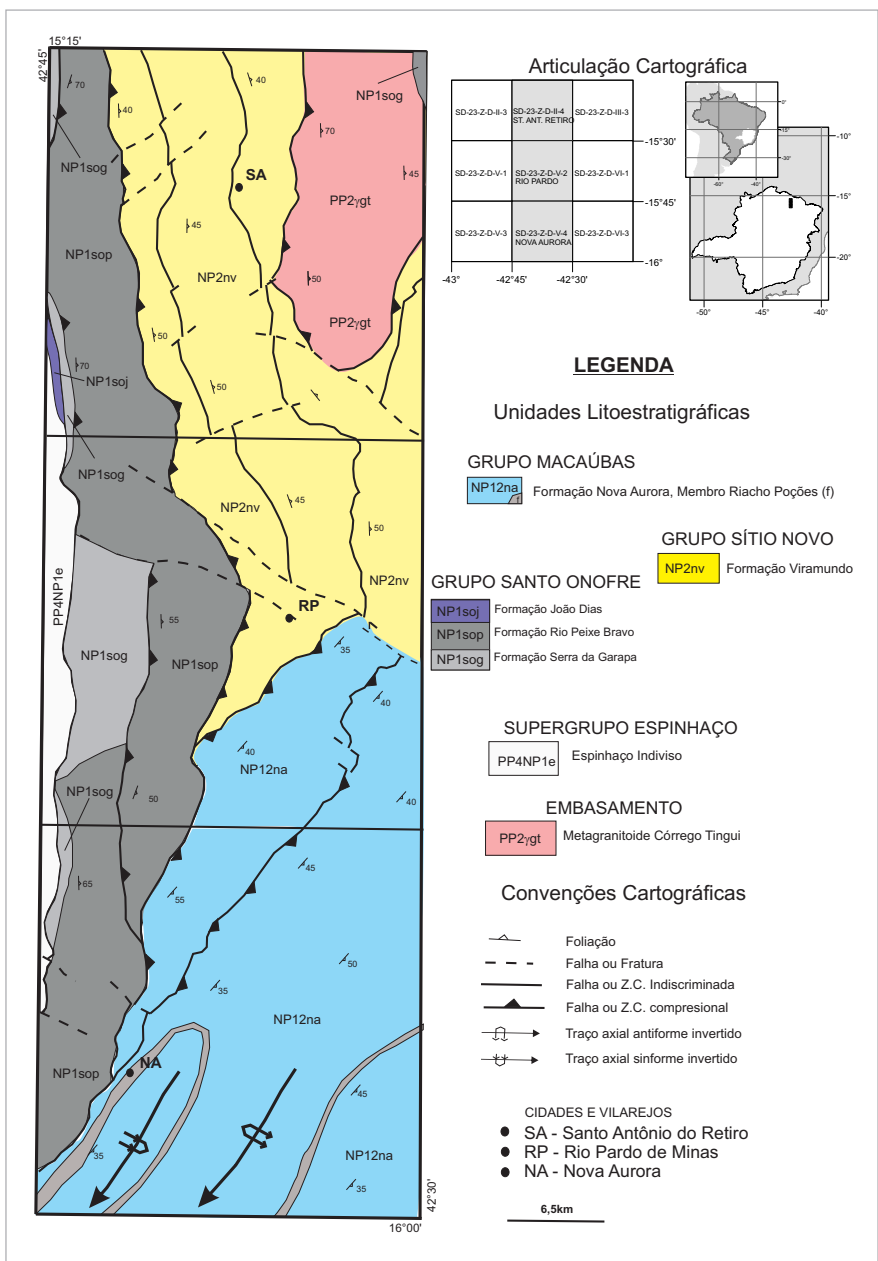


Figura 3.8 - Mapa geológico simplificado da área do projeto Rio Pardo de Minas.

do Rio Preto, que flui para nordeste unindo-se ao Rio Pardo, na localidade homônima.

Seus limites são facilmente discerníveis em imagens de satélite/radar a partir da diferença exibida pelos padrões morfológicos pronunciados de suas rochas siliciclásticas, bem como por respostas obtidas em mapas de aerolevantamentos geofísicos. Seus baixos valores relativos nos canais gamespectométricos (*e. g.* Contagem Total e eTh) e intermediário a baixo nos magnetométricos (sinal analítico) o distinguem juntamente com o traço da falha Santo Onofre das siliciclásticas adjacentes.

Esta unidade é representada por meta-arenitos e sericita-quartzo xistos apresentando laminação plano-paralela, associados a quartzitos sericíticos com estratos cruzados de pequeno a médio porte, marcas de onda e subordinadas brechas/conglomerados. Os conglomerados apresentam clastos de quartzitos, e por vezes o bandamento e/ou estruturas primárias ocorrem no topo do pacote (Fig. 3.9 A-C). Localmente no ponto SQ-354, ocorre uma brecha de falha de matriz fina e fragmentos

centimétricos (Fig.3.9 D) a métricos de meta-arenito maciço, meta-arenito bandado em parte preservando estruturas primárias de pequeno porte. No mesmo local observa-se um meta-arenito maciço a bandado, com estruturas primárias de pequeno porte (Fig.3.9 E-F). Este afloramento é caracterizado por uma zona de falha no contato do Supergrupo Espinhaço com o Grupo Santo Onofre (NP12so).

Os ortoquartzitos desta unidade constituem variedades granulares bem selecionadas (0,05 – 0,7 mm), sendo alguns espécimes praticamente monominerálicas, com predomínio de grãos de quartzo subarredondados a arredondados de baixa esfericidade (Fig. 3.10 A-C). Em algumas variedades ocorrem conteúdos subordinados de sericita, feldspato, fragmentos líticos e minerais opacos. Turmalina, zircão e apatita ocorrem localmente e definem as fases acessórias.

O quartzo abrange por volta de 88-98% do conteúdo modal e constitui grãos equigranulares (0,05 – 0,75mm) subarredondados a arredondados de baixa

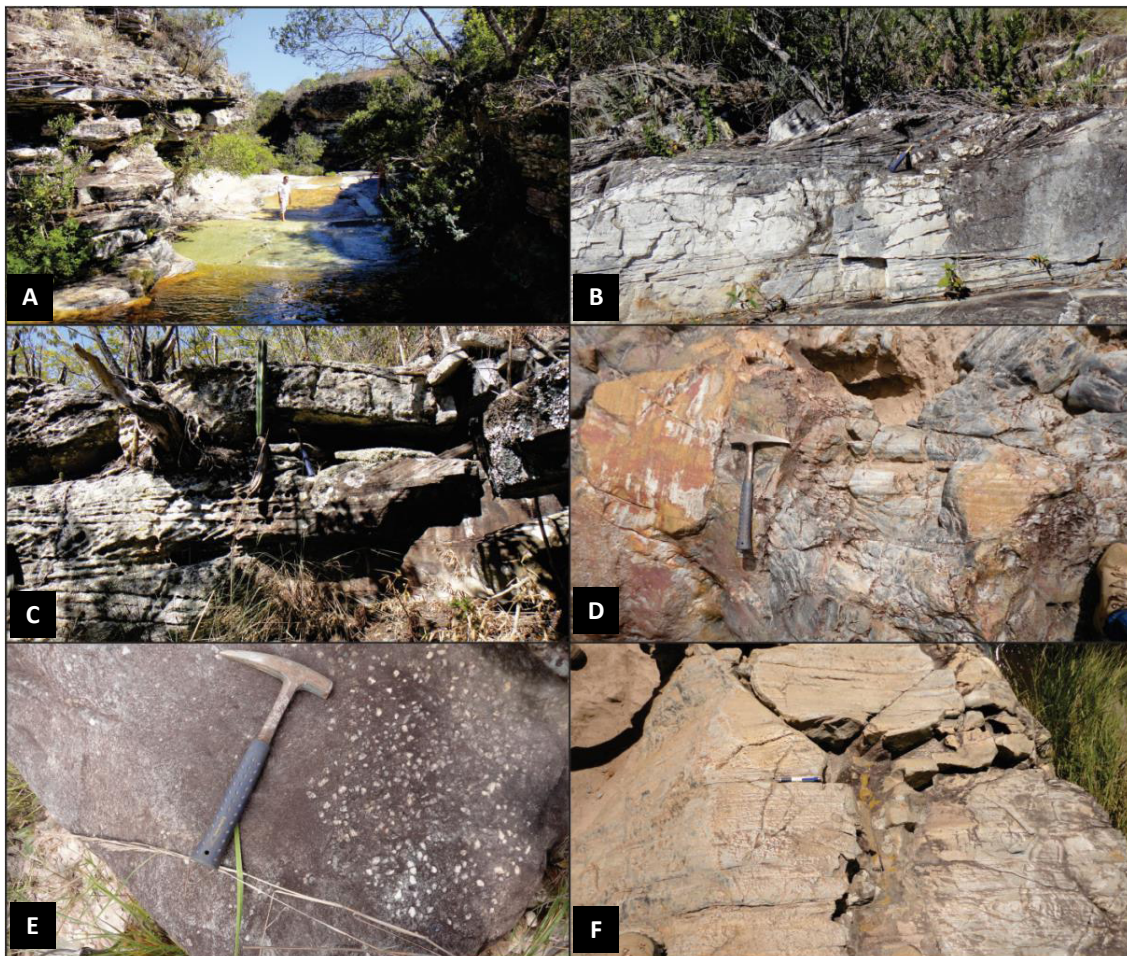


Figura 3.9 - A) Exposição do meta-arenito Espinhaço no Córrego da Velha, visada para oeste; B e C) Meta-arenito laminado com estratos cruzados tabulares de médio porte e laminações plano paralelas, tangenciando a base em posição normal, vidade para sul; D) Brecha com clastos centimétricos compostos por meta-arenito bandado de tamanho centimétricos; E) Meta-arenito de matriz fina com grânulos; F) Estratos cruzados tabulares de pequeno porte em pacote de meta-arenito de granulometria fina.

esfericidade. Apresenta deformação intracristalina com subgrãos, extinção ondulante e dissolução por pressão, com bordas recrystalizadas tendendo a arranjo em mosaico (Fig. 3.10 A-C), frequentemente exibindo sua antiga morfologia através da inclusão concêntrica de minerais opacos finos.

A sericita compõe lamelas finas (Fig. 3.10 D-F) neofornadas tanto a partir da alteração do feldspato quanto nos interstícios de grãos de quartzo. Seu conteúdo varia de traço a até 7% do conteúdo modal. Ocorrem fragmentos líticos de granulação fina (0,3 mm), arredondados e com boa esfericidade, os quais são constituídos por agregados policristalinos poligonizados de quartzo. Sua ocorrência é local e não excede 1% da moda.

Os grãos detríticos de feldspato ocorrem em conteúdo menor, não excedendo 4% da composição modal. São equigranulares finos (0,05 – 0,5), intensamente alterados, por vezes com seu hábito tabular preservado, e com padrões texturais semelhantes ao exibido pelo quartzo. Dentre suas variedades, foram reconhecidos microclina e plagioclásio sem maclas.

Minerais opacos finos, incluindo hematita lamelar inequigranular, ocorrem nos interstícios e espaços intergranulares de quartzo, frequentemente associado a massas de alteração juntamente com sericita fina. Sua abundância modal varia de traço a até 2% do conteúdo da rocha.

Localmente ocorrem variedades de meta quartzo grauavaca caracterizadas por uma distribuição bimodal definida por uma matriz sericítica (< 0,32mm) e um arcabouço constituído por grãos de quartzo com raros

grãos de feldspatos, fragmentos líticos e conteúdo traço de minerais opacos (Fig. 3.10 E-F).

Nestas variedades, o quartzo compõe por volta de 60% do conteúdo modal em grãos inequigranulares finos a grossos, de até 1mm, de baixa seleção, moderada esfericidade e arredondamento diverso, por vezes obliterado por processos de recrystalização estática. Apresentam subgranulação, extinção ondulante e novos grãos, com superfícies de dissolução por pressão e ajuste de borda, com contatos interlobados a serrilhados. Agregados sericíticos finos constituem a matriz recrystalizada da rocha e compõe até 35% do conteúdo modal.

Determinações geocronológicas U/Pb (LA-ICP), em grãos de zircão detríticos de ortoquartzitos, das amostras SQ-235 e SQ-354, forneceram idades entre 1,4 Ga e 3,2 Ga (Fig. 3.11), com os valores dos períodos calimianos, estaterianos, riacianos e neoarqueanos definindo agrupamentos estatisticamente significantes. A idade calimiana foi atribuída como sendo a de máxima deposição desta unidade.

3.3. GRUPO SANTO ONOFRE - NP1so

O Grupo Santo Onofre (NP1so) está localizado no setor extremo ocidental da área do projeto, sendo caracterizado na forma de uma faixa lenticular anastomosada de orientação preferencial N-S, e apresentando largura máxima de 8 km (Fig. 3.12). Estende-se desde o setor SW da Folha Nova Aurora, atravessando e compondo toda região centro-ocidental da Folha Rio Pardo de Minas, e extremo ocidental da Folha Santo Antônio do Retiro.

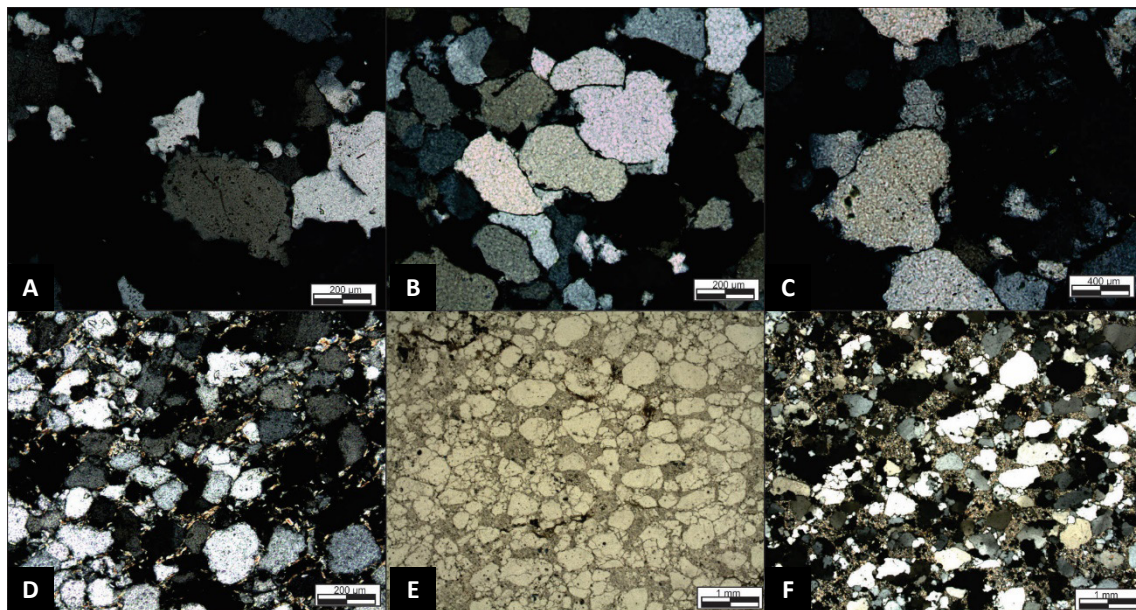


Figura 3.10 - A) Migração de borda em grão de quartzo detrítico (XPL); B) superfícies de dissolução por pressão em grãos detríticos de ortoquartzito fino (XPL); C) grão detrítico de microclina em ortoquartzito (XPL); D) lamelas finas de sericita em espaços intersticiais de grãos de quartzo XPL; E) distribuição bimodal em meta quartzo grauavaca (PPL); e F) mesmo campo anterior sob XPL.

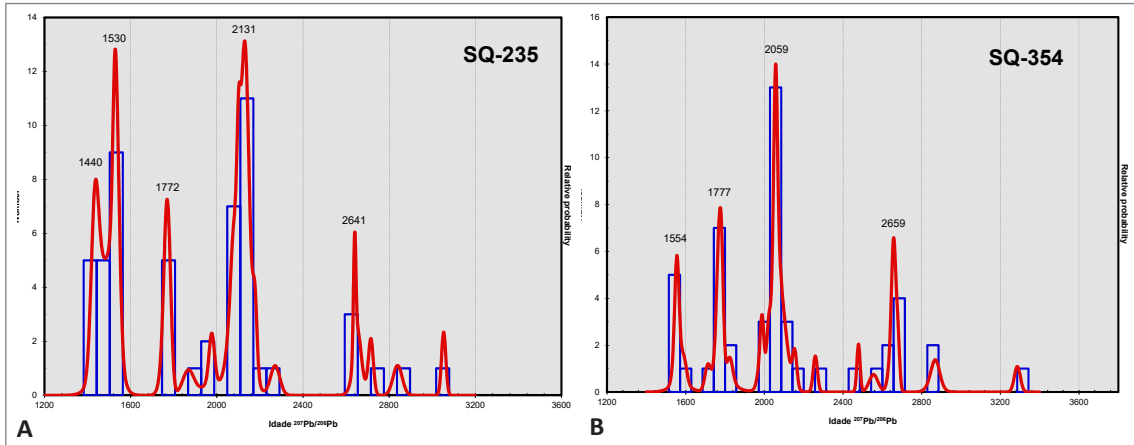


Figura 3.11 - Diagramas de distribuição probabilística das determinações U/Pb (LA-ICP-MS) de grãos de zircão das amostras: A) amostra SQ-235 e B) amostra SQ-354.

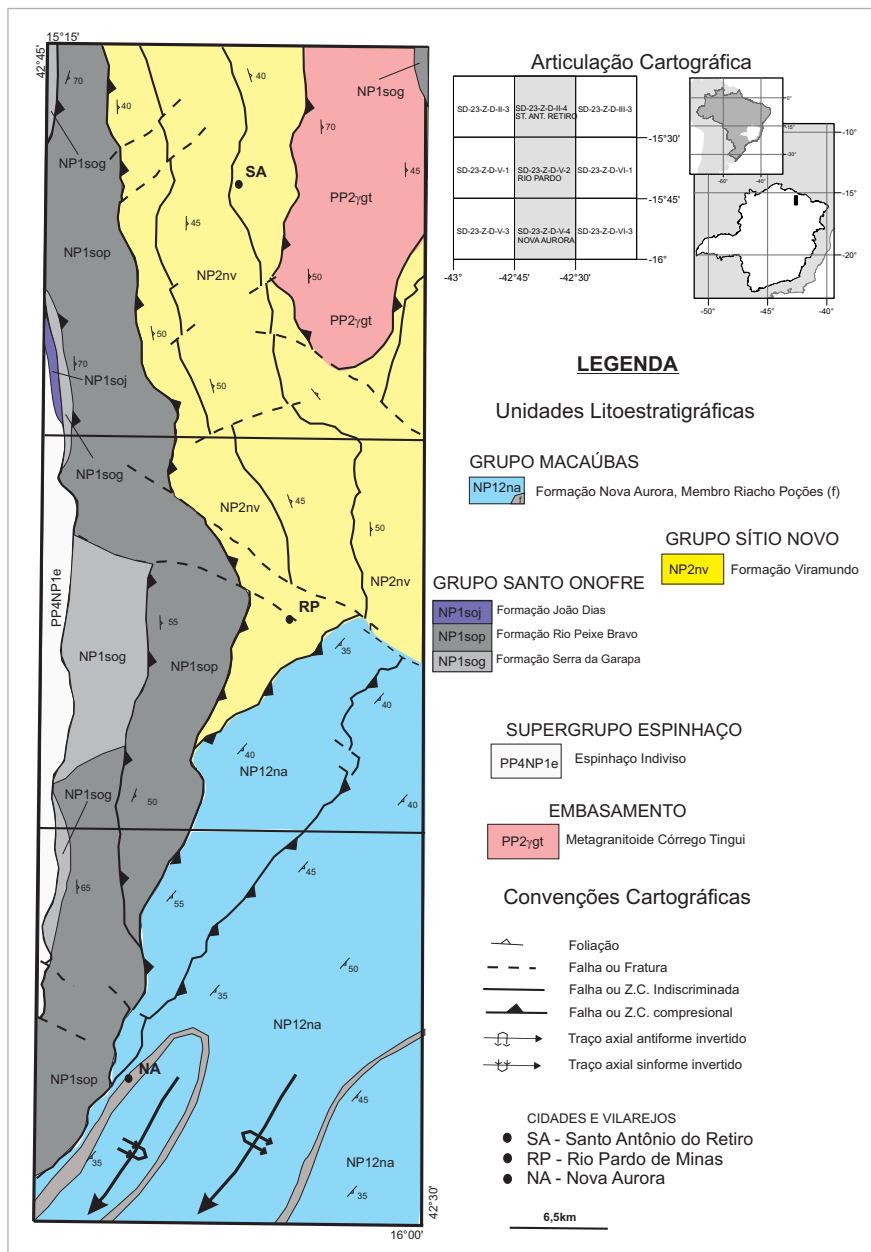


Figura 3.12 - Mapa geológico simplificado da área do projeto Rio Pardo de Minas.

Neste contexto prolonga-se a norte, na região oeste da Folha Volta do Morro, chegando a atingir o setor central do Estado da Bahia, no âmbito do aulacógeno Paramirim/Espinhaço. Na conjuntura da área abrangida por este projeto o Grupo Santo Onofre é representado na região pelas formações:

- João Dias (NP12soj)
- Rio Peixe Bravo (NP1sop)
- Serra da Garapa (NP1sog)

Entretanto a extensa interdigitação entre essas formações evidencia uma relação estratigráfica complexa e marcada por grande variação vertical e lateral de litofácies, dificultando a caracterização do empilhamento estratigráfico. Neste trabalho adotou-se o empilhamento proposto por Danderfer & Dardene (2002). Em relação às rochas do supergrupo Espinhaço Indiviso, a relação de contato é caracterizada por falhas e zonas de cisalhamento contracionais, já os sedimentos do Grupo Sítio Novo estão sobrepostos também na forma de contatos tectônicos contracionais. Uma discordância estratigráfica e estrutural é caracterizada em relação aos sedimentos referentes ao Grupo Macaúbas, estes apresentam strike preferencial NW-SW, enquanto que o Grupo Santo Onofre apresenta strike N-S.

3.3.1. Formação Serra da Garapa - NP1sog

A Formação Serra da Garapa é representada no contexto do projeto pela base do Grupo Santo Onofre. Foi subdividida em dois membros, um caracterizado

pelo predomínio de metapelitos carbonosos rítmicos e um membro formado por metassedimentos arenosos a microconglomeráticos com alguma contribuição carbonosa. A formação abrange as três (3) folhas cartografadas pelo projeto, e se apresenta na forma de uma extensa faixa lenticular, estirada e anastomosada, com orientação preferencial N-S e com acamamentos apresentando mergulhos moderados a acentuados para leste (Fig. 3.13-B). Os membros dessa formação são:

- NP1sogc - (Membro filítico carbonoso/fácies Canatiba): Predominância de meta-ritmitos e filitos carbonosos, localmente com idióblastos de magnetita e intercalações de meta-arenitos impuros cinza e metassiltitos.
- NP1sogq - (Membro meta-arenítico impuro): Meta-arenitos acinzentados com contribuição carbonosa, por vezes microconglomeráticos.

Membro Filítico carbonoso – Fácies Canatiba - NP1sogc

Ela compõe uma faixa contínua anastomosada de direção norte-sul na porção extremo ocidental das três folhas do projeto, com seus traçados bem delineados a partir de suas respostas em mapas temáticos de levantamentos aerogeofísicos (p.ex., canais sinal analítico e gamaespectométrico).

Entretanto na folha Rio Pardo de Minas, esta unidade apresenta grande expressividade, caracterizada por um



Figura 3.13 - A) Interface entre as unidades siliciclásticas do Grupo Espinhaço e os metapelitos carbonosos da Formação Serra da Garapa. Região de Sucuriú (visada para oeste)
 B) Bandamento rítmico no filito carbonoso (V-NE); C) Micro falhas dextrais (ponta da lapiseira para norte); D) Nível de meta-arenito ferruginoso boudinado.

espessamento na região do distrito de Serra Nova. Estas variações podem ser reflexos da grande variação lateral e vertical estratigráfica, e/ou devido a ações tectônicas posteriores.

Esta unidade ocupa aproximadamente 5% da área mapeada, abrangendo regiões de meia encosta e fundos de vales encaixados. Apresenta uma espessura média de 1500 metros, podendo alcançar até 4500 metros na parte noroeste da folha Rio Pardo de Minas, com suas melhores exposições nas proximidades de Sucuriú, Pastinho e Gerais, as margens do Rio Sucuriú, Santo Antônio do Retiro, com seus membros expostos em cortes e ao longo de vias vicinais da região.

Ao norte, estende-se além dos domínios do projeto, com sua continuidade na folha Volta do Morro (1:50.000). Seus traços ocidentais estão limitados à falha de Santo Onofre, tendo as brechas e conglomerados da formação João Dias na base, e a sua distinção reconhecida através do contraste morfológico entre os metapelitos desta unidade e as rochas siliciclásticas da cordilheira do Espinhaço, com o terraço do rio Sucuriú desenvolvido sobre sua interface (Fig. 3.13-A). À leste, transiciona-se para a unidade meta-arenítica impura (NP1sogq) posicionada estratigraficamente acima.

Este membro é constituído por metapelitos rítmicos, quartzo-sericíticos e carbonosos com subordinado conteúdo de plagioclásio. Localmente contém magnetita, granada, cloritóide e pirlita limonitizada (*box work*). Seus litotipos estão em avançado estado de alteração intempélica, exibindo matizes acinzentadas a negras, com intercalações de meta-argilitos, metassiltitos e meta-arenitos finos à microconglomeráticos, impuros, imaturos e ferruginosos, nas mais diversas proporções (Fig. 3.13).

São frequentes intercalações de metapsamitos do membro meta-arenítico impuro superiores em meio aos metapelitos desta unidade (Fig. 3.13-D), com níveis métricos de meta-arenitos impuros microconglomeráticos definindo cristas monoclinais, estiradas de direção norte-sul.

Na folha Santo Antônio do Retiro, em sua porção sudeste e extremo nordeste, seus termos gradam para xistos e metapelitos estaurolíticos, com granada e magnetita, em contato tectônico sobre os gnaisses e granitóide do Complexo do Tingui e os meta-arenitos laminados do Grupo Sítio Novo (NP2nvaf).

Esta unidade é constituída por metapelitos carbonosos, em alternâncias rítmicas, ou lenticulares, predominantemente plano-paralela, com laminações wavy, curvadas e descontínuas de meta-argilitos, metassiltitos e meta-arenitos finos à microconglomeráticos (Fig. 3.14). Caracteristicamente contém grânulos de quartzo cinza-azulado e fragmentos de quartzitos e meta-arenitos impuros e ferruginosos, nos mais diversos sortimentos.

Superfícies de foliação proto à ultramilonítica (Sn; Fig. 3.14) ocorrem bem desenvolvidas e, em muitos casos, obliteraram e transpuseram a S0, com superfícies de crenulação e dissolução por pressão (Sn+1), comuns, e exibindo as mais diversas relações angulares entre a S0 e a Sn (Fig. 3.14-E e F).

Lentes, níveis e lâminas dobradas, em padrões apertados e interfoliais, estão rompidas, transpostas e associadas à lineações de estiramento mineral oblíqua a sub-horizontal, coplanares às superfícies Sn. Essas estruturas sugerem a atuação de um evento transcorrente dextrógiro implementado como o reflexo do escape lateral de um progressivo encurtamento com vergência para oeste, provavelmente com a cordilheira do Espinhaço atuando como anteparo rígido.

De modo geral, os metapelitos desta unidade são granolepidoblásticos inequigranulares finos, com alternâncias rítmicas de níveis e lâminas em padrões plano-paralelos, wavy, curvada e descontínuos (Fig. 3.14-A). Tem composição quartzo-sericítica carbonosa com minerais opacos, dentre magnetita, hematita e, localmente pirlita limonitizada, nas mais diversas proporções. Plagioclásio detrítico ocorre em conteúdo subordinado, com zircão e turmalina acessórios. Localmente grãos tabulares/aciculares, sub- a idioblásticos, decussados inequigranulares finos, ocorrem alterados e sugerem a pré-existência de cloritóide (Fig. 3.14-F).

A sericita é lamelar fina e compõe trama lepidoblástica definindo a foliação da rocha, juntamente com grãos e agregados de quartzo estirados (Fig. 3.14). Apresenta uma distribuição irregular e heterogênea com seu conteúdo variando desde acessório, nos meta-arenitos, à praticamente monomineralico em alguns filitos e filonitos.

O quartzo ocorre em grãos detríticos finos e mal selecionados, com porfiroclastos médio a grosso (<> 1mm) esparsos no arcabouço. Estão imbricados e rotacionados pela foliação principal, com aspecto sigmoidal, dissolução e sombras de pressão assimétricas (Fig. 3.14 C e D), extinção ondulante e subgranulação. Grãos recristalizados (*ribbon*), e agregados sigmoidais e lenticulares podem definir uma laminação deformacional nos espécimes ultramilonitizados.

Minerais opacos, alguns secundários e/ou produtos de alteração de provável cloritóide, ocorrem dispostos em posição oblíqua ou paralela à foliação, com caráter, sin a pós deformacional (Fig. 3.14-F). Magnetita fina a média, sub- a idiomórfica, ocorre invariavelmente alterada e, por vezes, com o desenvolvimento de franjas de quartzo ao seu redor.

O feldspato é prismático inequigranular fino, sem maclas (*albita*?) e estirado ao longo da foliação. Turmalina, zircão e rutilo ocorrem em grão detríticos finos, envolvidos pela foliação, e em conteúdo acessório.

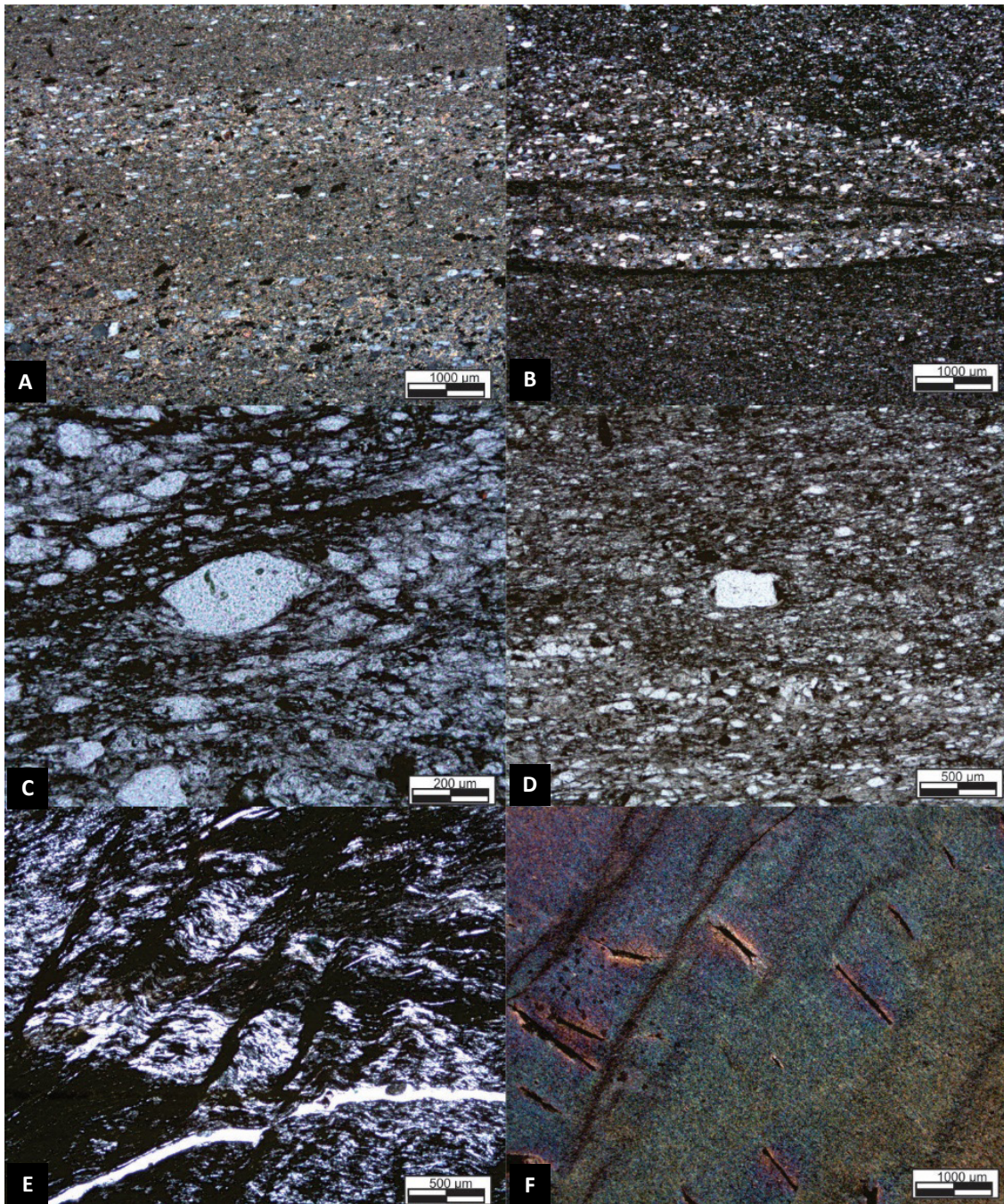


Figura 3.14 - A) Laminação rítmica plano paralela em metarritmito carbonoso (XPL). B) Set irregular de laminação em metarritmito carbonoso (XPL); C) Clastos sigmoidal assimétrico em metapelito carbonoso milonítico (XPL); D) Clasto anguloso em meio a matriz quatzo-sercicítica em metapelito carbonoso (XPL). E) Dissolução por pressão definindo clivagem de crenulação espaçada (XPL) e F) Cloritóidelepidoblástico sobrecrecido em região de microlitons (XPP).

Localmente, na folha Rio Pardo de Minas (SQ-093, 114, 124B, 238), cloritóide ocorre em grãos (idio)- a subidioblásticos tabulares/aciculares finos, decussados a lepidoblásticos, sobrecrecido nos microlitons. Apresentam um caráter tardio, sobrecrecidos sobre a foliação e em avançado estado de alteração. Alcançam até 15% do conteúdo modal.

Determinações geocronológicas U/Pb (LA-ICP-MS) em grãos de zircão detrítico, de amostra de milonito laminado carbonoso do ponto SQ-238 forneceram valores

entre 2695 Ma e 996 Ma (Fig. 3.15), sendo esta última, quantitativamente mais expressiva e atribuída como a idade máxima de deposição desta unidade.

Membro meta-arenítico impuro - NP1sogq

O Membro Meta-arenítico impur da formação Serra da Garapa (NP1sogq), ocupa em torno de 2% da área mapeada pelo projeto. Ocorre quase que exclusivamente na seção oeste da folha Santo Antônio do Retiro e em

uma pequena lente na região NW da folha Rio Pardo de Minas, na forma de corpos lenticulares compondo cristas isoclinais, alinhadas na direção norte-sul.

Exposições representativas ocorrem entre Sucuriú e Riacho Feio, oeste de Santo Antônio do Retiro, com

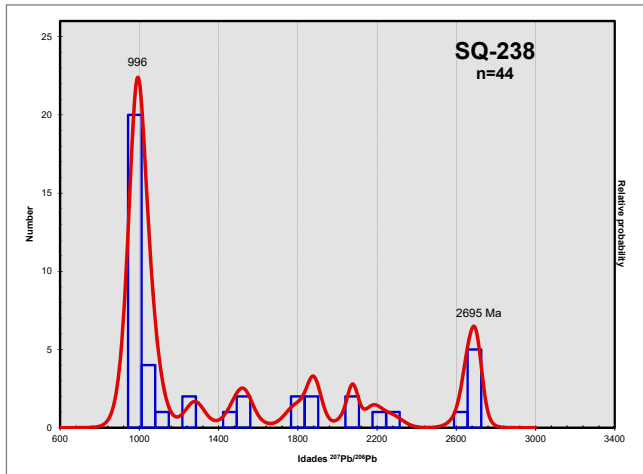


Figura 3.15 - Diagrama de distribuição probabilística das determinações de grãos de zircão da amostra SQ-238. (U/Pb-LA-ICP-MS).

seus contornos bem delineados a partir do contraste exibido pelos padrões aerogeofísicos, entre seus litotipos e os adjacentes.

Ela está posicionada estratigraficamente acima dos metapelitos carbonosos da fácies Canatiba (NP1sogc), interdigitado com seus termos, por vezes em passagens gradacionais. Sua relação com os litotipos da Formação Rio Peixe Bravo é similar, com intercalações de lentes e níveis irregulares das mais diversas dimensões. Ao norte, encerra próxima a fronteira com a folha Volta do Morro, e ao sul, tem seus membros acunhados e interrompidos na porção extremo noroeste da folha Rio Pardo de Minas.

Esta unidade é definida por meta-arenitos impuros a sublíticos, acinzentados, laminados ou não, mal selecionados, com níveis e bandas (micro)conglomeráticas (Fig. 3.16). Contém significativa contribuição carbonosa, tanto na matriz como nos fragmentos líticos do arcabouço. Exibe, com frequência, grânulos arredondados de quartzo cinza-azulado.

Possivelmente, seus litotipos são reflexo das mudanças no ambiente e regime de sedimentação do Grupo Santo Onofre, manifestando-se como uma variação



Figura 3.16 - A) Meta arenito cinza em nível alinhado N-S; B) detalhe de meta-arenito cinza; e C) Variedade microconglomerática estratigraficamente acima dos filitos carbonosos rítmicos.

transicional lateral, a partir da unidade filítica carbonosa (NP1sogc), ou estratigráfica com as adjacentes.

De maneira geral, são constituídos por variedades de metaquartzarenitos, meta-arenitos sublíticos e subordinados quartzitos (Fig. 3.17), localmente contendo até 10% de matriz sericítica e carbonosa (<32µm) e 5% de fragmentos líticos diversos, com seus teores mais expressivos na base do pacote e estratigraficamente próximos dos metapelitos carbonosos. Rutilo e zircão detríticos ocorrem em conteúdos acessórios.

O quartzo é detrítico (> 85%), mal selecionados, em arranjo seriado, fino a grosso (60µm a 2,5 mm), com predomínio de granulação média a grossa (Fig. 3.17). Grãos acima de 1mm são esparsos e não ultrapassam 15% da moda (Fig. 3.17-A). Apresentam-se com baixa esfericidade e arredondamento diverso, mascarado pela recristalização, com contatos suturados, serrilhados a amebóides, extinção ondulante e subgrãos (Fig. 3.17-A), por vezes, em agregados ou grãos estirados e imbricados, definindo uma foliação irregular e anastomosada.

Grãos de feldspatos detríticos, dentre plagioclásios e subordinados potássicos, alcançam até 3% do conteúdo modal. Exibem sortimentos diversos em grãos finos a

grossos (< 2,0 mm), alterados, com baixa esfericidade e angulosos a arredondados (Fig. 3.17-B).

A sericita é lamelar inequigranular fina e compõe até 8% do conteúdo modal da rocha. Corresponde a matriz recristalizada compondo agregados em interstícios de grãos de quartzo, com espécimes lepidoblásticas finas, definindo uma foliação anastomosada irregular, disjuntiva a contínua, crenulada, de natureza milonítica. Ocorrem junto com argilo-minerais na alteração de feldspatos.

Os fragmentos líticos (Fig. 3.17-C e D), modalmente mais expressivos na base do pacote, ou próximos aos metapelitos carbonosos, apresentam natureza polimítica. São fragmentos de meta-arenitos/quartzitos finos, metapelitos carbonosos e agregados quartzo-sericíticos, alcançando dimensões subcentimétricas e não mais que 5% do conteúdo modal, compondo termos de metaquartzarenitos, subarcóseos e arenitos sublíticos.

Minerais opacos, assim como matéria carbonosa, ocorrem em agregados e grãos finos ocupando espaços intersticiais e intergranulares, frequentemente, associado a sericita fina neoformada a partir da matriz. Atingem até 18% do conteúdo modal, compondo variedades grauvaqueanas.

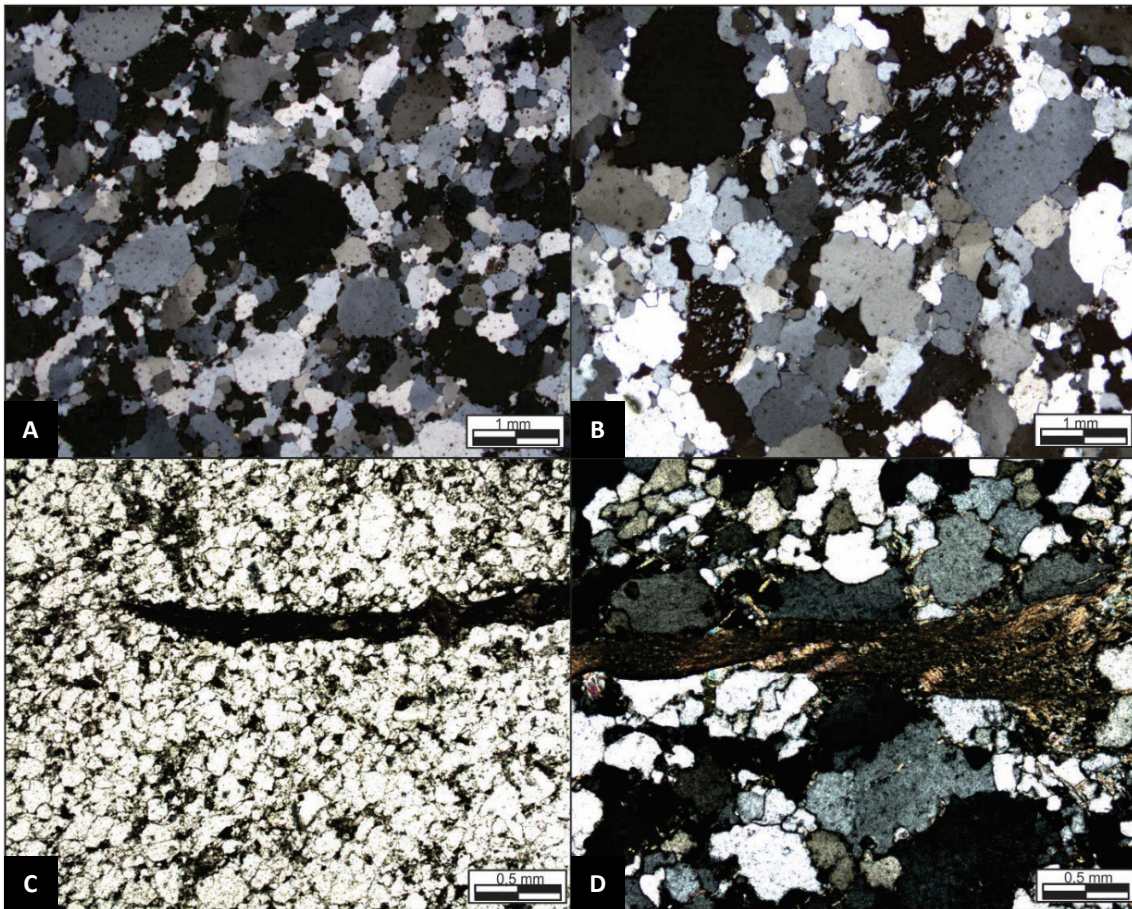


Figura 3.17 - A) Grão de quartzo arredondado na foto está escuro em meio a matriz recristalizada. PP-082 ; B) Grãos de feldspato detrítico em avançado estado de alteração. PP-082; C) Quartzito com significativa contribuição carbonosa na matriz e fragmento lítico carbonoso no arcabouço (PPL). PP-006; e, D) Nível sericítico (metapelítico) lepidoblástico crenulado. TC-049.

3.3.2. Formação Rio Peixe Bravo - NP1sop

A Formação Rio Peixe Bravo é caracterizada na área do projeto na forma de uma faixa lenticular estirada e anastomosada, com espessura próxima de 5 km e direção preferencial N-S. Esta unidade se estende desde a folha Grão Mogol, com espessura variando entre 3 a 8 km, e prolongando-se até a região central do estado da Bahia, como correlata da Formação Boqueirão (Costa e Silva, 1980), no contexto do Espinhaço Setentrional.

No âmbito deste projeto a Formação Rio Peixe Bravo é representada predominantemente por metapelitos, meta-arenitos finos a grossos e por metaturbiditos, os quais foram divididos nos seguintes membros:

NP1sopb - (Membro metaturbidítico): Predomínio de metarritmitos finos, laminados silto-arenosos, silto-argilosos e areno-siltosos, magnetíticos ou não, com intercalações de filito carbonoso, meta-arenitos e quartzitos finos, impuros e microconglomeráticos.

NP1sopa – (Membro metarrítmico arenoso): Predomínio de metarritmitos arenosos bandados, com subordinadas porções laminadas, silto arenosas, metassiltíticas e meta-areníticas finas.

NP1sopm - (Membro metarrítmicomagnetítico): Predomínio de meta-arenitos finos laminados e metarritmitos, silto argiloso e areno siltoso, essencialmente magnetíticos, com intercalações de filito carbonoso, meta-arenitos e quartzitos finos impuros microconglomeráticos.

NP1sopq – (Membro meta-arenítico impuro): Predomínio de meta-arenitos impuros, arcoseanos, laminados ou não, com subordinado níveis de metassiltitos, argilitos e arenitos microconglomeráticos.

NP1sopf – (Membro filítico): Dominantemente quartzo-sericita filitos, laminados, podendo conter porfiroblastos de magnetita com níveis quartzíticos finos subordinados.

NP1sopx – (Membro filítico estaurolítico): Predomínio de xistos e filitos estaurolíticos, de matriz quartzo-sericítica, com níveis carbonosos.

NP1sopc – (Membro metarrítmico com cloritóide): Metarritmitos finos, silto arenosos e areno-siltosos, com cloritóide. Contém níveis carbonosos, areníticos e metapelíticos.

NP1sopp – (Membro paraconglomerático): Paraconglomerados de matriz silto arenosa contendo clastos predominantemente de quartzitos e subordinados filitos e saprólitos graníticos.

Membro Meta-arenítico Impuro- NP1sopq

Esta unidade corresponde a 5% da área coberta pelo projeto. Compreende meta-arenitos, quartzarenitos e quartzitos laminados finos, com subordinado

conteúdo de sericita fina e níveis rudáceos e microconglomeráticos (Fig. 3.18).

Ela ocorre estratificamente acima dos metapelitos e meta-arenitos da Formação Serra da Garapa, conectada a partir de contatos interdigitados e gradacionais. Transiciona e intercala-se nas unidades sobrepostas, constituindo lentes e níveis intercalados nas litologias das unidades superiores.

Seus termos compõem corpos lenticulares estirados, de direção norte-sul, em cristas homoclinais (Fig. 3.18 A e B), com sua manifestação de maior expressão constituindo uma faixa delgada norte-sul, na porção extremo oeste da folha Santo Antônio do Retiro.

Seus limites à norte encerram-se nas proximidades de Riacho Feio, Santo Antônio do Retiro, com os metarritmitos turbidíticos da NP1sopb - (Membro Meta-turbidítico). Ao sul, estendem-se até a sudoeste do distrito de Nova Aurora, nos domínios da folha homônima.

Estruturalmente estes corpos apresentam uma foliação milonítica principal (Sm) de médio a alto ângulo (50-80°), que obliteraram seus arranjos primários, e imprimiram forte estiramento mineral sub-horizontal norte-sul, com veios escalonados, dobras assimétricas rompidas e transpostas ao longo do *strike* (Fig. 3.18 E e F).

Seus termos basais são constituídos de quartzitos sacaroidais finos, mal selecionados, com grãos alcançando até 2mm. Estão estaticamente recristalizados, com agregados de quartzo em arranjos em mosaico, junções triplíceis e contatos irregulares que mascaram o arranjo e as texturas primárias (Fig. 3.19 A e B).

Apresentam conteúdos subordinados de fragmentos líticos diversos (Figura 3.19 C e D) (dentre quartzitos, metapelitos e prováveis metachert), sericita lepidoblástica e agregados de minerais opacos finos intersticiais. Grãos de zircão e turmalina fina detríticos ocorrem em conteúdos traços.

A abundância de quartzo varia de 85 a 95% da moda, com seu conteúdo reduzido nos níveis e lentes intercalados nos membros superiores. O conteúdo de sericita e minerais opacos apresenta relação inversa com o quartzo, alcançando de 6-10% do volume, os quais definem, quando permitido, variedades ferruginosas e sericíticas.

O quartzo apresenta extinção ondulante, subgranulação e novos grãos, estirados e ribbons nas variedades foliadas a miloníticas, associados a estruturas de dissolução e sombras de pressão e sigmoidais (Fig. 3.19 E e F).

Membro Metaturbidítico- NP1sopb

O Membro Metaturbidítico da formação Peixe Bravo abrange 7% da área cartografada pelo projeto. Juntamente com as unidades NP1sopc e NP1sopa, ocorre

estratigraficamente acima da unidade meta-arenítica (NP1sopq) da Formação Rio Peixe Bravo (Grupo Santo Onofre). Na folha Santo Antônio do Retiro constitui faixas e lentes estiradas de direção norte-sul, com intercalações e interdigitações das unidades adjacentes. Suas extensões setentrionais são expandidas para o domínio da Folha Volta do Morro (1:50.000), e as meridionais acunhadas na região de confluência entre os rios Bonfim e Mandaçaia, nas cercanias de Garrote de Cima, norte de Rio Pardo de Minas. Desta localidade, ao sul, o membro grada lateralmente aos termos metarrítmitos arenosos do Membro Metarrítico (NP1sopa), predominantemente constituídos por metarrítmitos arenosos bandados.

Suas melhores exposições ocorrem ao longo da calha e margens do riacho Feio, nas proximidades do povoamento homônimo, desde a sua cabeceira à confluência com o Rio Sucuriú, nas cercanias de Campo, região centro-norte de Santo Antônio do Retiro. Na região centro-noroeste desta folha, compõe um anti-forme invertido, com direção aproximada norte-sul,

com caimento sul-sudeste, em meio aos meta-arenitos e quartzitos da unidade NP2nvq da Formação Viramundo (Grupo Sítio Novo).

Na folha Rio Pardo de Minas é grande a variação lateral desse membro, sendo composta por metarrítmitos arenosos, psamitos e pelitos sericíticos e carbonosos, laminados à bandados, por vezes mais arenosa do que na região da folha Santo Antônio do Retiro e com bandamento mais espaçado.

Seus termos compreendem metarrítmitos pelíticos e arenosos definidos pela alternância de metassiltitos, meta-argilitos, filitos sericíticos e carbonosos, e variedades de metapsamitos mal selecionados, finos a (micro)conglomeráticas, predominantemente impuros, líticos e grauvaqueanos, distribuídos nas mais diversas proporções (Fig. 3.20).

De modo geral são constituídos por metarrítmitos (metaturbiditos), laminados a bandados, com disposição plano-paralela a subparalela, anastomosada, descontínua, com estruturas wavy e lenticular, gradações e laminações internas.

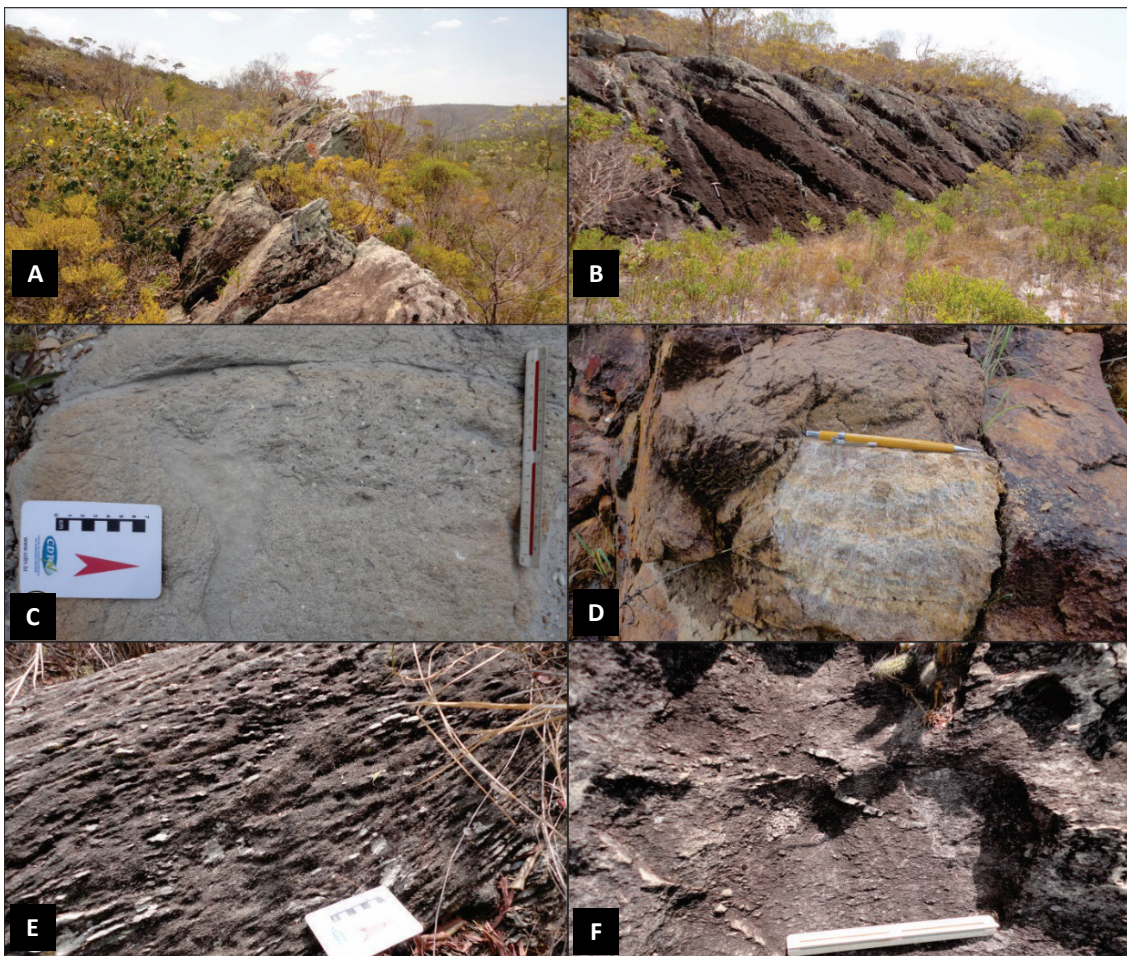


Figura 3.18 - A) Crista de direção Norte-Sul; B) Afloramento de quartzítico da unidade NP1sopq orientado na direção Norte-Sul ; C) Nível rudáceo irregular em meio a quartzito fino; D) Laminação composicional primária em quartzito; E) Lineação de estiramento em quartzito e F) Dobra intrafolial rompida e transposta em quartzito.

Suas estruturas primárias foram obliteradas e transpostas, parcial a totalmente, para superfícies verticalizadas de direção norte-sul, de natureza milonítica (Sm). Termos foliados a (ultra)milonitizados apresentam dobras intrafoliais fechadas e rompidas, estruturas sigmoidais assimétricas com eixo vertical, boudins, vênulas escalonadas em echelon e lentes imbricadas. Na folha Rio Pardo de Minas, estas estruturas não são bem caracterizadas por possuírem uma composição mais arenosa, mas os níveis metapelíticos apresentam melhor desenvolvimento destas estruturas, sendo observadas dobras

rompidas, níveis interdigitados e superfícies de clivagem de crenulação (Fig. 3.21 e 3.22).

Dentre as variedades psamíticas predominam os termos mal selecionados, finos a microconglomeráticos, laminados, com sericita, material carbonoso e matriz silto-argilosa. Elas contem minerais ferruginosos nas mais diversas proporções, com sua abundancia variando de traços a maiores, o que em alguns casos, justificam o uso da adjetivação ferruginosa em determinadas variedades (e.g. meta-arenito ferruginoso). Zircão, e menos frequente turmalina, são minerais acessórios frequentes.

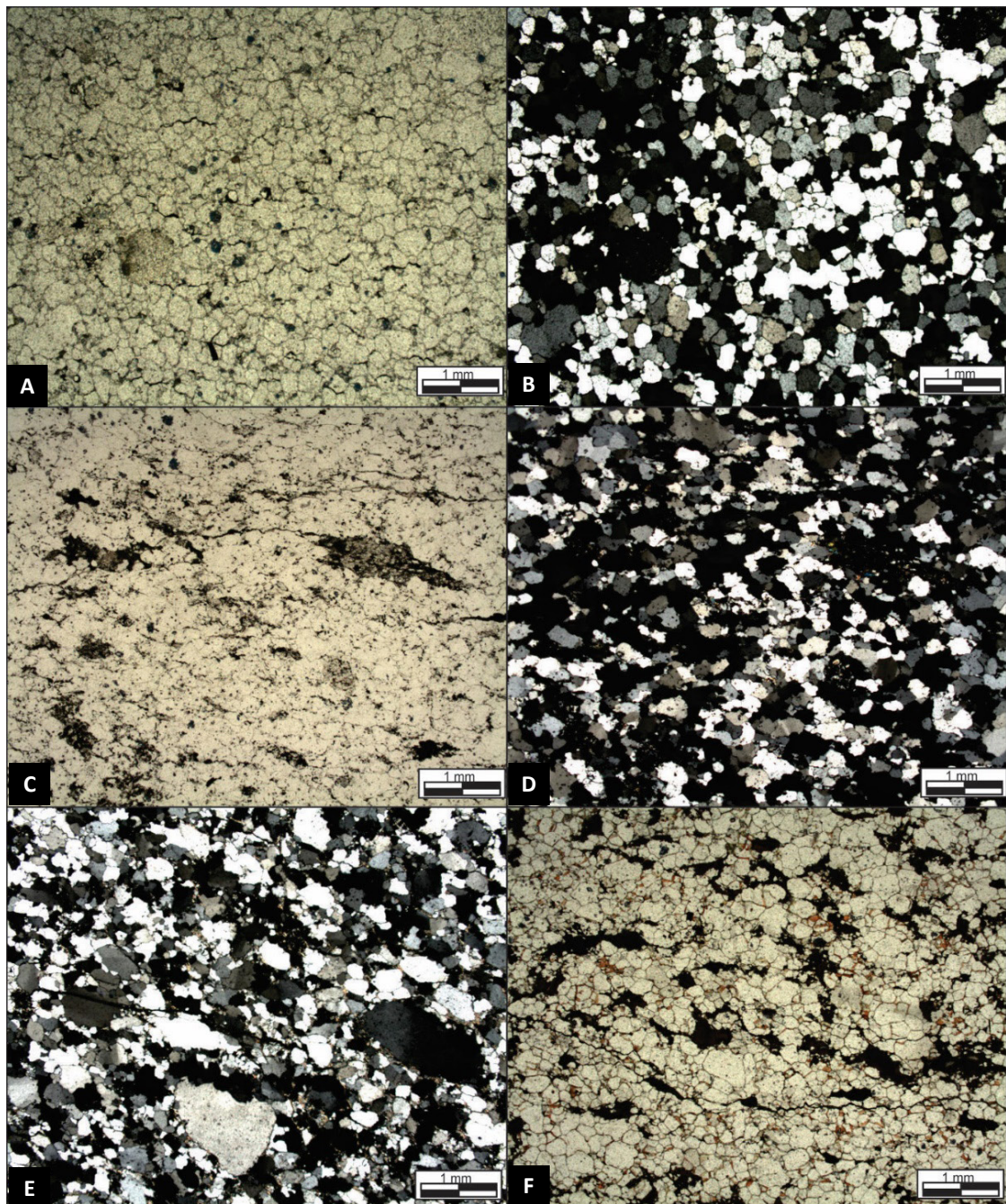


Figura 3.19 - A) Trama granoblástica de quartzito fino basal, com fragmentos líticos arredondados (PPL); B) mesmo campo anterior sob XPP; C) Fragmentos líticos sericíticos estirado em termo protomilonítico (XPL); D) mesmo campo anterior sob XPL; E) Quartzito estirado em quartzito protomilonítico (XPP) e F) Variedade meta-arenítica ferruginosa laminada (XPL).

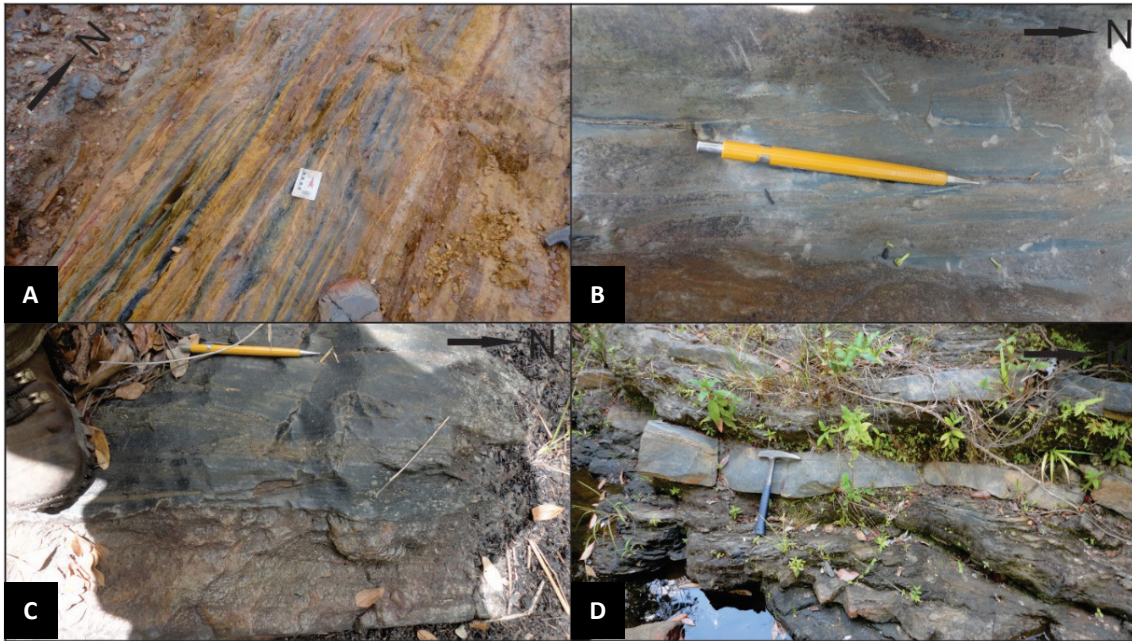


Figura 3.20 - Bandamento rítmico plano-paralelo definido pela alternância de metapelitos sericíticos, carbonosos e meta-arenitos finos; B) Laminação subparalela descontínua e wavy definida por níveis meta-areníticos e metapelite sericítico-carbonosos; C) bandamento plano paralelo definido por intercalação de meta-arenito/grauwaca e metapelite sericítico-carbonoso com dobras assimétricas; D) Intercalações centimétricas (bandamento) de meta-arenito em metapelite sericítico-carbonoso.

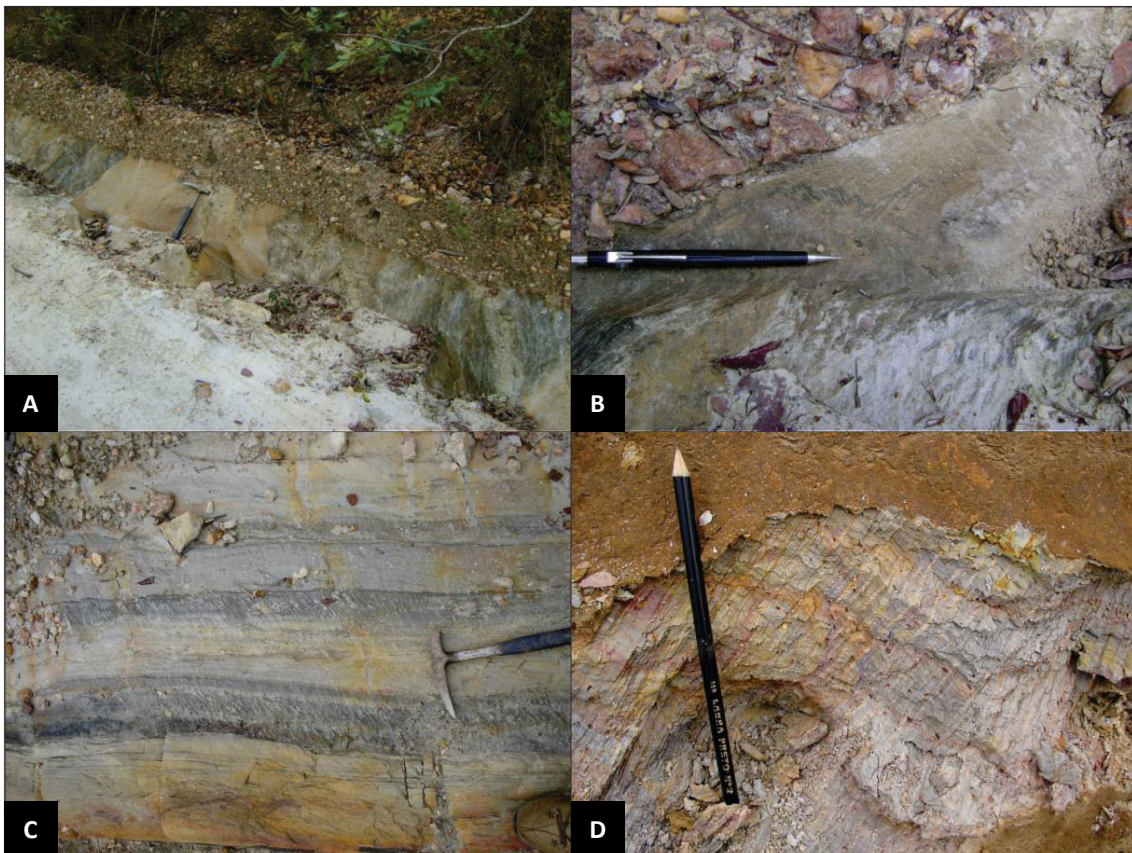


Figura 3.21 - Bandamento definido pela alternância de meta-arenitos sericíticos finos e metapelitos; B) Interdigitação e dobramento das lentes dos metapelitos nos contatos com os meta-arenitos; C) Bandamento plano paralelo definido por intercalação de meta-arenito e metapelite sericítico com foliação de crenulação bem definida nos níveis metapelíticos (planta); D) Intercalações centimétricas (bandamento) de meta-arenito e metapelite sericítico, detalhe da foliação de crenulação.



Figura 3.22 - A) Dobras em padrão “m” falhada, rompida e transposta em intercalações de meta-arenitos e metapelitos sericíticos-carbonosos e B) Laminações rítmicas de meta-arenitos finos e pelitos sericíticos com dobras intrafoliais assimétricas rompidas e transpostas.

O quartzo, nas variedades mais isotrópicas ocorre em grãos inequigranulares seriados, finos a grossos (microconglomeráticos), com bordas irregulares, interlobadas a serrilhadas, extinção ondulante, novos grãos e subgrãos (Fig. 3.23). Alguns espécimes são corroídos e contêm expressivo conteúdo de inclusões. Nas variedades milonitizadas são estirados, sigmoidais assimétricos, com sombras e dissolução por pressão, comumente envolvidos por sericita lepidoblástica e/ou minerais ferruginosos em agregados estirados, a partir de matriz recristalizada (Fig. 3.23).

A sericita é lepidoblástica fina, recristalizada a partir de matriz aluminosa, que em algumas variedades alcança mais de 15% da moda. Agregados e grãos de minerais opacos, ferruginoso e/ou carbonoso, ocorrem em interstícios de grãos de quartzo ou compondo a foliação da rocha em agregados estirados.

Membro Metarrítmico com cloritóide - NP1sopc

Esta unidade constitui 3% da área do projeto e está restrita a porção su-sudoeste da folha Santo Antônio do

Retiro, abrangendo parte do sudeste deste município e nor-noroeste de Rio Pardo de Minas.

Seus termos manifestam como variedades metamórficas dos metarritmitos do Membro Metaturbidítico (NP1sopb). São constituídos por metarritmitos quartzo-sericíticos, predominantemente arenosos finos e areno-siltosos, com cloritóide, contribuição carbonosa e localmente granada. São definidos pela alternância de lâminas e faixas de meta-argilitos, metassiltitos, meta-arenitos finos, e localmente microconglomerados,

Suas melhores exposições ocorrem na porção ocidental da folha, em uma faixa descontínua de direção norte-sul, limitada a oeste e sudoeste pelos metapsamitos e pelitos rítmicos carbonosos da formação Serra da Garapa (NP1sog) a partir de passagens gradacionais. Relações semelhantes ocorrem entre os termos da do Membro Metaturbidítico (NP1sopb) da Formação Rio Peixe Bravo. Ao norte, ocorre acunhada nas cercanias de Encharcado, Santo Antônio do Retiro, e ao sul, grada lateralmente para os metarritmitos arenosos bandados da unidade metarrítmica (NP1sopa).

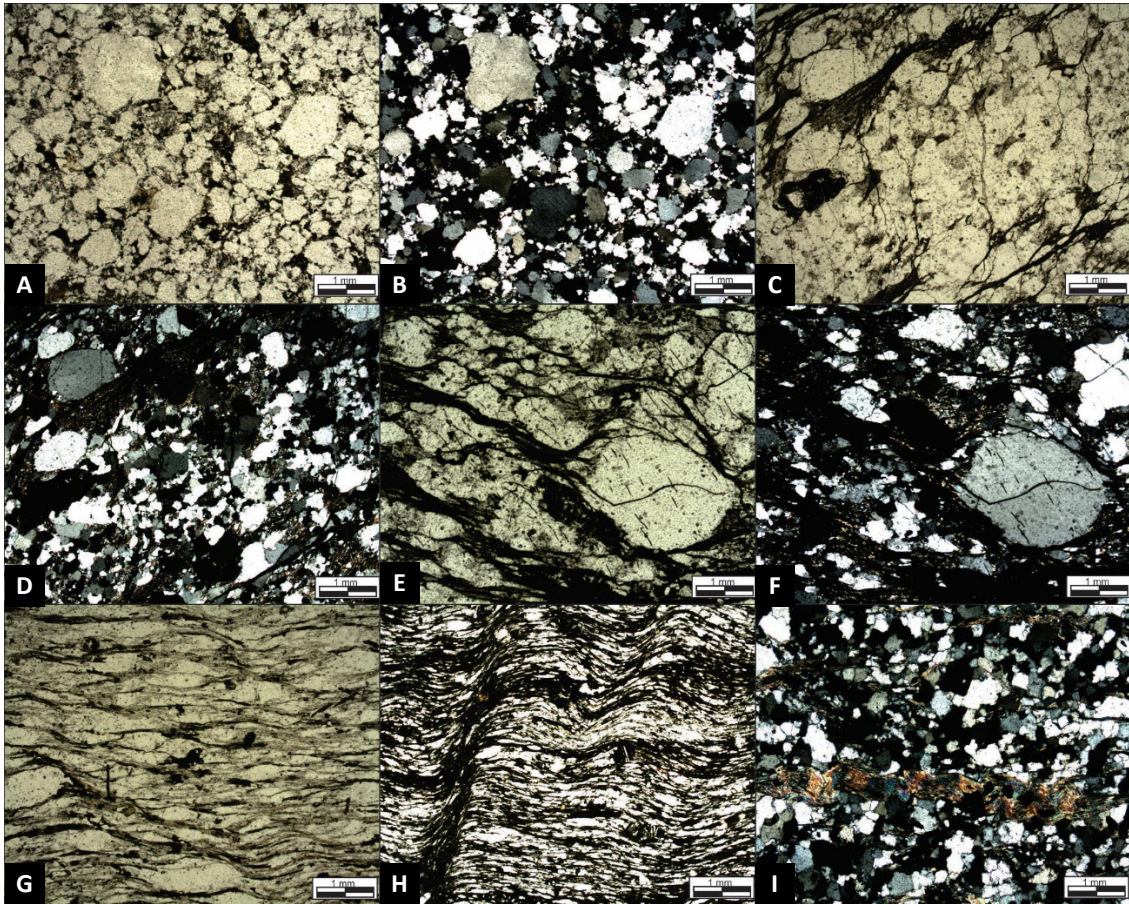


Figura 3.23 - A) Meta-arenito impuro laminado, sericítico com contribuição carbonosa (XPL); B) mesmo campo anterior sob XPP; C) Meta-grauvaca laminada milonitizada, com quartzo exibindo dissolução pro pressão e sericita lepidoblástica (XPL); D) mesmo campo anterior sob XPP; E) quartzo sigmoidal assimétrico e com sombra de pressão, envolvido por sericita lepidoblástica em variedade milonitizada de meta-grauvaca (XPL); F) mesmo campo anterior sob XPP; G) Meta-arenito sericítico milonitizado com foliação oblíqua desenvolvida (PPL); H) clivagem de crenulação bem desenvolvida; e I) meta-arenito sericítico laminado (XPL).

Nas proximidades de Córrego do Brejo, Rio Pardo de Minas, exposições significativas ocorrem de maneira contínua na calha e margens desta drenagem, com mais de 100 metros de extensão (Fig. 3.24), e as margens do córrego Água Branca, em lajedos de meia encosta.

Esses metarritmitos tem tonalidades verde-escuro, quando fresco, com grãos de cloritóide decussados lamelares, finos a grossos, sobrecrecido na matriz, de maneira geral, em avançado estado de alteração (Fig. 3.24 C e D).

Essas variedades são constituídas por laminações e bandamentos rítmicos (S0) dispostos em sets com estratificação plano-paralela, descontínua e lenticular, e estratos cruzados tangencias truncados (*hummocky*).

Apresentam uma foliação contínua penetrativa milonítica (Sm), verticalizada, de direção norte-sul, reflexo de uma transposição lateral (transcorrência) a partir de progressivo encurtamento com vergência para oeste. Isto obliterou e rotacionou suas estruturas primárias imprimindo dobramentos intrafoliais assimétricos fechados, *boudinagem* e imbricamento de lentes e faixas,

falhamentos com rejeito centimétricos, transposição e estiramento de estruturas (Fig. 3.25).

Superfícies de clivagem de crenulação tardias (Sn+1) ocorrem desenvolvidas e, de modo geral, em relação de alto ângulo com os planos da foliação principal (milonítica).

De maneira geral, seus metarritmitos são granolepidoblásticos inequigranulares finos, com predomínio de quartzo, sericita, cloritóide, clorita, minerais opacos e matéria carbonosa, com traços de plagioclásio e contendo turmalina, zircão e rutilo como fases acessórias.

Suas fases essenciais estão distribuídas nas mais diversas proporções entre as bandas e laminações, definindo diversidades petrográficas de filitos, metarritmitos e meta-arenitos quartzo-sericíticos com cloritóide, com termos microconglomeráticos e grauvaqueanos cloritóidicos subordinados, dentre outras combinações do espectro.

O quartzo é inequigranular xenomórfico fino, em grãos ou agregados estirados e recristalizados ao longo da



Figura 3.24 - A) Exposição em lajedo do metarritmito fino com cloritóide; B) Exposição às margens do Córrego da Água Branca; C) Bandamento rítmico plano-paralelo definido pela intercalação de níveis arenosos finos e arenos siltsos e D) Amostras em avançado estado de alteração ressaltando porfiroblasto de cloritóide alterado.



Figura 3.25 - A) Dobras assimétricas fechadas intrafolias de cinemática sinistral; B) Dobra parasítica em “M”; C) Laminação rítmica primária (So) com gradação interna obliterada por microfalhas sinistrais e D) Degraus de falha no metarritmito com cloritóide, em plano verticalizado norte-sul e indicação de cinemática dextrogira.

superfície da foliação principal (Fig. 3.26). Apresentam-se imbricados e sigmoidais com extinção ondulante, subgrãos e novos grãos. Alguns espécimes estão corroídos e em atol, sugerindo contribuição vulcânica (Fig. 3.26 D).

A sericita é inequigranular lepidoblástica fina e seu conteúdo varia amplamente, ocupando desde conteúdos menores a mais de 65% do conteúdo modal. Define a foliação da rocha, juntamente com quartzo estirado.

O cloritóide ocorre em porfiroblastos tabulares inequigranulares finos a médios, xeno a subidioblásticos, com maclas simples e polissintética. Pode compor a foliação da rocha, juntamente com sericita, a partir de grãos estirados, no entanto, não raro constitui trama decussada (Fig. 3.26 C). Seu conteúdo é irregular, com variedades contendo desde conteúdos traços a mais de 45% do conteúdo modal, geralmente em relação inversa com o quartzo.

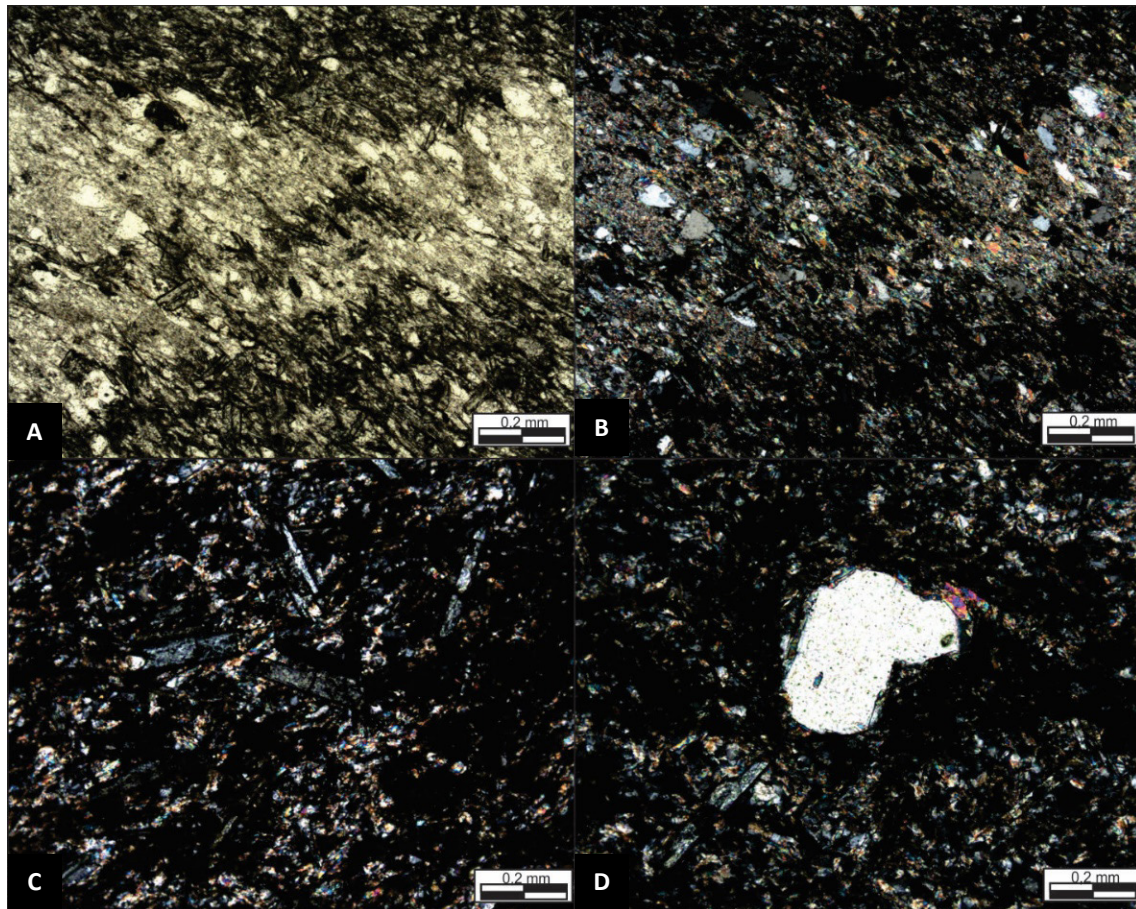


Figura 3.26 - A) Laminação definida por termo sericítico com clastos de quartzo e trama milonítica oblíqua em alto ângulo (PPL); B) Mesmo campo anterior sob XPL; C) Porfiroblastos sub a idioblásticos de cloritóide decussados (XPL); e D) Grão detrítico corroído de quartzo de provável origem vulcânica. (XPL).

A clorita ocorre de maneira localizada, em agregados feltrosos esverdeados pseudomórficos granulares finos (até 300µm). Ocupa até 3% do conteúdo modal.

Minerais opacos e matéria carbonosa ocorrem em agregados estirados ao longo da foliação ou em espaços intersticiais. Alcançam, em algumas variedades até 50% do conteúdo, definindo, desta forma, termos ferruginosos e carbonosos.

Membro Xistos Estaurolíticos - NP1sopx

A unidade NP1sopx da Formação Rio Peixe Bravo ocorre restrita à folha Santo Antônio do Retiro e compreende cerca de 3% da área do projeto. É constituída por xistos peraluminosos e metapelitos rítmicos milonitizados de composição quartzo-sericítica com magnetita e fenoblastos de estaurolita, granadas e biotita distribuídos de maneira irregular e nas mais diversas proporções (Fig. 3.27).

Seus termos estão limitados ao extremo nordeste e sudeste da folha e seus limites estão bem delineados a partir de imagens de aerolevantamentos geofísicos. Na região nordeste ocorrem nas proximidades de

Mandacaru, município de Montezuma, e a sudeste, nas proximidades de Brejão e Vazante, porções limítrofes deste município e Rio Pardo de Minas. Eles representam uma pequena fração de uma lente maior que se prolonga para as folhas adjacentes ao norte, nordeste e oeste.

Na região de Mandacaru, extremo nordeste da folha, esta unidade ocorre estratigraficamente acima dos filitos e metapelitos rítmicos carbonosos da Serra da Garapa, a partir de contatos gradacionais e interdigitações (Fig. 3.27 B).

Na porção sudeste, região de Brejão-Vazante, localidade de maior abrangência desta unidade, se manifesta com seus limites inferidos, tanto com o metagranitóide Tinguí (PP2ygt) quanto com as siliciclásticas das unidades NP2nvaf e NP2nvp, do Grupo Sítio Novo, cujas interfaces estão obscurecidas pela ausência de afloramentos, avançado processos pedogenéticos e pela planície de inundação do Rio Pardo. Nesta região, os filitos e metapelitos rítmicos carbonosos basais são pouco expressivos, e frequentemente constituem lentes e níveis irregulares nesta unidade.

Suas variedades predominantes são xistos e filitos miloníticos peraluminosos constituídos por intercalações

quartzo-sericíticas com magnetita, cujo conteúdo de fenoblastos de estauroлита, idioblastos de granada e biotita, sobrecrecidos estaticamente em horizontes específicos, ressaltam o bandamento composicional primário (S0) da rocha (Fig. 3.27).

A foliação principal (Sn) tem caráter milonítico, é vertical e tem direção norte-sul. Suas superfícies obliteraram o arranjo primário dessas rochas, reorganizaram e recristalizaram grãos de quartzo, sericita e minerais opacos, compondo grãos e agregados estirados, estruturas anastomosadas, lenticulares e sigmoidais assimétricas. A foliação Sn é anterior ao surgimento dos fenoblastos de estauroлита, biotita e granada (Fig. 3.27) e perpendiculares, ao menos na região, ao bandamento composicional primário.

De modo geral, seus termos são granolepidoblásticos finos, com conteúdo predominante de sericita lepidoblástica fina, entre 40 a 60% do conteúdo modal. O quartzo não excede 30% do conteúdo total. É xenomórfico inequigranular fino em grãos e agregados estirados. Apresenta subgranulação, extinção ondulante e imbricamento de grãos, com superfícies de dissolução por pressão e estruturas sigmoidais assimétricas.

Os minerais opacos, dentre magnetita e subordinada hematita, ocorrem em grãos xenomórficos inequigranulares, finos, estirados e não excedem 2% do conteúdo. A estauroлита ocorre em fenoblastos inequigranulares, médios a grossos, com espécimes atingindo dimensões centimétricas. São idioblastos decussados, com geminação em cruz, por vezes, defletindo a foliação principal (Fig. 3.28 A), sugerindo um crescimento sin a pós tectônico.

A granada é sub a idioblástica, inequigranular fina a grossa, com padrões de inclusões discordantes da foliação

(Fig 3.28 B e C), sugerindo, da mesma forma, uma blastese tardi a sin tectônica. A biotita ocorre em lamelas marrom acastanhadas, xenoblásticas finas a grossas, de modo geral, com seus planos basais perpendiculares a foliação milonítica (Fig 3.28 B e C).

Diante de sua constituição metapelítica peraluminosa laminada com metapelitos carbonosos basais, similares as associações da Serra da Garapa (NP1socc), e os metapelitos peraluminosos da Formação Peixe Bravo, da região oeste da área, correlacionou-se estes xistos e metapelitos estaurolíticos com esses termos metapelíticos ocidentais. Podendo, assim, representar seus congêneres reequilibrados em condições metamórficas distintas.

Membro Filítico - NP1sopf

Seus litotipos estão em avançado estado de alteração, exibindo matizes acinzentadas a negras, ocre, e até avermelhadas, proveniente da lixiviação e formação de uma carapaça ferruginosa (Fig. 3.29). Este membro é constituído predominantemente por filitos sericíticos, filitos arenosos, com intercalações de meta-argilitos, metasiltitos e meta-arenitos finos ferruginosos subordinados, podendo conter porfiroblastos de magnetita (Fig 3.30 D).

Esta unidade possui grande expressão na folha Rio Pardo de Minas e subordinadamente na folha Nova Aurora. Neste contexto compõe uma faixa contínua anastomosada de direção norte-sul na porção extremo ocidental das duas folhas do projeto. Esta unidade não é facilmente detectável em mapas de levantamentos aerogeofísicos devido à composição das rochas adjacentes serem semelhantes e estarem intercaladas e interdigitadas entre si.

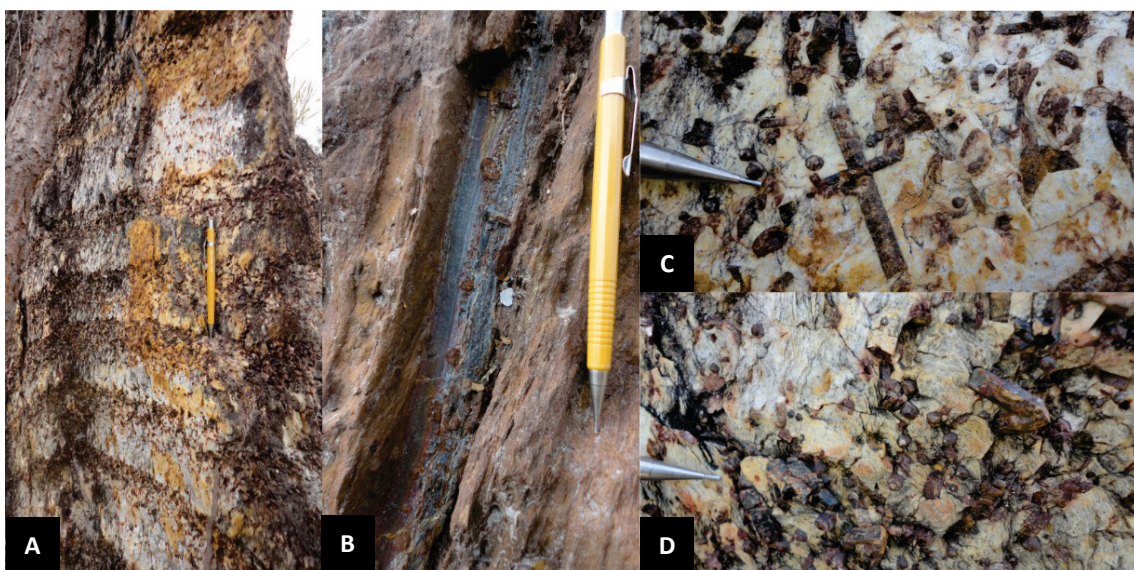


Figura 3.27 - A) Bandamento composicional rítmico com porfiroblastos de estaurolíticas decussadas sobrecrecidas em níveis específicos; B) Horizonte de metapelito carbonoso granatífero, da base dos xistos estaurolíticos; C) Detalhe de idioblastos de estauroлита em xisto metapelítico; e D) Xisto quartzo sericítico com expressivo conteúdo de porfiroblastos de granada e estauroлита.

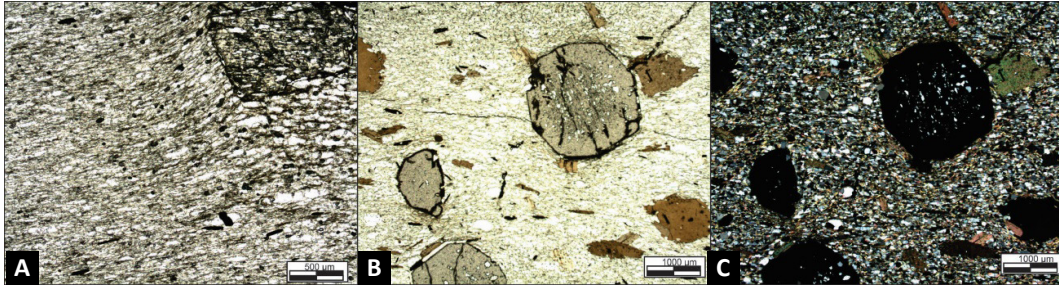


Figura 3.28 - A) Porfiroblasto de estaurolita sobrecrecida em matriz quartzo-sericítica milonitizada (PPL); B) Porfiroblasto de granada e biotita em matriz foliada milonítica (PPL); e, C) mesmo campo anterior sob XPL.



Figura 3.29 - A) Bloco de filito cinza; B) Crista de pacote de filito, com detalhe da amostra de mão.

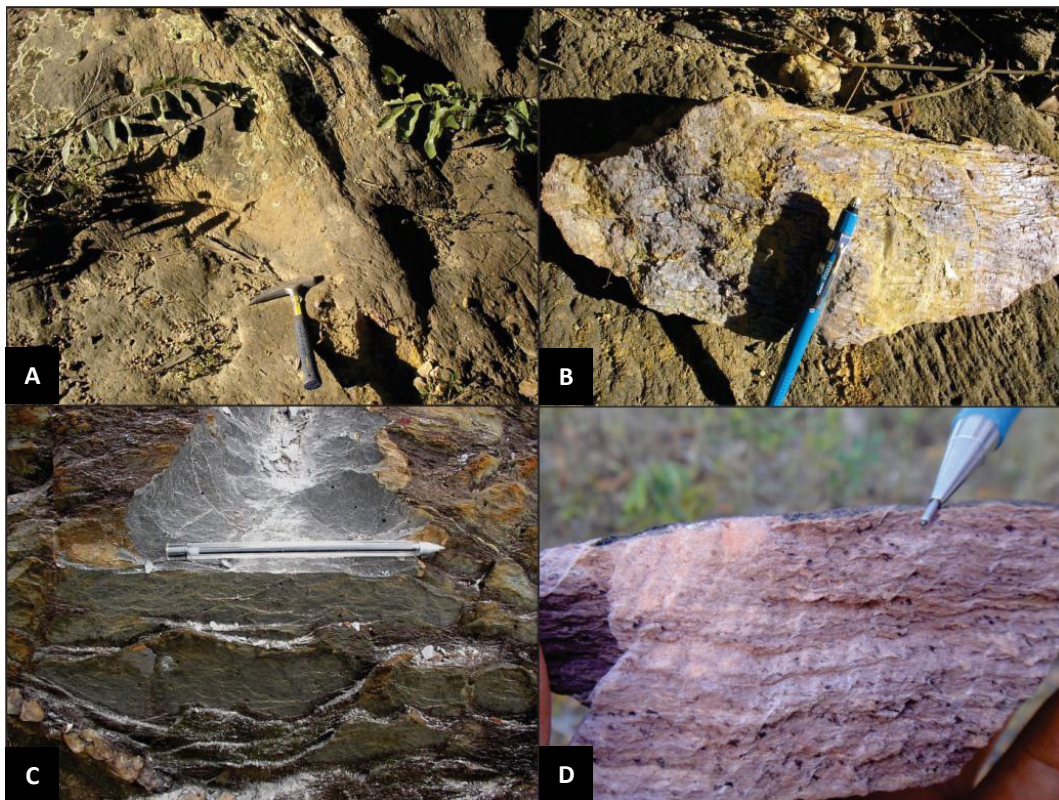


Figura 3.30 - A) Filito arenoso cinza com porções de cor ocre provenientes de oxidação; B) Detalhe do filito crenulado com cristais de hematita; C) Filito cinza em processo de laterização superficial com presença de boxworks (magnetita?); D) Filito arenoso com magnetitas.

Ocupa uma aproximadamente de 4% da área mapeada, abrangendo regiões de meia encosta e fundos de vales encaixados. Apresenta uma espessura média de 800 metros, podendo alcançar até 1000 metros na folha Rio Pardo de Minas. À leste, transiciona-se para a unidade metaturbidítica (NP1sopb). Neste contexto são frequentes os níveis e lentes das unidades inferiores e superiores intercaladas em meio aos metapelitos desta unidade, com níveis de metapelitos carbonosos, níveis métricos de meta-arenitos impuros e metarritmitos.

Os metapelitos laminados desta unidade tem composição quartzo-sericítica, por vezes com granada e cloritóide, possivelmente estilpnomelano, e expressivo conteúdo de minerais opacos ferruginosos, assim como óxidos e hidróxidos de alteração, cuja abundância significativa em determinados termos os qualifica como ferruginosos. Feldspato sem macla (albita) e fragmentos líticos ocorrem localmente e em conteúdos menores. Zircão e turmalina constituem as fases acessórias.

Seus litotipos são constituídos por um bandamento/laminação primária (S0) definida pela alternância plano paralela de níveis metapelíticos e subordinados arenosos finos. Planos de foliação milonítica (Sn) obliteraram as suas estruturas primárias e imprimiram estruturas sigmoidais e lenticulares assimétricas e anastomosadas. Superfícies de clivagem de crenulação espaçada (Sn+1), em relação de médio a alto ângulo, defletiram e transpuseram a foliação principal e estão associadas com estruturas assimétricas e de dissolução por pressão.

Encontram-se melhor preservadas nos níveis pelíticos e interrompidas nos níveis arenosos.

De modo geral, essas variedades são granolepidoblástica fina, com sericita compondo de 40 a 80% do volume da rocha. Esta é lamelar lepidoblástica que, com grãos e agregados de quartzo estirados, definem a foliação da rocha (Fig. 3.31). Algumas variedades portam moscovita lamelar decussada fina sobrecrescida na matriz foliada (2° geração; Fig. 3.31 C-D), em abundância não superior a 6% da moda.

O quartzo ocorre em grãos finos (até 1,2mm), ribbons e agregados granoblásticos lenticulares estirados, com subgranulação e extinção ondulante. Estruturas de caudas de recristalização, sigmoides assimétricos e sombras de pressão estão desenvolvidas ao redor de alguns clastos recristalizados, com superfícies de dissolução por pressão e recristalização dinâmica junto às superfícies de clivagem de crenulação (Fig. 3.31A). Seu conteúdo varia de 15 a 40% do conteúdo modal, e sua distribuição irregular caracteriza o bandamento composicional primário.

Minerais opacos finos, dentre hematita idiomórfica granular e lamelar lepidoblástica (Fig. 3.31 E-F), assim como em agregados lenticulares estirados ao longo da foliação principal e acumulado nas superfícies de crenulação, variam desde conteúdos menores a até 15% do volume da rocha. Óxidos e hidróxidos de alteração ocorrem impregnados em posições intergranulares e intersticiais e alcançam em algumas variedades até 35% da moda.

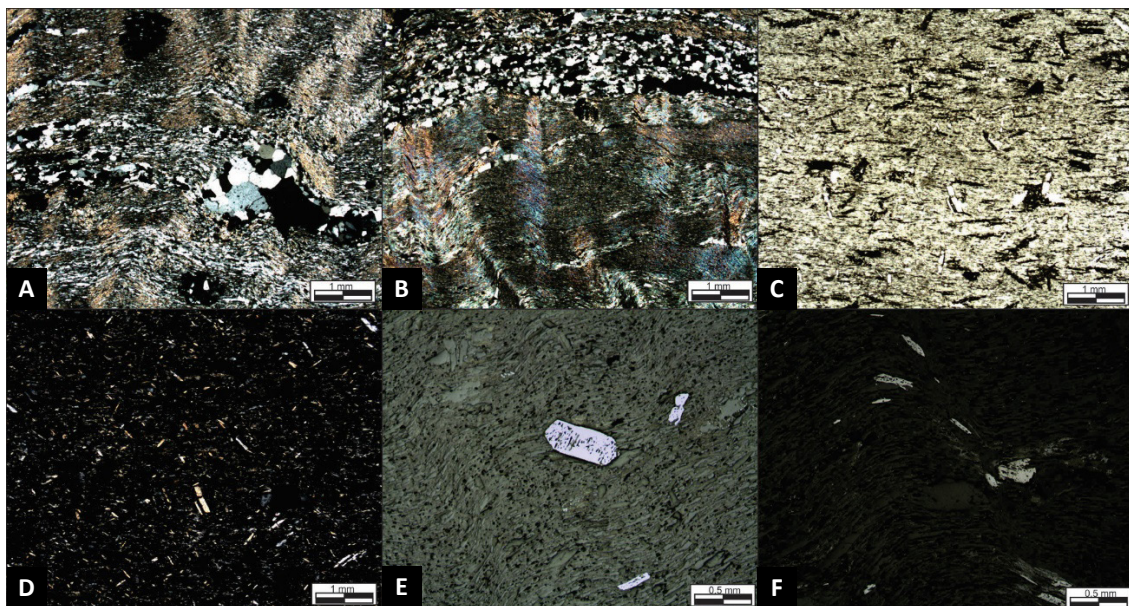


Figura 3.31 - A) Clasto de quartzo recristalizado com sombra de pressão e cauda de recristalização (XPL); B) Clivagem de crenulação bem desenvolvida nos níveis sericíticos e interrompidas nos arenosos (XPL); C) grãos cruzados tabulares finas/aciculares totalmente alteradas (cloritóide/stilpnomelano) em variedade granatífera (PPL); D) mesmo campo anterior sob XPL; E) Hematita idiomórfica com padrões de inclusões discordantes (Luz refletida) e F) hematitas lamelaras estiradas ao longo da foliação (luz refletida).

Alguns grãos inequigranulares finos a médios de granada, por vezes rotacionados e com foliação defletida, e fases tabulares/aciculares finas (possivelmente cloritóide, estilpenomelano) cruzadas, ocorrem totalmente alterados e alcançam no máximo 5% da moda.

Membro Metarrítmico granatífero magnético
- NP1sopm

A unidade metarrítmica granatífera com magnetita (NP1sopm) da formação Rio Peixe Bravo do Grupo Santo Onofre, abrange 2% da área do projeto. Ocupa domínios rebaixados de meia encosta com suas delimitações distinguíveis a partir de imagens obtidas a partir de levantamentos aeromagnetométricos.

Ela manifesta-se como um corpo lenticular de direção norte-sul encerrando-se, em sua porção setentrional, nas proximidades das cabeceiras do córrego Lamarão, cercanias de Debaixo em Santo Antônio do Retiro. Ao sul, estende-se paralelamente ao eixo do rio Mandaçaia até as proximidades da localidade homônima, na porção sudoeste do mesmo município.

É constituída por metarritmitos finos, meta-argilitos e metassiltitos granatíferos, com subordinados meta-arenitos impuros laminados e quartzitos, caracteristicamente com grossos idióblastos de granada (Fig. 3.32) e magnetita. Seu acervo litológico é similar, e em continuidade, ao da unidade metaturbidítica

(NP1sopb), constituindo assim, uma variedade faciológica enriquecida em magnetita.

Predominantemente, seus termos tem granulação fina, silte-argila e são portadores de idióblastos inequigranulares finos a grossos de granada e magnetita, em concentração expressiva, alcançando, por vezes, mais de 25% da constituição modal da rocha.

Membro Metarrítmico Arenoso - NP1sopa

A unidade metarrítmica arenosa da formação Peixe Bravo (NP1sopa) ocorre na região noroeste do município de Rio Pardo de Minas, abrangendo parte da porção sudoeste da folha Santo Antônio do Retiro e noroeste da folha Rio Pardo de Minas.

Sua área de predomínio estende em direção NNW a SSE, das cabeceiras dos tributários do córrego cercadinho, norte de Rio Pardo de Minas. Na folha Rio Pardo de Minas o predomínio desta unidade inflete para na direção SSW, abrangendo os distritos de Bonfim, Garrote e Efigênia.

Suas melhores exposições ocorrem nas proximidades de Bonfim, as margens do córrego homônimo, e nas regiões de cabeceiras dos afluentes do córrego do Ouro, definindo padrões de drenagem em estilo treliça/retangular, com as drenagens de primeira ordem paralelas/semi-paralelas de caráter subsequente.

Esta unidade manifesta-se como uma variação lateral dos membros metarrítmicos da Formação Rio Peixe

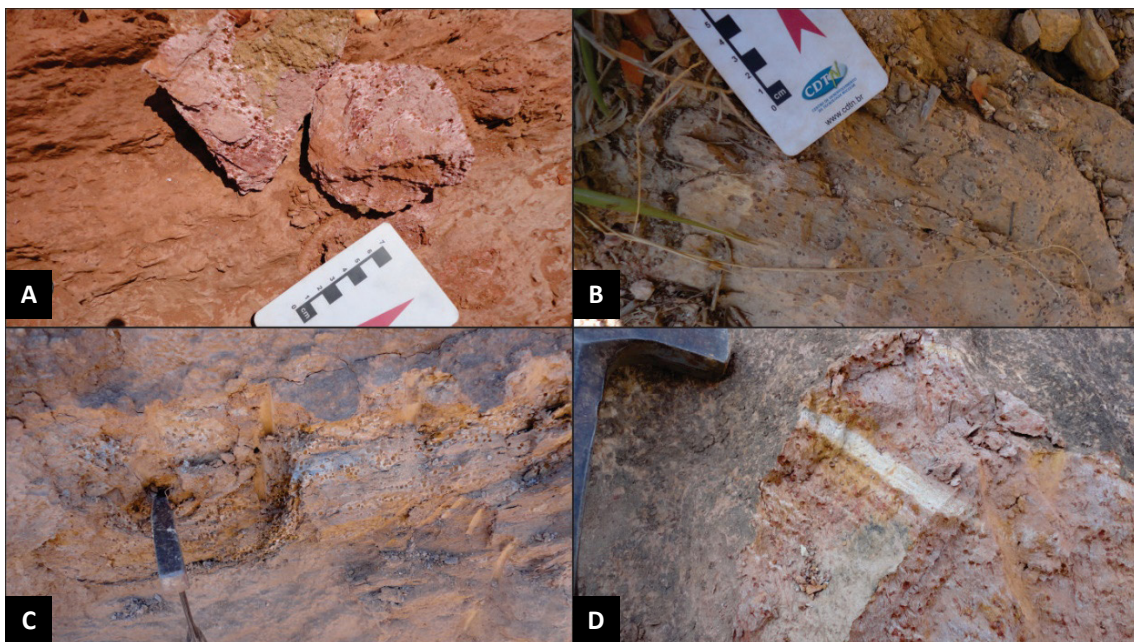


Figura 3.32 - A) Amostra de filito com expressivo conteúdo de idióblastos de granada e magnetita alterada; B) Expressivo conteúdo de idióblastos de granada em filito com magnetita; C) Metarritmito laminado silto-arenoso com expressivo conteúdo de idióblastos de granada alterada e magnetita; e D) Filito laminado (metarritmito) com expressivo conteúdo de granada alterada.

Bravo (turbidítica - NP1sopb; cloritóide - Np1sopc; e filítica - NP1sopf).

É constituída por metarritmitos bandados e laminados (Fig. 3.33); definidos pela alternância de níveis areníticos, grauvaqueanos, siltícos e argilíticos, carbonosos ou não, com predomínio de fração arenosa fina a grossa (<> 1mm), característica esta, que o distingue de seus pares rítmicos da unidade turbidítica NP1sopb. Níveis e lentes rudáceas e quartzarenosos dos membros NP1sopq e rítmicos do NP1sogc são frequentes, assim como porções cujas intercalações predominantes são características da NP1sopb.

De maneira geral, é constituída por metarritmitos bandados quartzo-sericíticos, podendo conter granada. Apresentam estratificação plano paralela e predominância de bandas arenosas, com subordinadas estratificações lenticulares, irregulares curvadas, estruturas de carga e gradacões nos sets, tanto normais quanto inversas (Fig. 3.34).

Similar aos seus congêneres metarrítmicos das unidades adjacentes, suas estruturas primárias estão obliteradas por dobramentos abertos a suaves com eixo norte-sul, e vergência para oeste (Fig. 3.35 B-E-F). O progressivo encurtamento transpôs essas feições, rotacionou seus elementos e imprimiu dobras intrafoliais assimétricas, fechadas e rompidas (Fig. 3.35 E-F), e uma lineação de estiramento mineral coplanar e oblíqua.

Superfícies de clivagens de crenulação, espaçada a zonal, com dissolução por pressão associada, seccionam tardiamente o pacote (Fig. 3.35 D) e envolvem grossos

idioblastos de granada quando presentes. Apresentam-se estruturadas nas mais diversas relações com a foliação Sn e acamadamento S0.

De modo geral, os litotipos desta unidade apresentam composição quartzo-sericítica, com algumas variedades contendo clastos de feldspato, blastos de granada alterada, cloritóide e biotita, frequentemente com turmalina e zircão em conteúdos acessórios. Clorita, argilo minerais e óxidos, ocorrem subordinados e constituem fases de alteração.

Seus pares metapsamíticos tem trama reliquiar granular mal selecionada superposta por arranjo granolepidoblástica inequigranular fino, localmente com granada e cloritóide em seus termos sericíticos/pelíticos.

Diante da variada e irregular distribuição modal dos constituintes essenciais, seus termos definem diversidade de meta-arenitos e metapelitos, dentre sericíticos, carbonosos e ferruginosos, com subordinados xistos e metagrauvas.

O quartzo varia desde conteúdos menores, nos termos metapelíticos, a até 90%, nos meta-arenitos. Exibe trama inequigranular fina, localmente média a grossa, com grãos detríticos mal selecionados compondo agregados granulares recristalizados (Fig. 3.36 D-E-F). Ocorre recristalizado em condições estática com ajuste de borda, extinção ondulante, subgrãos e novos grãos. Grãos fortemente estirados compõe seus pares milonitizados.

A sericita é lepidoblástica inequigranular fina, em agregados recristalizados a partir da matriz, variando de

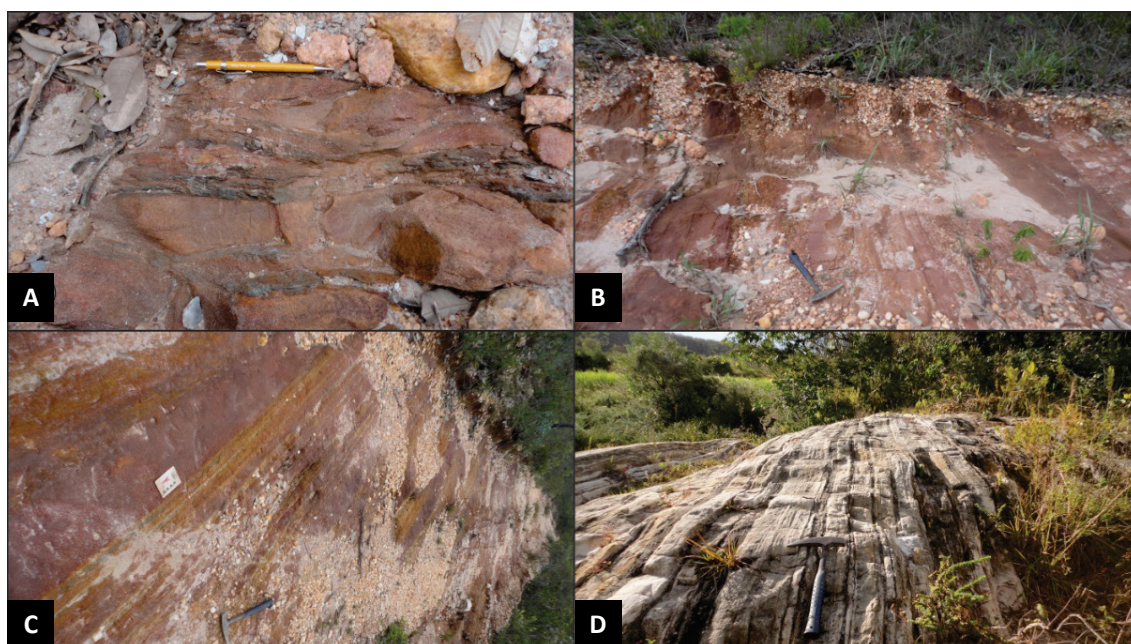


Figura 3.33 - A) Metarritmito com predominância de fração areia; B) Bandamento rítmico em metarritmito com predominância de bandas arenosas; C) Alternância rítmica em metarritmito bandado definido por intercalações arenosas (róseo) e areno-siltosa (ocre) e D) Alternância rítmica entre meta-arenitos finos e, menos abundante, metassiltitos e meta-argilitos.

conteúdos traços, nas variedades psamíticas, a até 75% nos termos metapelíticos (Fig. 3.36). O feldspato ocorre tanto em grãos detríticos finos quanto em agregados recristalizados sem maclas (albita). Apresenta conteúdos menores, no primeiro caso, e, atingindo até 18% da moda no segundo, definindo variedades de feldspato meta-arenito e meta-arenito feldspático.

Minerais opacos compõem grãos e agregados recristalizados finos, estirados ao longo da foliação principal, nas variedades foliadas e miloníticas, ou em posições intersticiais e intergranulares nos litotipos granulares. Seu conteúdo varia de menor a até 25-30% do conteúdo modal, definindo, variedades ferruginosas. Nas superfícies de clivagem de crenulação estão acumulados ao longo das superfícies de dissolução por pressão.

Matéria carbonosa, de modo similar, constitui agregados lenticulares estirados, quando não, em espaços intergranulares, com seu conteúdo, quando expressivo e suficiente, definindo os termos carbonosos.

Grãos idioblásticos grossos, alcançando até 8 mm, hexagonais totalmente alterados para argilo-minerais, óxidos e clorita, e com restos de inclusão de quartzo, sugerem a pré-existência de granada. Padrões helicíticos internos, deflexão na foliação e estruturas sigmoidais assimétricas em δ , sugerem uma gênese sin-cinematática para esses grãos (Fig. 3.36 B e C). Sua abundância varia de ausente a até 15% da moda,

com a seu conteúdo diretamente proporcional ao de material pelítico.

Biotita e cloritóide ocorrem localmente, com esta última, em grãos tabulares subédricos, em avançado estado de alteração, de maneira similar aos das variedades da unidade NP1sopc, alcançando conteúdos até 15% da moda. A biotita ocorre em lamelas e agregados castanhos, retrogradados para moscovita/sericita.

Membro Paraconglomerático- NP1sopp

O membro paraconglomerático está restrito à duas pequenas faixas lenticulares e anastomosadas, de orientação N-S, de 500 metros de largura, localizadas no setor NW da folha Nova Aurora. Seus melhores afloramentos estão expostos em cortes de estradas e assoalhos de ramais secundários na região da fazenda Natanael (Fig.3.37 A). Essa unidade é caracterizada por paraconglomerados polimíticos, de matriz quartzo-sericítica dominante, fina a muito fina (Fig.3.37 B), onde envolve clastos (<20%) de saprólitos graníticos, quartzitos, seixos de quartzo. Granadas idiomórficas são por vezes diagnosticadas compondo a trama matricial. Neste contexto a percentagem modal de clastos não ultrapassa 20%, e estes, estão geralmente facetados e em avançado grau de alteração.

As variedades paraconglomeráticas da Formação Rio Peixe Bravo (Grupo Santo Onofre), em geral, são

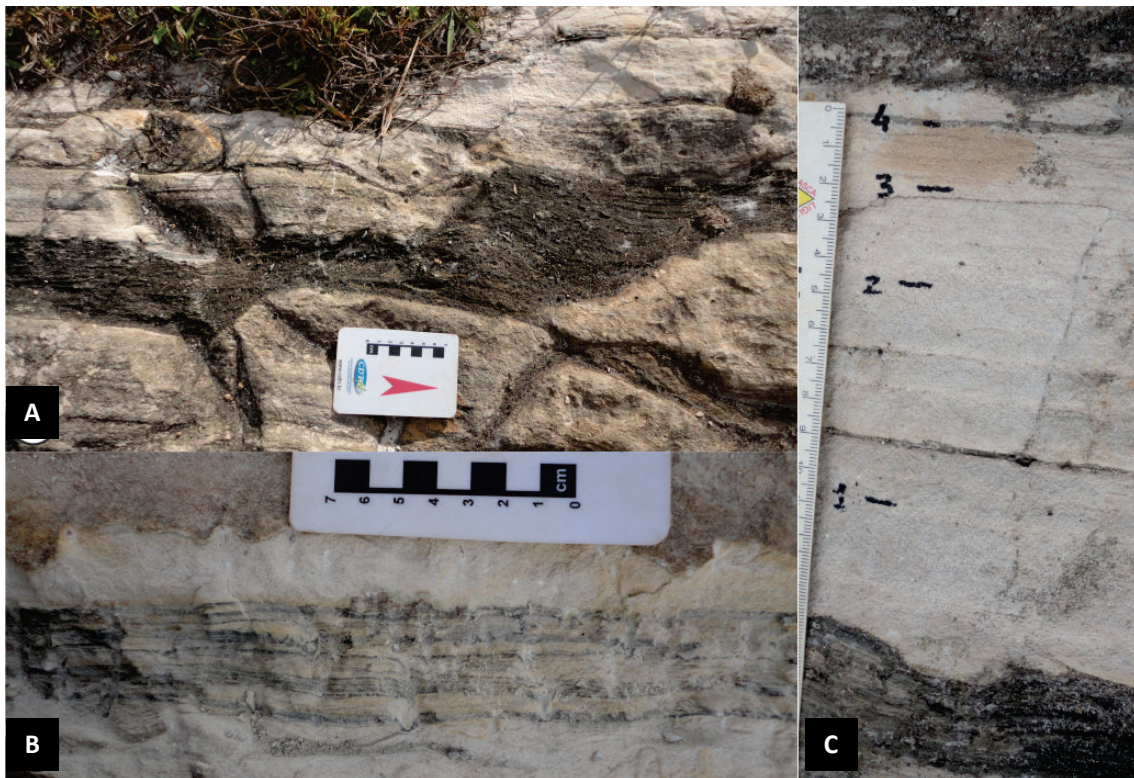


Figura 3.34 - A) Laminações internas plano-paralelas, B) Estrutura de carga em metarritmito bandado e, C) Gradação inversa em set arenoso decacentimétrico com estrutura de carga na base.

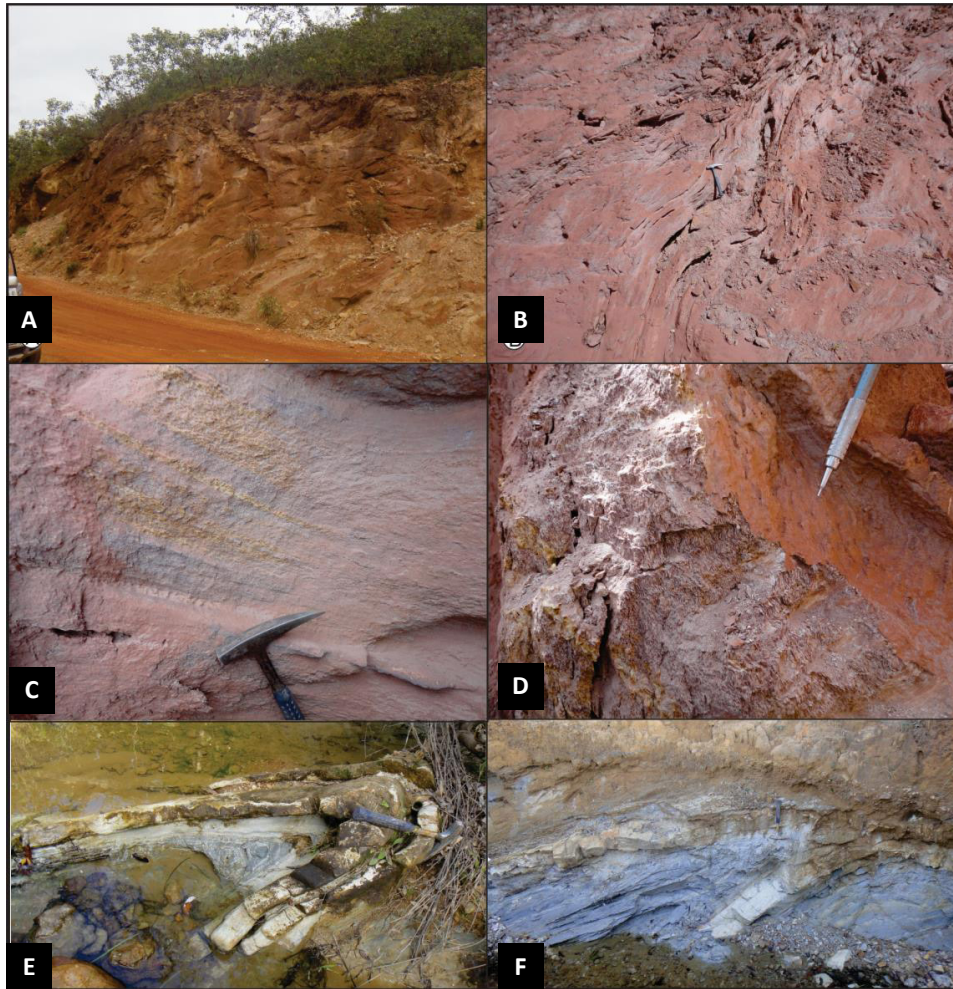


Figura 3.35 - A) Afloramento de metarritmito arenoso; B) Dobras abertas e suaves de pequena assimetria, com eixo N-S de vergência para W; C) Bandamento rítmico plano-paralelo centimétrico definido pela alternância de metapelitos sericíticos crenulados e meta-arenitos finos; D) Metarritmito arenoso apresentando foliação principal sendo obliterateda por foliação secundária; E) Dobra assimétrica fechada a cerrada de metapelito e meta-arenito fino; F) Dobra assimétrica semelhante a anterior.

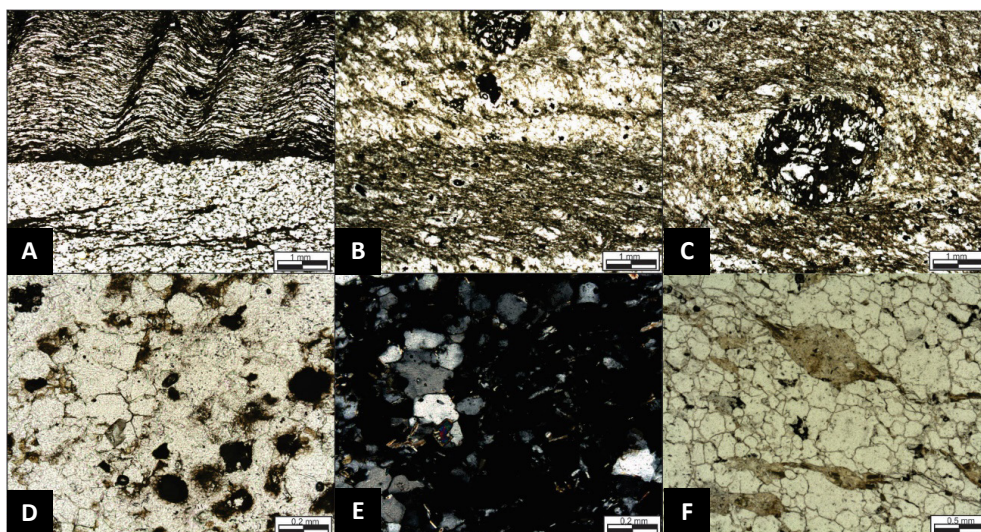


Figura 3.36 - A) Bandamento definido pela alternância entre meta-arenito fino recristalizado e quartzo-sericítico carbonoso e crenulado (PPL); B) Interface entre meta-arenito sericítico com idioblasto de granada e meta-grauvaca com foliação oblíqua milonítica; C) Porfiroblasto de granada alterada para óxidos (magnetita) defletindo foliação e padrão helicítico (PPL); D) Agregado de quartzo e feldspato fino recristalizado, com turmalina e zircão acessórios, em banda meta-arcoseana granatífero (PPL); E) Mesmo campo anterior sob PPL; e F) Agregado pseudomórfico sigmoidal assimétrico de sericita retrógrada em meta-arenito sericítico milonitizado (PPL).

constituídas por metapsamitos impuros e metarruditos milonitizados quartzo-sericíticos, com minerais opacos, mal selecionados finos a grossos, com subordinados termos metapelíticos. Exibem um arranjo granolepidoblástico inequigranular, definindo uma foliação contínua anastomosada, de natureza milonítica, com estruturas sigmoidais assimétricas, grãos estirados, sombras e dissolução por pressão (Fig. 3.38). A sericita fina compõe a matriz da rocha, e, grãos angulosos a subarredondados de baixa esfericidade, o arcabouço (Fig. 3.38 A-B).

O quartzo constitui em torno de 55 a 94% do conteúdo modal. Está distribuído de maneira seriada, por vezes bimodal, com grãos menores que 30 μm , estirado e recristalizado. Apresentam extinção ondulante, subgrãos e novos grãos, com os clastos envolvidos pela foliação milonítica, com frequentes grãos imbricados e rotacionados, estruturas sigmoidais assimétricas, sombras e dissolução por pressão (Fig. 3.38). Espécimes corroídos sugerem contribuição vulcânica (Fig. 3.38 C). A sericita alcança até 45% do conteúdo da rocha, nas variedades com maior contribuição pelítica. É lepidoblástica fina e define a matriz milonítica recristalizada, juntamente com quartzo estirado e agregados de minerais opacos finos. Os minerais opacos ocorrem em grãos ou agregados finos coalescidos e recristalizados a partir de espaços intergranulares e intersticiais, subordinado a conteúdos menores. Turmalina e zircão constituem as fases acessórias.

3.3.3. Formação João Dias - NP12soj

A Formação João Dias do Grupo Santo Onofre ocorre restrita à região extremo sudoeste da folha Santo Antônio do Retiro, nas porções limítrofes entre os municípios de Mato Verde e Rio Pardo de Minas. Ocupa regiões de meia encosta e fundos de vale e é definida por uma faixa de direção NNW-SSE, paralela a direção da cordilheira do Espinhaço.

Suas melhores exposições ocorrem nas proximidades das cabeceiras do córrego do Ouro e Ribeirão Garrote, extremo sudoeste da folha, ao longo do divisor de águas dessas drenagens e as margens do Córrego do Brejo nas proximidades da região homônima, norte de Rio Pardo de Minas.

Esta unidade é caracterizada por metaconglomerados e metabrechas polimícticas, com predomínio de seixos de quartzitos e meta arenitos, suportado por matriz areia fina e carbonosa (Fig. 5). Níveis metapelíticos carbonosos no topo do pacote, ocorrem interdigitados por lentes e níveis de meta-arenitos.

Seu arranjo primário está intensamente obliterado por processos deformacionais que estiraram os clastos e imprimiram uma foliação contínua anastomosada, de natureza milonítica, que envolve e bordejia os seixos, desenvolvendo estruturas boudinadas e sigmoidais dextrógiras, sombras de pressão assimétrica, rotação e imbricação de clastos (Fig. 3.39).

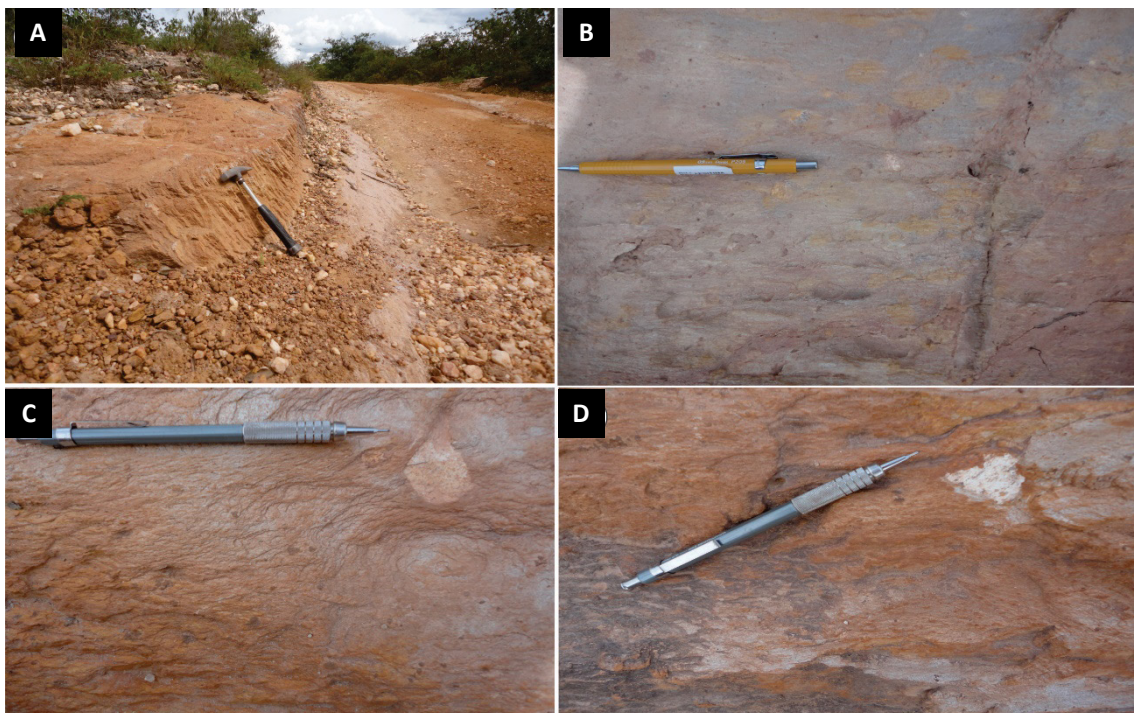


Figura 3.37 - A) Afloramento da unidade paraconglomerática exposto em corte e assoalho de estrada secundária; B) Matriz quartzo sericítica fina envolvendo clastos de quartzitos; C) Clasto de quartzito fino facetado; D) Clasto de granítico saprolitizado.

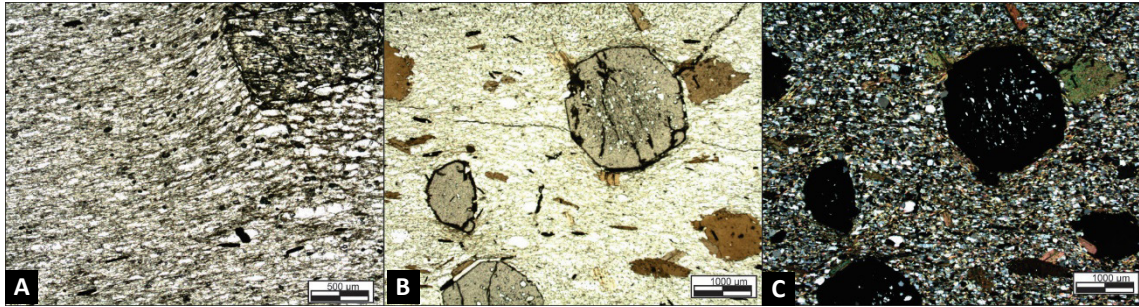


Figura 3.38 - A) Clastos envolvido pela foliação milonítica com sombras de pressão, imbricamento de grãos e dissolução por pressão. (PPL, 2x); B) Grão de quartzo xenomórfico anguloso sugestivo de contribuição vulcânica em meio a foliação milonítica anastomosada sigmoidal (PPL, 2x) e C) mesmo campo anterior sob PPL.



Figura 3.39 - A) Seixos e blocos areníticos acinzentados, estirados e imbricados de matriz arenosa; B, C e D) Conglomerado polimíctico de matriz carbonosa, com seixos de meta-arenitos/quartzitos diversos, estirados, sigmoidais, rotacionados e com sombras de pressão.

3.4. GRUPO SÍTIO NOVO - NP2sn

3.4.1. Formação Viramundo- NP2nv

O Grupo Sítio Novo é representado no âmbito do projeto pela Formação Viramundo. Esta unidade é caracterizada na forma de uma extensa faixa anastomosada de direção N-S com aproximadamente 10 km de largura (Fig. 3.40). Esta se estende desde o setor central da Folha Rio Pardo até a região meridional do estado da Bahia, dominando assim a região central da Folha Volta do Morro (SD.23.Z-D-II-2). Seus membros estão sobrepostos aos metassedimentos pertencentes ao Grupo Santo Onofre por zonas de cisalhamento contracionais de direção preferencial N-S com mergulhos acentuados a

moderados para leste. Neste contexto foi possível caracterizar seis (6) membros que compõe e representam a Formação Viramundo:

NP2nvs - (Membro metarrítmico silto arenoso): Predomínio de filitos e metarritmitos magnetíticos, silto-argilosos e areno-siltosos, com meta-arenitos e quartzitos finos subordinados.

NP2nva - (Membro metarrítmico arenoso): Predomínio de meta-arenitos finos, sericíticos, laminados, por vezes magnetíticos, com quartzitos finos, metassiltitos e ritmitos finos subordinados.

NP2nvq - (Membro meta-arenítico fino): Meta-arenitos brancos, finos, bem selecionados, laminados, com estratificações planoparalelas e “wavy”, com estratos cruzados acanalados e tangenciais de pequeno porte, marcas de onda e “herringbone”.

NP2nvqf - (Membro meta-arenítico ferruginoso): Predomínio de meta-arenitos finos, ferruginosos, rítmicos, laminados a bandados, contendo estratificação cruzada de pequeno porte.

NP2nvaf - (Membro meta-arenítico laminado) Predomínio de meta-arenitos finos ferruginosos, laminados, com

estratos planoparalelos, “wavy” e, localmente estratos cruzados de pequeno porte. Quartzitos finos, metassiltitos e ritmitos finos (silto-argilosos) ocorrem subordinados.

NP2nvp - (Membro quartzítico): Predomínio de quartzitos puros, localmente sericíticos, com estratos cruzados de médio a grande porte.

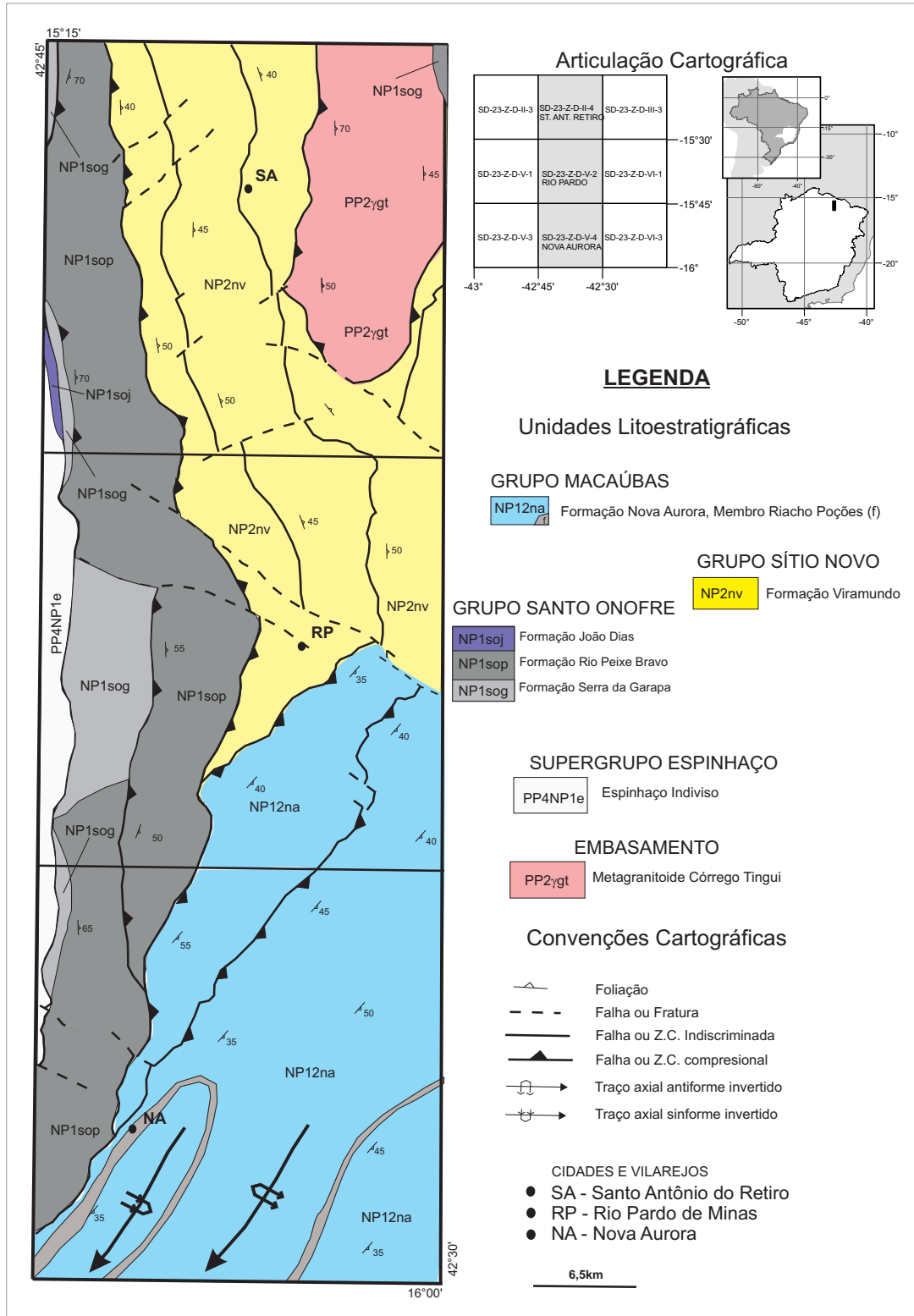


Figura 3.40 - Mapa geológico simplificado da área do projeto com destaque para o Grupo Sítio Novo.

Membro Meta-arenítico fino - NP2nvg

Esta unidade ocorre em extensão contínua, desde a folha Volta do Morro (1:50.000), ao norte, atravessando a folha Santo Antônio do Retiro e Rio Pardo em uma faixa predominantemente N-S, com mais de 4 km de espessura. Estende-se ao limite meridional da folha Rio Pardo, em direção NW-SE até as proximidades do Ribeirão São Camilo, até truncar com os meta-arenitos e quartzitos da unidade NP12naq da formação Nova Aurora, ao longo da zona de cisalhamento Rio Preto II, expresso pelo lineamento definido pelo Rio Preto.

Na folha Santo Antônio do Retiro, local de maior abrangência e melhores exposições, esta unidade coincide com regiões de baixos valores aeromagnetométricos (amplitude de sinal analítico), que de modo geral assemelha-se ao padrão exibido pelo canal U. Na porção setentrional, exposições contínuas e representativas ocorrem ao longo de cortes de estradas e afloramentos naturais em encostas, ao longo de vias vicinais, margens do Córrego Lamarão, entre as localidades de Debaixo e

Lamarão. Exposições significativas também ocorrem ao longo de vias às margens do Ribeirão Malhada Grande, entre as localidades de Malhada Grande, Lagoa Escura e Santo Antônio do Retiro.

Seus litotipos ocupam regiões de encosta, comumente com topo aplainado e coberturas de detrito lateríticas pouco espessas e desenvolvidas. Suas cristas e planaltos moldam divisores de águas com predomínio de padrões de drenagem em treliça, localmente paralelos. De modo geral, compreende uma sucessão de sedimentos silissiclásticos, com predominância de metapsamitos, finos a médios, mal selecionados a microconglomeráticos, incluindo variedades impuras, sericíticas, com frequentes intercalações de metapelitos rítmicos e filitos granatíferos, com lentes rudáceas subordinadas. São laminados, com estratos cruzados acanalados, tangenciais na base e festoon, localmente com estratificação bidirecional “espinha de peixe” e paleo canais preservados (Fig. 3.41 A-B-C-F). Estruturas de carga e *dish and pillar* ocorrem subordinadas em alguns sets, com frequentes marcas de ondulações dominadas por ondas simétricas de crista retas (Fig. 3.41 D-E).

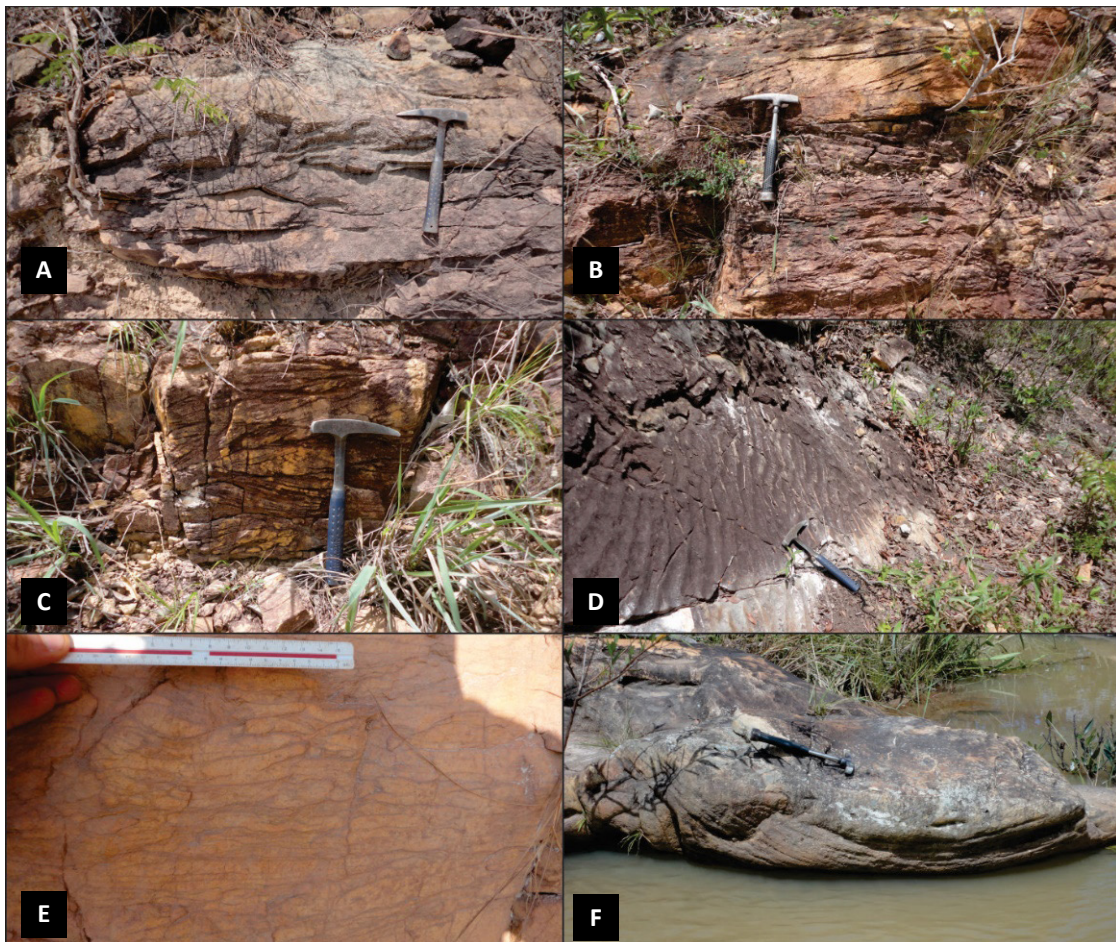


Figura 3.41 - A) Estratificação cruzada *festoon*; B) Estratos cruzados tabulares tangenciais na base; C) Estratos cruzados bidirecionais “espinha de peixe”; D) Marcas de onda oscilatórias simétricas com crista reta; E) Estruturas *dish and pillar* em meta-arenito e F) Paleocanal.

Apresentam contribuição carbonosa na base, com meta-arenitos impuros, carbonosos e imaturos gradativamente cedendo para meta-arenitos puros. Intercalações metapelíticas granatíferas são comuns e sua frequência aumenta rumo ao topo do pacote, onde encerra-se em milonitos e protomilonitos. Exibem uma foliação espaçada a contínua, por vezes de natureza milonítica, superposta por clivagens de crenulação (Fig. 3.42A), desenvolvidas nos termos sericíticos/metapelíticos, com porfiroblastos de granada rotacionados, deflexão da foliação, vênulas de quartzo rompidas e dobras com eixo vertical (Fig. 3.42B).

Seus litotipos apresentam um conteúdo essencialmente quartzoso (Fig. 3.43) com intercalações e níveis de metapelitos. Minerais opacos (óxido) ocorrem em conteúdos menores, tanto em grãos detríticos quanto de alteração, que juntamente com matéria carbonosa

definem termos ferruginosos e carbonosos de acordo com sua abundância. Biotita lepidoblástica fina ocorre localmente, invariavelmente associada a mica branca e clorita por retrogressão. Fragmentos líticos carbonosos (Fig. 3.43 A) e grãos de zircão ocorrem em conteúdos acessórios em algumas seções.

O quartzo varia de 75% a 95% do conteúdo modal nos quartzitos, definindo sua diversidade. Nestas litologias constitui trama granular (sacaroidal), com grãos recristalizados, bordas irregulares e tendendo a arranjo em mosaico, com extinção ondulante, novos grãos e subgrãos (Fig. 3.43 C-D-E). Estruturas miloníticas ocorrem superimpostas, com grãos estirados, superfícies de dissolução, sombras de pressão, e sigmoides assimétricos obliterando a trama granular reliquiar (Fig. 3.43B).

A sericita ocorre em conteúdos traços a essenciais (Fig. 3.43 F), com até 20% nos termos meta-areníticos.

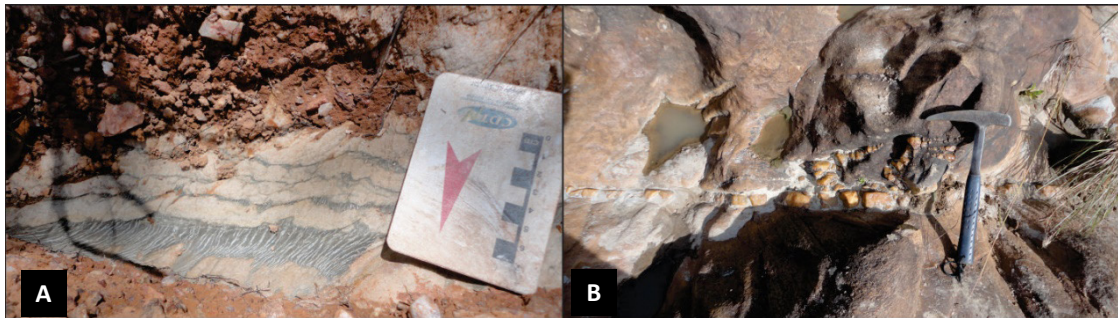


Figura 3.42 - A) Meta-arenito laminado com clivagem de crenulação desenvolvida nos níveis metapelíticos e B) Vênulas de quartzo rompidas e dobras com eixo vertical cinemática sinistral.

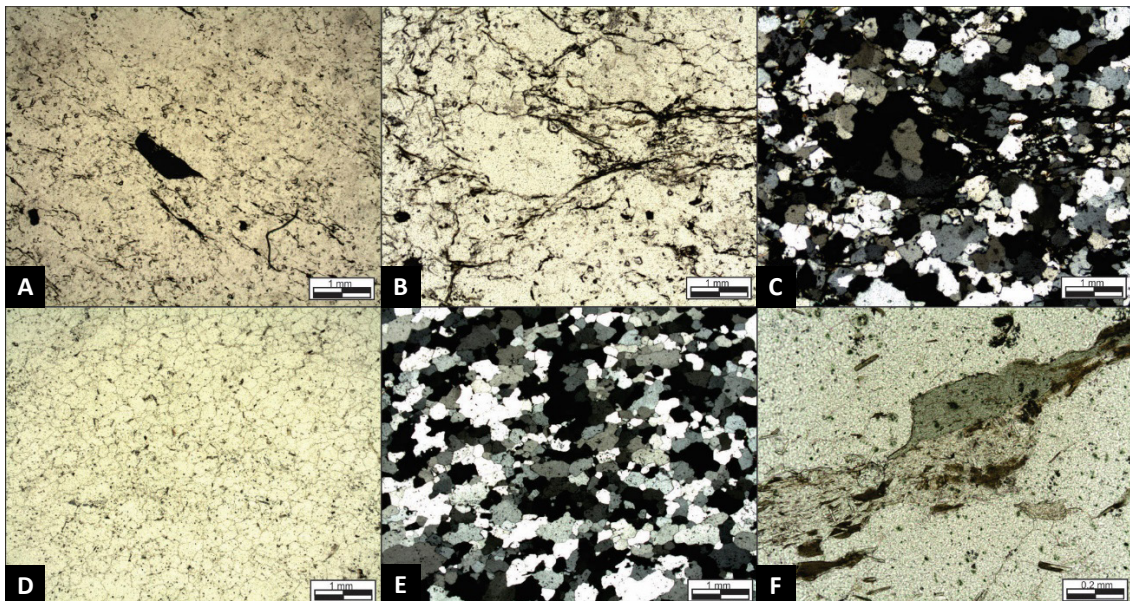


Figura 3.43 - A) Fragmento lítico carbonoso (PPL, 2x); B) Trama granular sacaroidal e quartzo sigmoidal com sombra de pressão em milonito meta-arenítico mal selecionado (PPL, 2x); C) mesmo campo anterior sob XPL; D) Textura granular (sacaroidal) de meta-arenito fino (PPL, 2x); E) mesmo campo anterior sob XPL; e, F) biotita com sericita e clorita retrógradadas (XPL, 10x).

É lepidoblástica inequigranular fina, definindo, de acordo com sua abundância, a foliação da rocha, frequentemente superposta e recristalizada ao longo de superfícies de clivagem de crenulação. Minerais opacos constituem grãos e agregados finos recristalizados, estrados ao longo da foliação ou ocupando espaços intersticiais nos espécimes granulares. Varia de traço a não mais que 10% do conteúdo modal. Matéria carbonosa ocorre de maneira similar, e quando suficiente, define termos carbonosos.

Membro Meta-arenítico ferruginoso - NP2nvqf

O Membro meta-arenítico ferruginoso (NP2nvqf) constitui uma variedade faciológica e é representada por lentes, níveis e horizontes intercalados e interdigitados nos termos da unidade meta-arenítica fina (NP2nvq). Sua melhor expressão é através de uma faixa lenticular de direção norte-sul, na margem oriental do Rio Mandaçaia. Ocupa domínios de meia encosta nas

regiões das nascentes e cabeceiras de seus tributários de primeira ordem, na região de Malhada Grande e Garrote, município de Santo Antônio do Retiro e Rio Pardo de Minas respectivamente.

Seus litotipos são compostos por meta-arenitos quartzo sercíticos laminados a bandados, de caráter ferruginoso (Fig. 3.44 A-B), quando alterados exibem tonalidades acastanhadas em matizes ocre e marrons (Fig. 3.44 C), frequentemente com duricrosta laterítica ferruginosa desenvolvida sobre seus pares. Apresentam bandamentos composicionais primários (S0) caracterizados por níveis de meta-arenitos finos a grossos, mal selecionados, bimodais, contendo laminações internas e abundância de minerais pesados ferruginosos finos na matriz (Fig. 3.44 D). É constituído pela intercalação de sets com estratificação tabular tangenciais na base e plano-paralelos homogêneos (Fig. 3.44 E-F), com níveis e intercalações de metapelitos quartzo-sercítico com porfiroblastos de granada e magnetita alterados.



Figura 3.44 - A) Meta-arenito ferruginoso bandado; B) Detalhe, da imagem anterior, de estratificação com graduação normal e níveis magnetíticos definindo os limites dos sets; C) Meta-arenito quartzo-sercítico ferruginoso foliado com a característica coloração marrom-acastanhada quando alterado; D) Meta-arenito ferruginoso bandado verticalizado; E) Estratos cruzados tabulares tangenciais na base, de pequeno porte em meta-arenito quartzo sercítico ferruginoso; e F) Estratos cruzados tangenciais na base em meta-arenito quartzo sercítico fino ferruginoso.

Similarmente aos seus congêneres das unidades adjacentes, apresenta uma foliação contínua de natureza protomilonítica (S_n), verticalizada, definida por níveis lepidoblásticos de sericita fina associada a estruturas assimétricas e sigmoidais. Esta superfície oblitera parcialmente as estruturas associadas ao S_0 . Superfícies de clivagem de crenulação (S_{n+1}) espaçada ocorrem preservada nos níveis pelíticos e obliteram as demais estruturas.

Membro Metarrítmico arenoso - NP2nva

O membro metarrítmico arenoso (NP2nva) está exposto em depressões e regiões de meia encosta aplainadas com baixas colinas. Aflora através de uma faixa contínua de direção N-S, na porção central do município de Santo Antônio do Retiro. Suas extensões setentrionais são prolongadas aos domínios da folha Volta do Morro (1:50.000) e acunhada ao sul, nas cercanias de Lagoa Escura, na região de confluência entre Ribeirão Malhada Grande e o Rio do Cedro.

Seus litotipos compreendem metarritmitos arenosos e arenossiltosos laminados (Fig. 3.45 A-B), com filitos subordinados. Comumente são caracterizadas laminações rítmicas com predomínio de fração arenosa com níveis acinzentados arenossiltosos bimodais, por vezes com clastos fração grânulos (Fig. 3.45 C-D). Apresentam estratificação tabular acanalada de pequeno a médio porte, plano paralela, wavy e curvada, com gradação normal e localmente bimodal. Alguns níveis metapsamíticos finos preservam estratificação por marcas de ondas de corrente assimétricas e fora de fase (Fig. 3.45 E). Estruturas geopetais, tais como marcas de ondas e estratificação cruzada, indicam um dobramento em escala regional, resultando em reposicionamento de estruturas primárias, exigindo esforços adicionais para a reconstituição de suas relações originais.

Zonas de cisalhamento milonitizaram seus termos e imprimiram uma foliação contínua anastomosada verticalizada (S_n), com estruturas sigmoidais assimétricas e lenticulares superpostas, que obliteraram seu arranjo

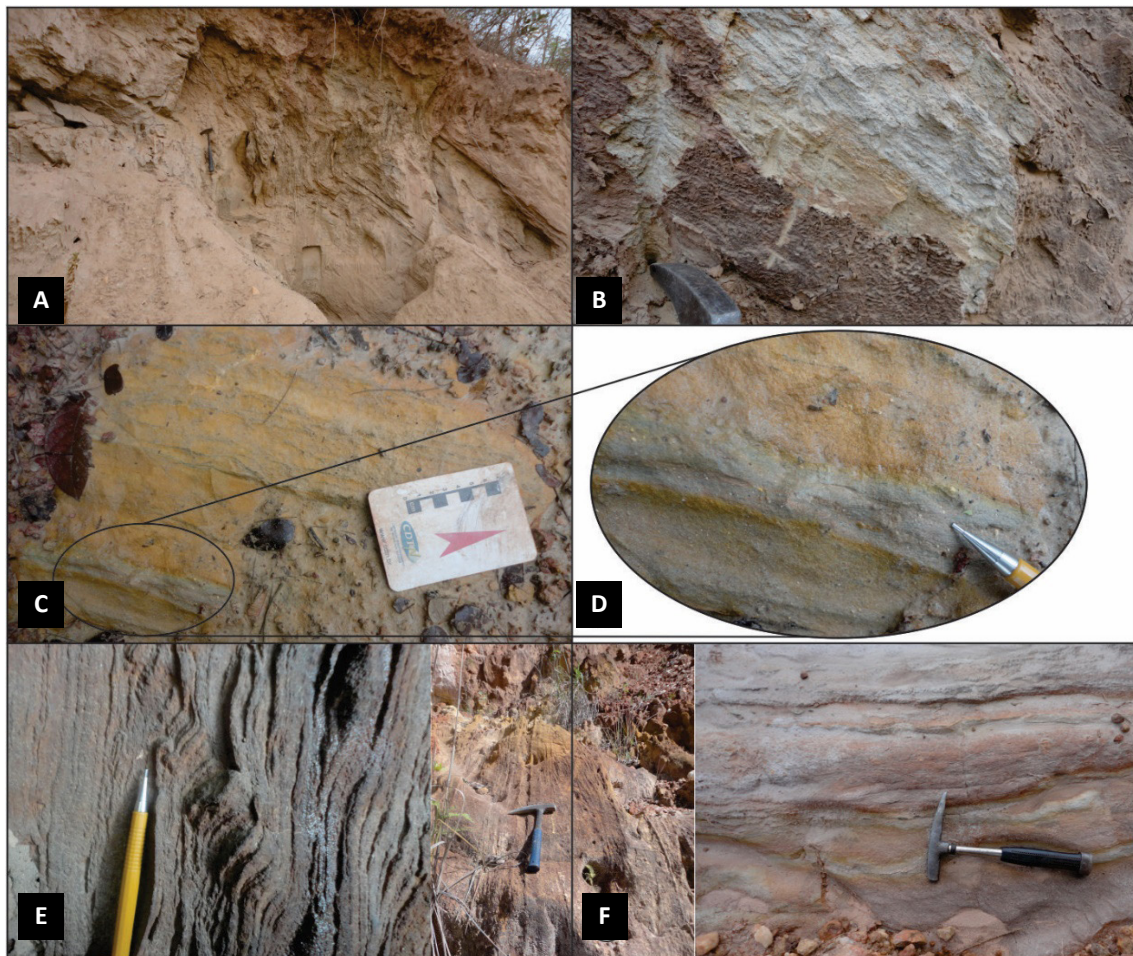


Figura 3.45 - Sucessão de meta-arenito areno-siltoso/silto-arenoso laminado dobrado; B) Detalhe da laminação da foto anterior; C) Laminação rítmica com predomínio de fração arenosa com níveis acinzentados areno-siltosos bimodais; D) Detalhe de clastos fração grânulo em nível acinzentado meta-arenítico bimodal; E) Current ripples assimétricas e “fora de fase” em exposição verticalizada; F) Estratos cruzados tabulares em meta-arenito e detalhe de alternância rítmica.

primário e suas relações de contato com as unidades adjacentes (S0). Componentes transpressivos detectados a partir de dobras intrafoliais verticais assimétricas, estiramento subhorizontal e superfícies de dissolução por pressão, sugeriram a implantação de uma derivação lateral do transporte de massa (escape lateral) como reflexo de progressivo encurtamento crustal com vergência para oeste.

Ao microscópio seus litotipos apresentam trama granular recristalizada a partir de termos areníticos finos bem selecionados, e subordinados mal selecionados com fração grânulo em algumas litologias. Variedades de sericita quartzo milonitos e protomilonitos finos com estruturas lenticulares assimétricas e sigmoidais ocorrem como respostas a eventos deformacionais superimpostos aos termos anteriores.

O quartzo constitui entre 70% e 90% do conteúdo. Compõe arranjo granular (sacaroidal) intensamente recristalizado, com bordas irregulares a interlobadas, extinção ondulante, novos grãos e subgranulação (Fig. 3.46 A-B). Nos milonitos são estirados, com superfícies de dissolução, sombras de pressão e envelope de sigmoides assimétricos sericíticos (Fig. 3.46 C-D).

A sericita ocorre em conteúdos de até 25%. É lepidoblástica inequigranular fina, definindo a foliação da rocha. Os minerais opacos constituem grãos e agregados finos ocupando regiões de interstícios, recristalizados e estirados ao longo da foliação. Seu conteúdo varia de traço a 20% do conteúdo, o que a depender do sua abundancia definem termos ferruginosos. Em termos miloníticos, os poros existentes em algumas variedades estão preenchidos com sericita e quartzo fino recristalizado em um arranjo granular (Fig. 3.46 C-D).

Membro Metarrítmico silto arenoso - NP2nvs

O membro metarrítmico silto arenoso (NP2nvs) aflora desde setor sul do município de Santo Antônio do Retiro até a região urbana do município de Rio Pardo de Minas. Na folha Rio Pardo de Minas é caracterizado truncando tectonicamente com os metadiamicritos e metapsamitos da Formação Nova Aurora.

O membro metarrítmico silto arenoso (NP2nvs) manifesta-se como a continuidade lateral do membro metarrítmico arenoso (NP2nva), a partir de sucessões faciológicas distintas, com intercalações e interdigitações

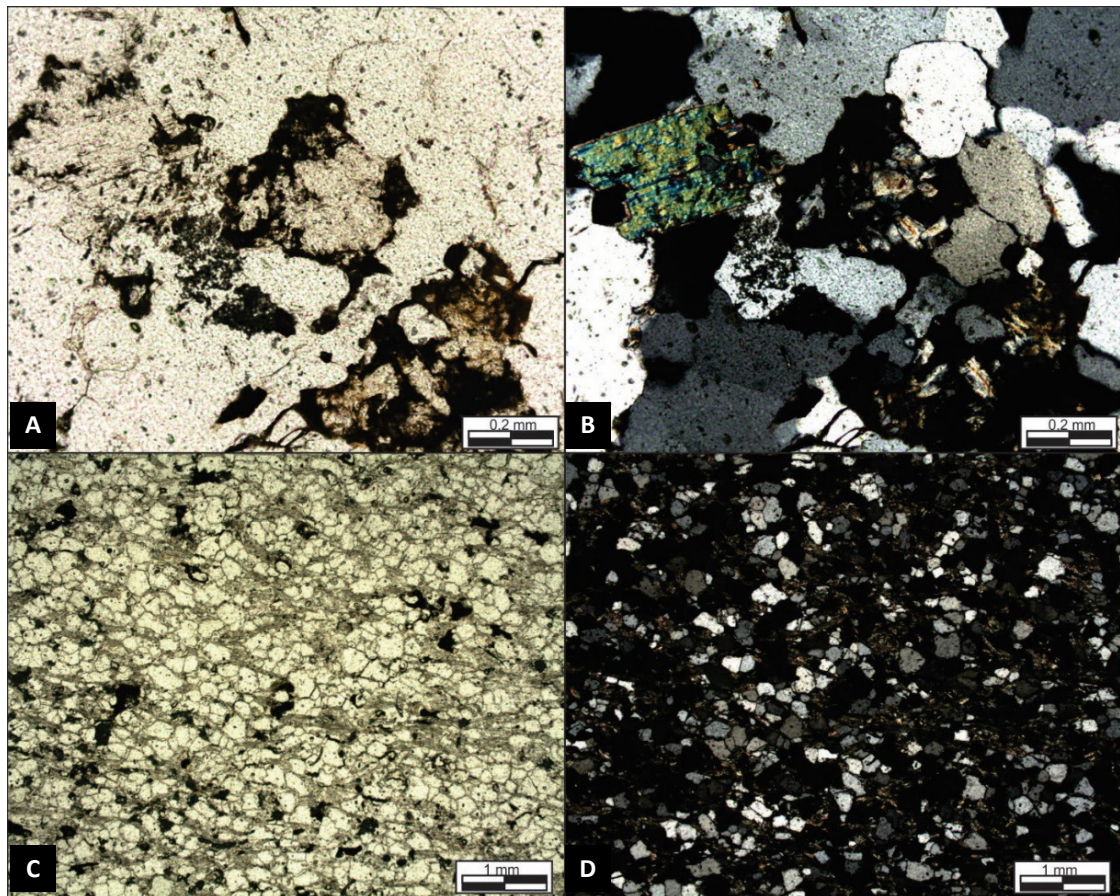


Figura 3.46 - A) trama granular sacaroidal em meta-arenito recristalizado com moscovita secundária e agregado de sericita e quartzo fino preenchendo poro (10x, PPL); B) mesmo campo anterior sob XPL; C) trama milonítica superimposta a arranjo granular em variedade de sericita meta-arenito ferruginoso laminado (2x, PPL) e D) mesmo campo anterior sob XPL.

frequentes e abundantes, nas mais diversas dimensões, na região de transição. Seus litotipos são representados por filitos e metarritmitos pelíticos quartzo sericítico granatíferos, laminados a bandados, com alternância de fração silte argilosa, silte arenosa e areia fina. Entretanto são frequentes em lentes e níveis em meio aos metapsamitos do membro meta-arenítico fino (NP2nvq).

Invariavelmente ocorre em avançado estado de alteração (Fig. 3.47), o que dificultou a seleção e confecção de seções delgadas. Exibe uma foliação contínua verticalizada norte-sul (Sn), plano paralela, definida por trama granolepidoblástica fina quartzo sericítica fina com magnetita (Fig. 3.47 A-B). Superfícies de dissolução por pressão compõe uma clivagem de crenulação (Sn+1), espaçada a zonal, defletindo a foliação, com grossos porfiroblastos de granada rotacionados (Fig. 3.47 C-D), sombras de pressão e sigmoides assimétricos desenvolvidas ao seu redor. Também apresentam intercalações rítmicas em metapelito bandado granatífero e laminações rítmicas em metapelito crenulado com porfiroblastos de granada (Fig. 3.47 E-F).

Ao microscópio os metapelitos e filitos laminados desta unidade tem composição quartzo-sericítica, com significativo conteúdo de granada e traços de feldspato sem macla (albita). São constituídos por arranjo grano-lepidoblástico fino.

A sericita varia de 60 a 75% do volume da rocha e ocorre em lamelas lepidoblásticas finas intensamente oxidadas, adquirindo desta forma um aspecto “sujo” alaranjado. Moscovita lamelar fina, de segunda geração, constitui agregados decussados em determinados níveis e sua abundancia alcança até 8% do conteúdo.

O quartzo é xenomórfico inequigranular fino. Constitui *ribbons* e agregados granoblásticos lenticulares sigmoidais e estirados, com contatos retilíneos a interlobados. Exibe subgranulação, extinção ondulante e ajuste de borda. Ao longo das superfícies de crenulação estão defletidos da foliação principal com superfícies de dissolução por pressão e recristalização dinâmica associada. Seu conteúdo varia de 12 a 20% do conteúdo.

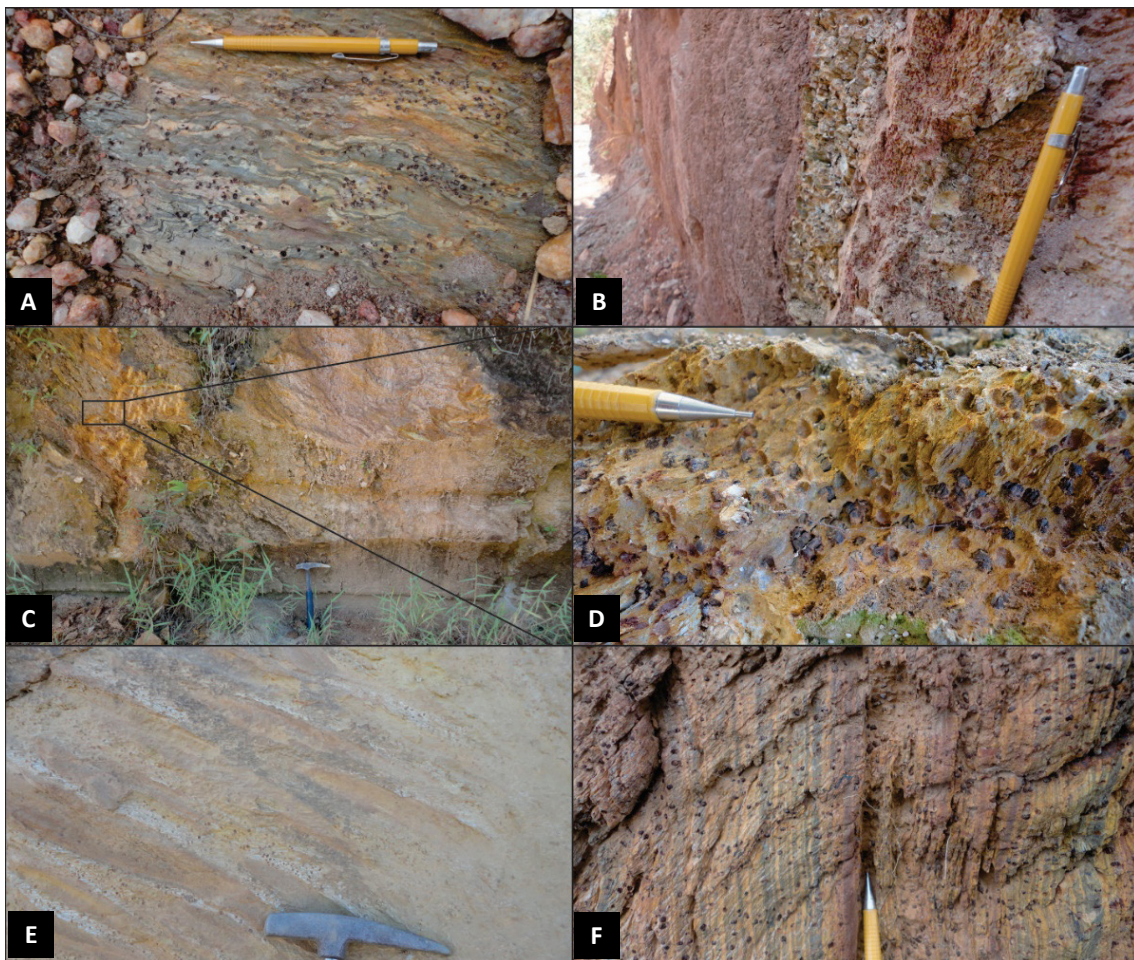


Figura 3.47 - A) Metapelito rítmico quartzo-sericítico com porfiroblastos de granada; B) Grossos porfiroblastos de granada em metapelito rítmico; C) Exposição de metarritmito pelítico granatífero; D) Detalhe dos grossos porfiroblastos de granada; E) Intercalações rítmicas em metapelito bandado granatífero e F) Laminações rítmicas em metapelito crenulado com porfiroblastos de granada.

Os minerais opacos constituem de 3-5% do conteúdo da rocha. São xenomórficos inequigranulares finos, recristalizados ao longo da foliação, não raros, em grãos fantasmas e esqueletais precoces. Alguns espécimes exibem um halo de mica branca sem oxidação, quartzo e opacos finos tardios.

A granada ocorre intensamente alterada e varia de 3-5% do conteúdo da rocha. É blastomilonítica inequigranular fina a grossa (até 3mm), em grãos sub a idioblásticos envolvidos e rotacionados pela foliação principal. Exibem padrões helicíticos de inclusões, sugerindo caráter pós a sin tectônico (Fig. 3.48 A). Minerais tabulares finos/aciculares (Fig. 3.48 B-C) completamente oxidados definem trama nematoblástica, inequigranular fina a média (até 2mm) e sugerem a pré-existência de cloritóide, grafita ou stilpnomelano. Seu conteúdo varia de 2-4% do conteúdo da rocha.

Membro Meta-arenítico laminado - NP2nvaf

O membro meta-arenítico laminado (NP2nvaf) ocupa regiões de meia encosta e terraços aplainados compreendendo parte das folhas Santo Antônio do Retiro e Rio Pardo de Minas. Sua área de abrangência ocorre bem delimitada a partir dos altos valores magnetométricos apresentados por aerolevantamentos geofísicos.

Seus limites ocidentais estão balizados pelo lineamento do Rio do Cedro até as proximidades de sua confluência com o Ribeirão Malhada Grande, no município de Santo Antônio do Retiro, com seus termos, nesta região, adelgaçados e desconectados dos quartzitos do membro quartzítico (NP2nvp). Prolonga-se em direção NW-SE ao longo do traçado do Rio Traçadal até a região de sua confluência com o Rio do Cedro, município de Rio Pardo de Minas, com sua direção infletida para sul e estendida aos domínios da folha Rio Pardo de Minas. Nesta folha, acompanha as margens orientais do Rio Pardo, que possui direção principal N-S, até a localidade homônima onde sua direção é infletida para NW-SE, próximo ao distrito de Sobrado, tendo seus domínios estendidos para a folha Taiobeiras, a leste.

Este membro é constituído por meta-arenitos finos impuros laminados (Fig. 3.49), essencialmente quartzo sericíticos com minerais opacos (magnetita e hematita), que definem variedades sericíticas e ferruginosas, de acordo com suas abundâncias. Intercalações e interdigitações de metassiltitos/argilitos, metapelitos granatíferos e quartzitos ocorrem de maneira subordinada.

Apresentam laminação rítmica (Fig. 3.49 A), por vezes entrelaçada (Fig. 3.49 C), *flaser* e lenticular, de natureza rítmica, definida pela alternância de meta-arenitos finos impuros, dentre sericíticos e ferruginosos (Fig. 3.49 E-F), com subordinados níveis de fração silte/argila.

Estruturas primárias como estratos cruzados tabulares acanalados tangenciais na base (Fig. 3.49 B), e de topo erosivo (Fig. 3.49 D), constituídos por sets decacentimétricos, ocorrem intercalados por estratos cruzados planos paralelos, *flaser* e lenticular (Fig. 3.49). Estruturas *dish and pillar*, *scour and fill* e dobras sinsedimentares ocorrem subordinadas e localmente.

A norte da sede municipal de Santo Antônio do Retiro estruturas deformacionais ocorrem superpostas às estruturas primárias com o desenvolvimento de uma foliação anastomosada contínua vertical de direção norte-sul e natureza milonítica. Cristas isoclinais de corpos estirados apresentam superfícies verticais sugestivas de espelho de falha (*slicken side*), com lineações de estiramento mineral (*slicken fiber*) obliquas de baixo caimento e steps associadas (Fig. 3.50 A-B-C). Possivelmente são reflexos de tectônica transcorrente.

Os níveis metapelíticos preservam dobras intrafoliais assimétricas, rompidas e transpostas, estruturas sigmoidais, clivagem de crenulação e superfícies de dissolução por pressão. Os psamitos desta unidade são quartzo-sericíticos com minerais opacos finos, traços de feldspato e fragmento de rocha.

Ao microscópio o quartzo varia de 70% a até 96% do conteúdo modal. É equigranular fino com arranjo em mosaico e junções tríplices, variando de modo geral, de 150 a 900µm, podendo conter granulação média a grossa e grânulos subordinados. Apresenta migração e

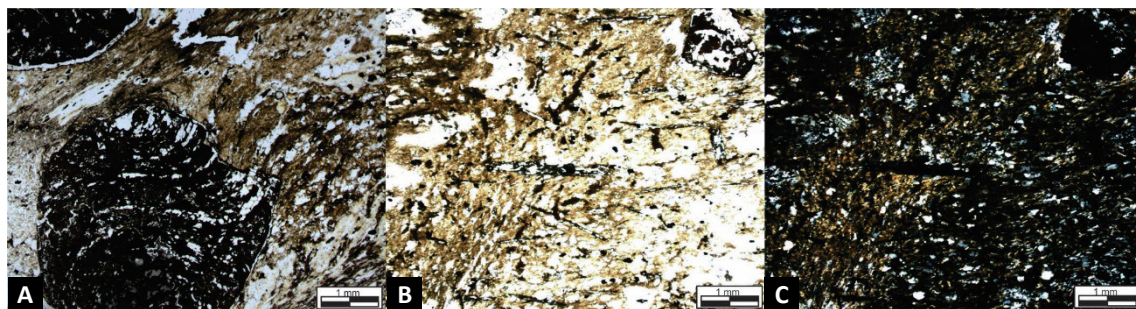


Figura 3.48 - A) Granada alterada com padrões de inclusões helicíticas (PPL); B) grãos aciculares finos decussados oxidados sobrecrecido em matriz lepidoblástica (PPL); e C) mesmo campo anterior sob XPL.

recristalização de borda, com contatos interlobados e paleobordas, estruturas de extinção ondulante, subgrãos e novos grãos. Nas variedades foliadas e milonitizadas os grãos estão estirados e dissolvidos por pressão.

Os minerais opacos ocorrem em avançado estado de oxidação. Constituem desde conteúdos acessórios a até 40% nos níveis meta-areníticos ferruginosos (Fig. 3.51A). A sericita apresenta conteúdos que variam desde acessórios, nos meta-arenitos e quartzitos, a essenciais, com em torno de 98%, nos níveis metapelíticos. Apresenta-se também em arranjo de mosaico com quartzo, sendo a sericita lepidoblástica fina (Fig. 3.51B). Seu conteúdo e distribuição, juntamente com o de minerais opacos, definem as laminações e as diversas variedades de meta-arenitos. A cianita xenoblástica é geralmente caracterizada em variedades quartzíticas (Fig. 3.51C).

Nas variedades psamíticas granulares a sericita é decussada fina e está sobrecrescida a partir de espaços intersticiais e intergranulares. Em seus pares foliados e miloníticos, assim como nos níveis metapelíticos, são lepidoblásticas finas e compõe agregados estirados

sigmoidais assimétricos e lenticulares, com clivagem de crenulação, dissolução por pressão e transposição.

Sericita e magnetita fina com quartzo estirado definem zonas de foliação em termos miloníticos (Fig. 3.52 A-B-C). Neste litotipos a magnetita ocorre em grãos e agregados sobrecrescidos e coalescidos a partir de espaços intersticiais e intergranulares, com seu conteúdo modal diretamente proporcional ao de sericita. Hematita ocorre subordinada e é granular a lamelar, e inequigranular fina.

Em alguns espécimes, o feldspato atinge até 4% do conteúdo modal. São grãos equigranulares (0,05 – 0,5 μm) intensamente alterados de microclina e plagioclásio sem maclas. Compõe trama granular com o quartzo, podendo, em algumas seções, preservar hábito tabular reliquiar. Os fragmentos de rocha são finos (0,3 mm), arredondado e com boa esfericidade. São constituídos por quartzitos granulares finos, em arranjos em mosaico, e alcançam até 3% do conteúdo modal. Zircão, turmalina e rutilo ocorrem em conteúdo acessório.

Localmente, cianita fina ocorre em quartzito com sericita em conteúdos de até 4% da área da seção. É

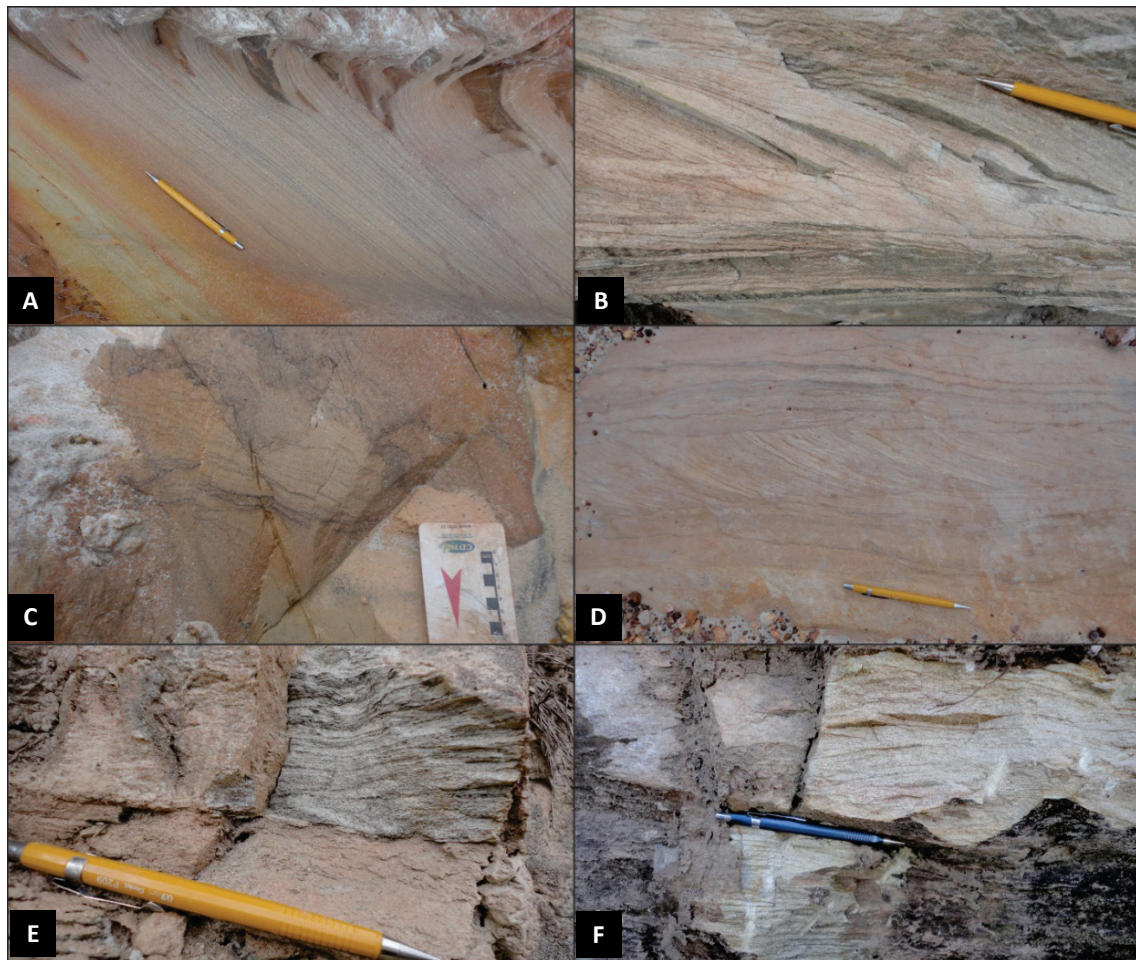


Figura 3.49 - A) Laminação rítmica em meta-arenito; B) Estratos cruzados tabulares tangenciais; C) Laminação entrelaçada; D) Coset em meta-arenito laminado com estratos cruzados tabulares de pequeno porte e laminações plano paralelas; E) Meta-arenito ferruginoso laminado e F) Laminações ferruginosas em meta-arenito.



Figura 3.50 - A) Exposição com meta-arenitos laminados verticalizados; B) Estrias de falha e steps em meta-arenito; e, C) Foliação vertical com clivagem de crenulação espaçada preservada em níveis metapelíticos.

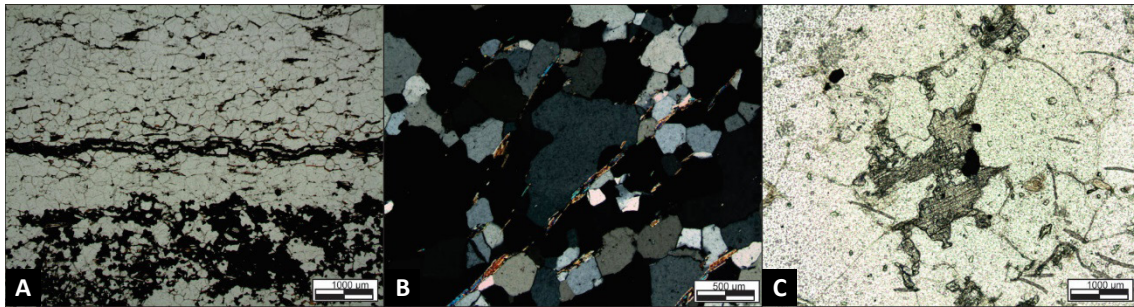


Figura 3.51 - A) Intercalações de níveis ferruginosos em meta-arenito laminado ferruginoso (PPL); B) Arranjo em mosaico de quartzo com sericita lepidoblástica fina e estruturas de dissolução por pressão (XPL) e C) Cianita xenoblástica em variedade quartzítica (PPL).

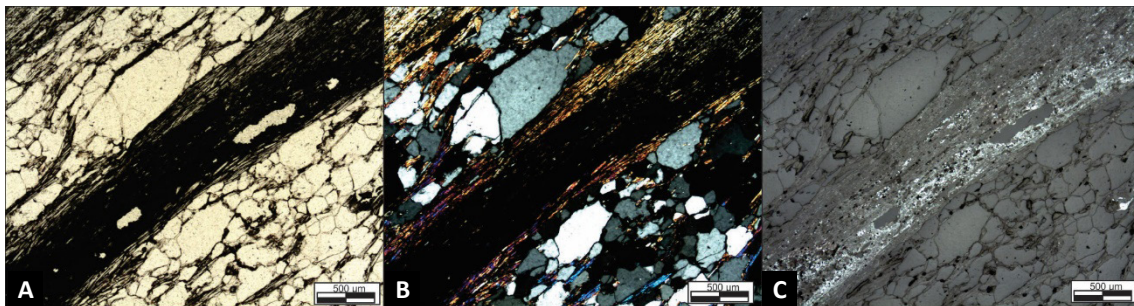


Figura 3.52 - A) Zona de foliação definida por sericita e magnetita fina com quartzo estirado (4x, PPL); B) mesmo campo anterior sob XPL; C) mesmo campo anterior sob Luz refletida.

inequigranular xenomórfica fina sobrecrescida e coalescida em espaços intergranulares e intersticiais a partir da sericita, por vezes com aspecto poiquiloblástico, com maclas de contato e terminações fibro-aciculares.

Determinações geocronológicas U-Pb (LA-ICP-MS), em grãos de zircão detríticos de amostra de meta-arenito sericítico e laminado, do ponto PP-110, forneceram valores entre 3400 Ma e 900 Ma (Fig. 3.53). O valor de 907 Ma foi atribuído como a idade máxima de deposição desta unidade.

Membro Quartzítico - NP2nvp

O Membro Quartzítico (NP2nvp) ocorre na porção setentrional da folha Santo Antônio do Retiro, e é a manifestação da continuidade de uma faixa norte-sul da folha Volta do Morro (1:50.000), cuja extensão ao sul circunscreve a janela estrutural caracterizada pelo

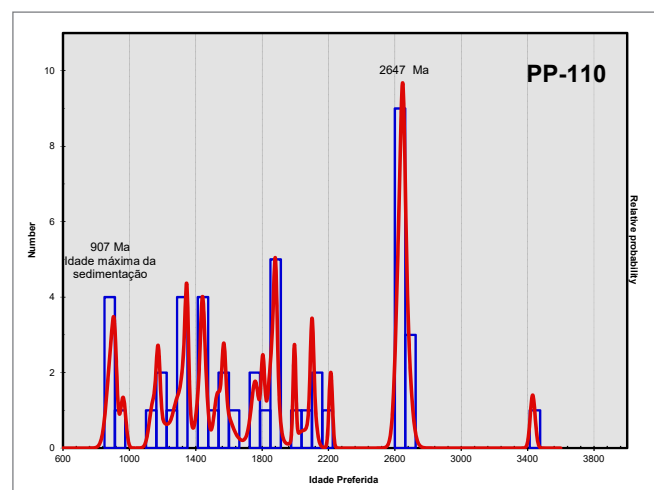


Figura 3.53 - Diagrama de distribuição probabilística de idades de cristalização para grãos de zircão da amostra PP-110. (U-Pb-LA-ICP-MS).

metagranitoide CórregoTingui. Ao sul, a partir de Lagoa Escura, no mesmo município, sua extensão meridional prolonga-se em contato tectônico ao redor da janela estrutural Córrego Tingui até a região de confluência entre o córrego São Modesto e o Rio Pardo, onde se encerra em cunha.

De modo geral seus litotipos caracterizam cristas de quartzitos e meta-arenitos sericíticos com magnetita, definindo serras e cumes alinhados, discerníveis através de imagens de sensores remotos e fotografias aéreas. Sua área de predominância ocorre bem delineada a partir dos canais U, eTh e contagem total (CT) obtidos através de aerolevantamentos gamaespectrométricos.

Este membro compreende variedades de quartzitos equigranulares “sacaroidais” e meta-arenitos laminados, com sericita e magnetita, cuja abundância define termos sericíticos e magnetíticos. São comuns níveis e porções com predominância de meta-arenitos laminados similares aos do membro meta-arenítico laminado (NP2nvaf), com metapelitos rítmicos e filitos quartzo-sericítico granatíferos subordinados na base.

Apresentam estratos cruzados tabulares acanalados de médio a grande porte em quartzito equigranulares finos, com sets truncados, estruturas scour and fill e paleocanais (Fig. 3.54 A-B-C-D-G). As variedades bandadas são definidas pela alternância plano paralela

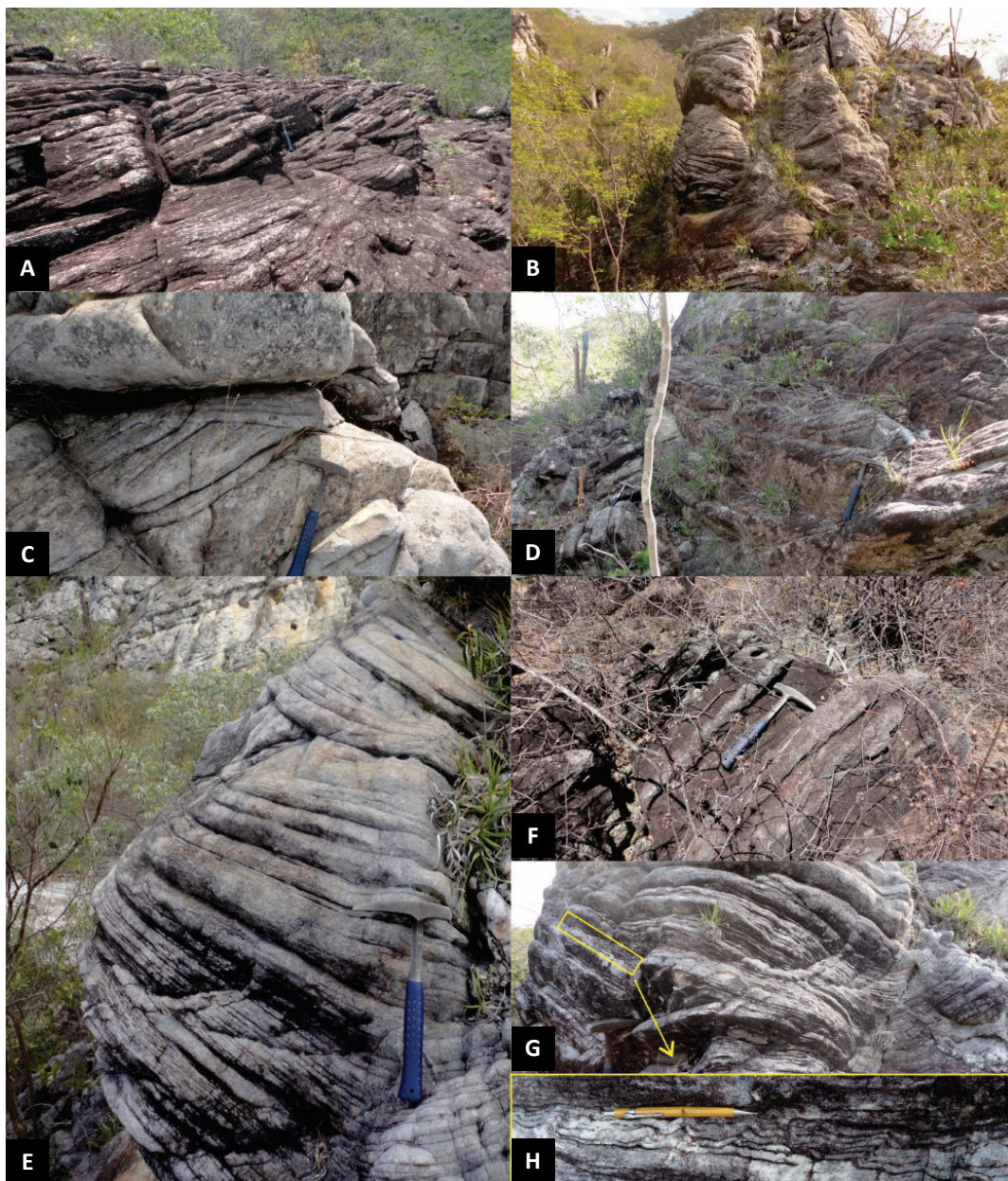


Figura 3.54 - A) Estratos cruzados tabulares de grande porte; B) Coset de estratos cruzados acanalados; C) Truncamento de sets em estratos cruzados acanalado com estrutura *scour and fill*; D) Paleocanal preservado em quartzito; E) Coset de estratos cruzados acanalados; F) Bandamento rítmico definido bandas de quartzito fino e grosso; G) Quartzito laminado com estratificação por marcas de ondas de corrente e H) Detalhe de marcas de ondas de correntes assimétricas e “fora de fase” com níveis ferruginosos marcando o topo dos sets.

de diversidade de quartzitos/meta-arenitos, dentre finos, grossos (Fig. 3.54F), sericíticos e magnetíticos. Níveis de meta-arenitos impuros definem topos de *sets* em cosets definidos por estratificação de marcas de ondas de correntes de pequeno porte assimétricas e “fora de fase” (Fig. 3.54 E-H).

Superfícies verticalizadas de direção norte-sul (Sn) ocorrem nas mais diversas intensidades. Compõem foliações espaçadas, em seus pares menos deformados, a miloníticas nos mais deformados, com trama granolepidoblástica fina, lineações de estiramentos oblíquas e steps sinistrais, e estruturas sigmoidais. Localmente, há cianitas em juntas e falhas, texturalmente variando de estiradas e finas a decussadas e grossas (Fig. 3.55 A-B). Provavelmente, refletem a atuação de tectônica contracional.

Nas proximidades da zona urbana de Santo Antônio do Retiro, seus termos ocorrem justapostos, a partir de dobramento isoclinal/apertado de eixo vertical, em escala regional, provavelmente, reflexo de escape lateral transpressivo, decorrido do progressivo transporte tectônico para oeste, evidenciado na área.

Os quartzitos são equigranulares com arranjo em mosaico e junções tríplices (Fig. 3.56 A-B). O quartzo compõe mais de 92% do conteúdo modal, variando de fino a grosso, disposto em bandas e laminações. Apresenta extinção ondulante, subgrãos e novos grãos, com grãos estirados nas variedades foliadas e milonitizadas.

A sericita é lamelar inequigranular fina e apresenta conteúdo modal que varia de conteúdos acessórios à 20%, neste caso, definindo variedades de meta-arenitos sericíticos laminados (Fig. 3.56 C-D). Nos quartzitos e meta-arenitos granulares são decussadas finas sobrecrescidas em espaços intersticiais, poros e intergranulares, associadas à agregados de opacos finos e argilo minerais. Nos milonitos são lepidoblásticas finas e compõe agregados estirados sigmoidais assimétricos e lenticulares.

Os minerais opacos constituem grãos xenomórficos a idiomórficos e agregados finos (Fig. 3.56 E-F), em muitas seções coalescidos a partir de poros e espaços intersticiais juntamente com sericita. Compreendem

desde conteúdos acessórios a até 15%, definindo, nestes casos, termos ferruginosos. Zircão, rutilo e raros sulfetos alterados compõem as fases acessórias.

3.5. GRUPO MACAÚBAS - NPma

3.5.1. Formação Nova Aurora - NP12na

O Grupo Macaúbas é representado na área do projeto pela Formação Nova Aurora (Fig. 3.57). Os metassedimentos desta unidade dominam todo o setor central, SE e NE da folha homônima, sendo dominantes também na região SE da folha Rio Pardo de Minas. Seus litotipos estendem-se além dos limites da área em estudo, projetando-se a sul, na folha Padre Carvalho (1:100.000) e ocupando quase que toda a região ocidental da folha Taiobeiras (1:100.000).

Esta unidade apresenta-se na forma de uma faixa com orientação de NE-SW, e é caracterizada por grande expressão areal abrangendo as regiões dos municípios Rio Pardo de Minas, Padre Carvalho, Grão Mogol e Novorizonte. No âmbito do Projeto Rio Pardo de Minas, foi possível caracterizar seis (6) membros que compõem Formação Nova Aurora:

NP12narp - (Membro metadiamicítico ferruginoso - Riacho Poções): metadiamicíticos magnetíticos e subordinados paraconglomerados magnetíticos polimíticos envolvendo clastos de granitos/gnaisses, quartzitos, quartzos, filitos e rochas carbonáticas; associados a metadiamicíticos acinzentados e ferruginosos, com subordinados paraconglomerados polimíticos, os quais apresentam transição para metadiamicíticos hematíticos (NP12naff).

NP12nad - (Membro metadiamicítico): predominantemente metadiamicíticos polimíticos apresentando clastos/seixos pingados, geralmente facetados de granitos/gnaisses, filitos, filitos carbonosos, xistos e rochas carbonáticas.

NP12naq - (Membro quartzítico): quartzitos e meta-arenitos acinzentados, finos a médios, com contribuição carbonosa, por vezes microconglomeráticos apresentando grânulos e seixos de metapelitos carbonosos

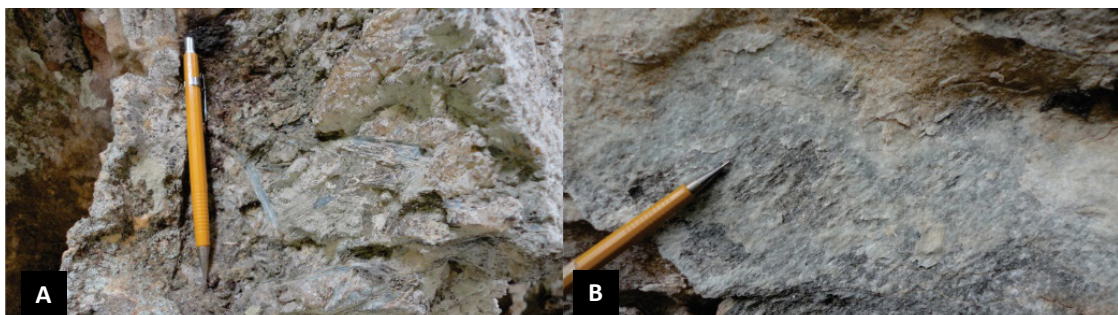


Figura 3.55 - Cianita em estruturas transtensivas: A) grossa decussada em junta e B) fina estirada em falha.

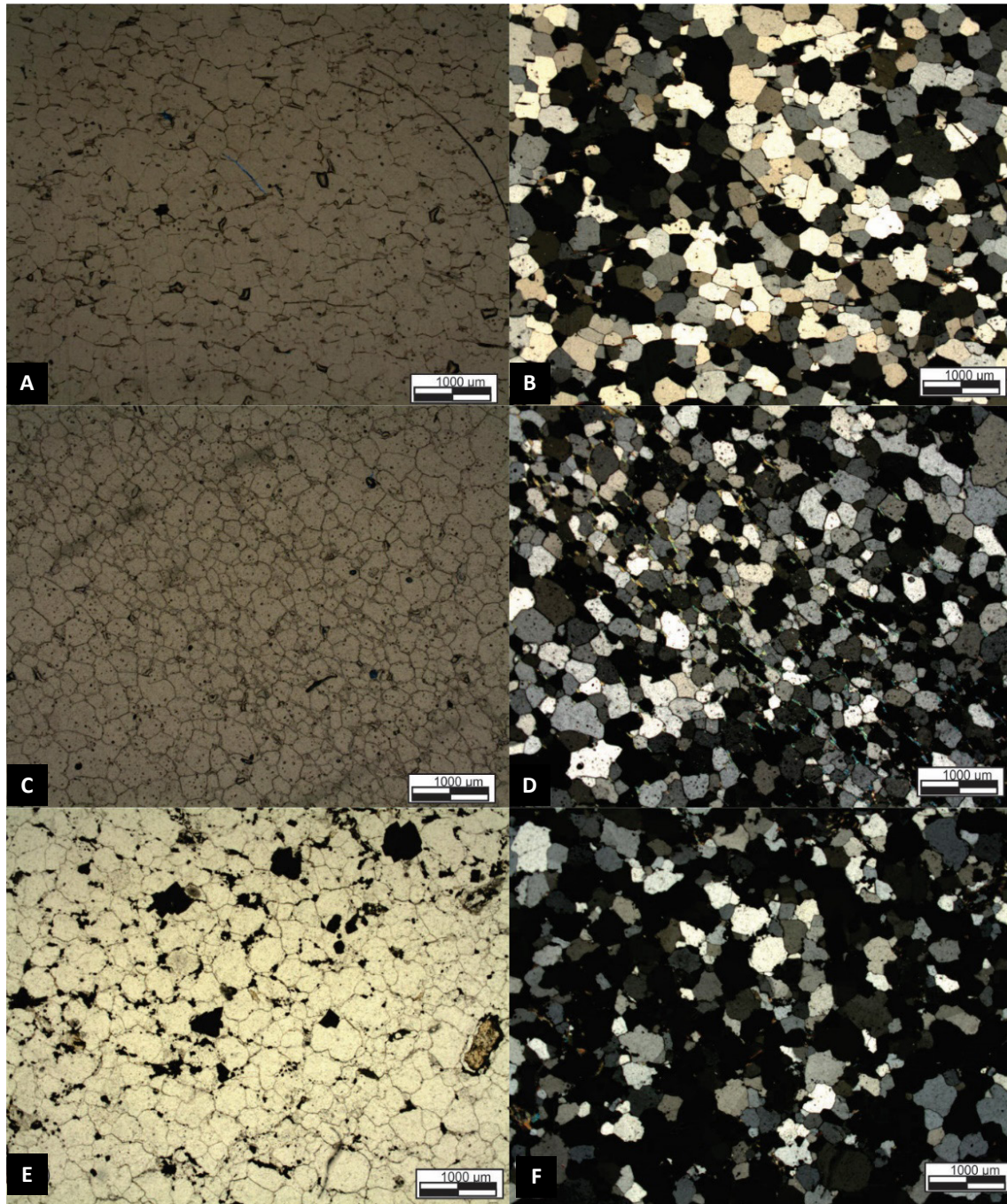


Figura 3.56 - A) Textura equigranular em mosaico de quartzito com junções tríplices (PPL, 2x); B) mesmo campo anterior sob XPL; C) Laminação em quartzito bandado definida pela intercalação de níveis sericíticos (PPL, 2x); D) mesmo campo anterior sob XPL; E) Nível ferruginoso em quartzito (PPL, 2x) e F) mesmo campo anterior sob XPL.

NP12naa - (Membro meta-arenítico): meta-arenitos e quartzitos finos, geralmente laminados, impuros, sericíticos a feldspáticos, com níveis e lentes subordinadas de metassiltitos.

NP12nafi - (Membro quartzofíltico): predominantemente quartzo-sericita filitos com subordinados níveis e lentes de quartzitos finos.

NP12nax - (Membro xistoso): predominantemente sericita-quartzo xistos, quartzo-xistos com subordinados meta-arenitos e filitos.

Membro Metadiamictítico - NP12nad

O membro metadiamictítico (NP12nad) ocupa aproximadamente 20% da área cartografada pelo projeto. Suas melhores exposições estão localizadas em depressões, vales encaixados e em regiões de meia encosta aplainadas com baixas colinas. Também é possível observar bons afloramentos em cortes de estradas, ramais secundários e em pequenas ravinas (Fig. 3.58 A-D).

Seus litotipos são caracterizados predominantemente por metadiamicritos polimíticos de colorações acinzentadas, marrom acastanhadas a avermelhadas, apresentando elevado grau de alteração. A matriz é caracterizada predominantemente com granulação fina a muito fina de composição quartzo-sericítica. Apresenta comumente

alternância de matizes centimétricas a milimétricas paralelas a clivagem filítica (S1), sugerindo paralelismo S0//Sn; e de modo geral apresentando mergulhos acentuados a moderados para SE (Fig. 3.58 B).

A matriz hospeda principalmente clastos que variam de matacões a blocos de quartzitos, granitóides, filitos,

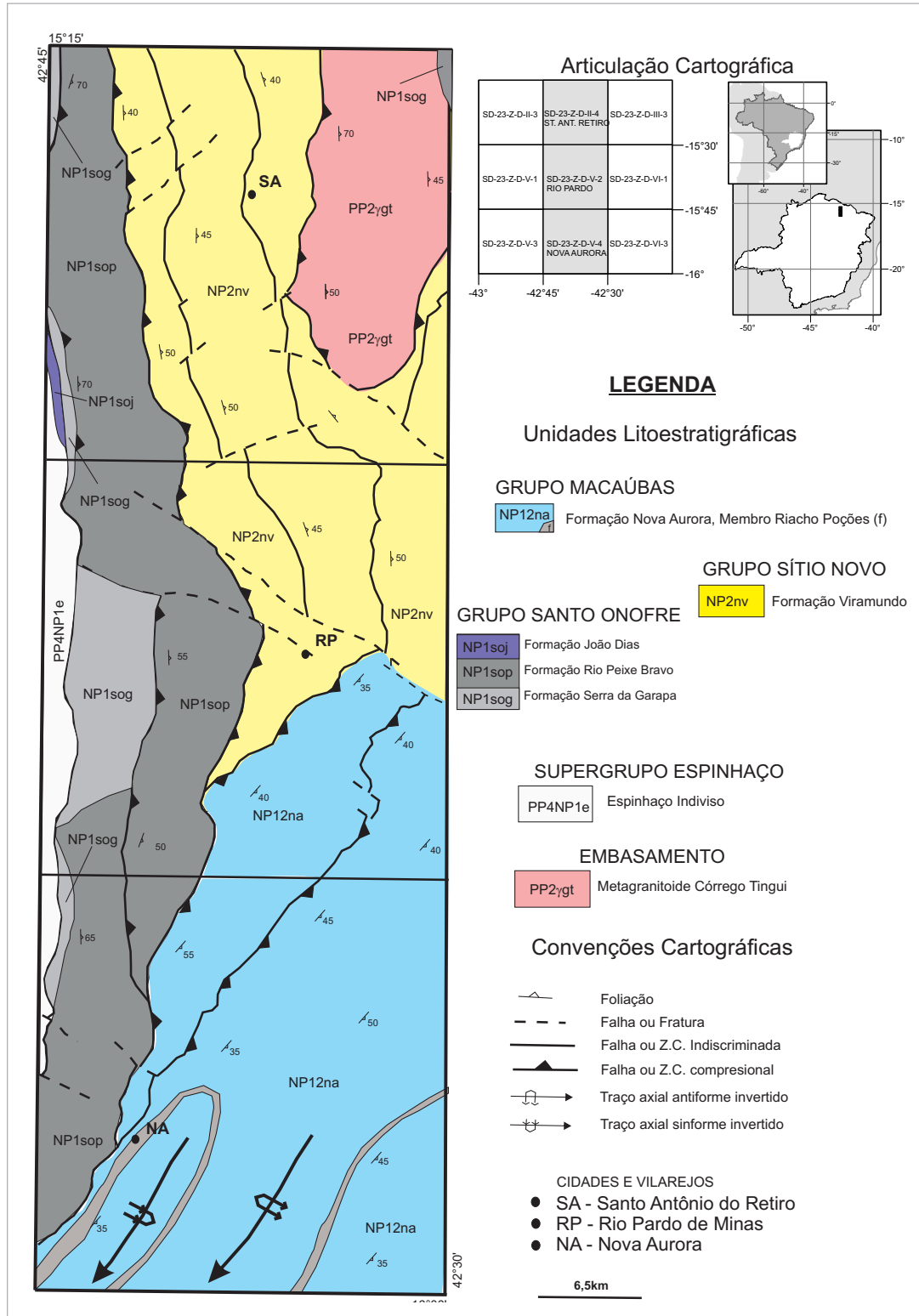


Figura 3.57 - Mapa geológico simplificado da área do projeto Rio Pardo de Minas.

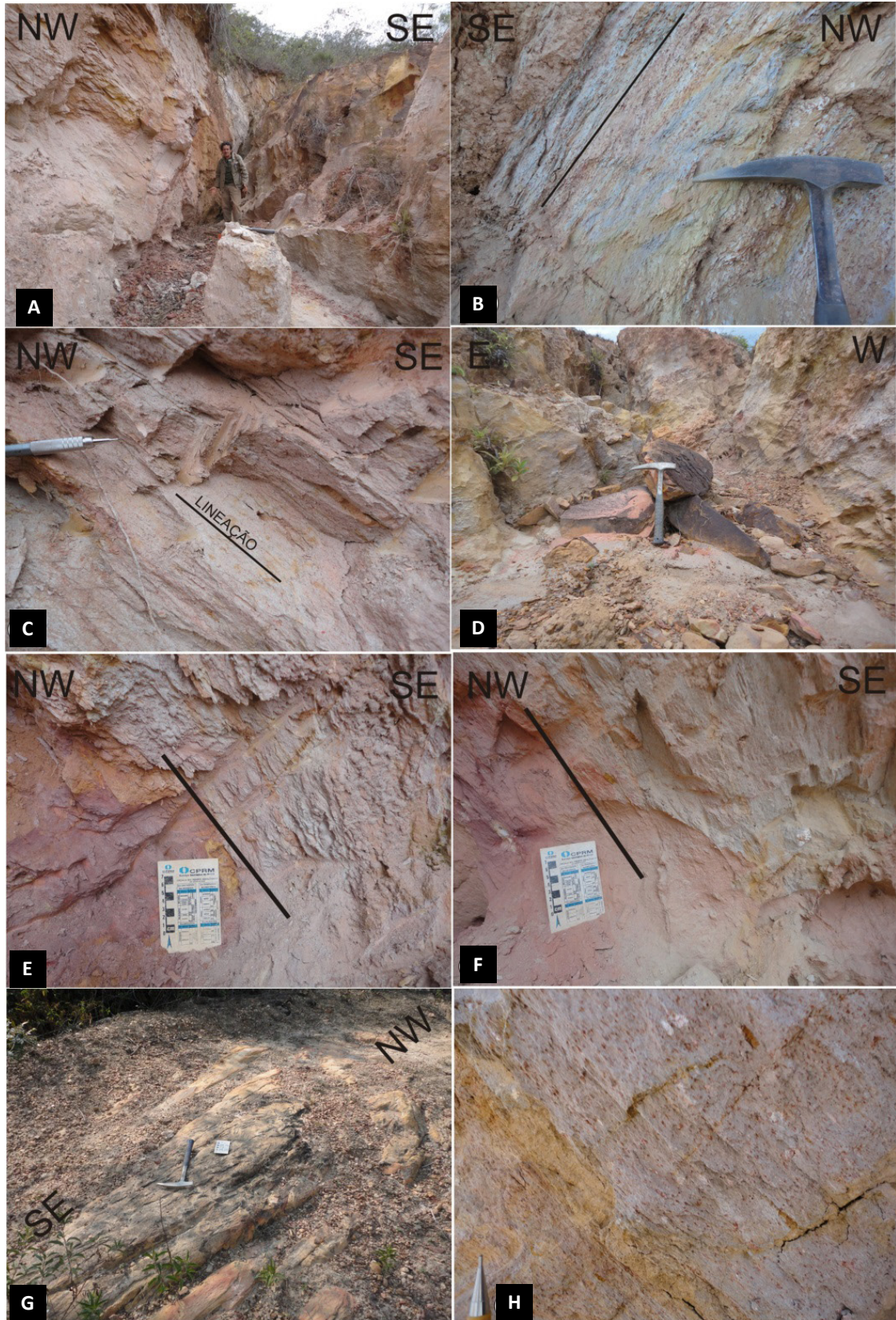


Figura 3.58 - A) Afloramento de metadiamicrito em pequena ravina, setor SE da folha Nova Aurora; B) Matriz quartzo-sericítica com alternância de matizes, sugerindo paralelismo S0//SN; C) Matriz quartzo-sericítica com destaque para lineação mineral down-dip; D) Clastos de matacões quartzíticos de grande magnitude (0,5 m a 1,5 m); E) Lentes métricas a centimétricas de composição arenosa a predominantemente arenosa, por vezes com incipiente composição ferruginosa (granulação fina a média) são caracterizadas geralmente paralelas a subparalelas a clivagem principal (SN); F) Granocrescência ascendente da base para o topo; G) Camadas quartzíticas de espessura métrica (5 a 10 m) e orientação NE-SW caracterizadas com granulação média a grossa; H) Pequenas camadas siltoargilosas centimétricas evidenciando acamadamento paralelo a subparalelo a clivagem principal (SN).

filitos carbonosos, gnaisses, rochas carbonáticas, rochas básicas e seixos de quartzo (Fig. 3.59 A-B-C-D-E-F). De modo geral se apresenta composta por quartzo em fração silte/argila, sericita e biotita (oxidada) lamelar compondo uma lineação mineral *downdip* (Fig. 3.58 C), em relação a clivagem fíltica (S1). Clastos de matacões quartzíticos de grande magnitude (0,5 m a 1,5 m) são diagnosticados, porém com predominância no setor extremo SE da folha Nova Aurora. Neste contexto, quartzitos de granulação fina a média são dominantes, estando geralmente facetados e estriados (Fig. 3.58 D).

Lentes métricas a centimétricas de composição arenoargilosa a predominantemente arenosa, por vezes com incipiente composição ferruginosa são caracterizadas geralmente paralelas a subparalelas a clivagem principal (S1). Camadas quartzíticas de espessura métrica (5 a 10 m) e orientação NE-SW apresentam-se intercalando os metadiamicritos polimíticos (Fig. 3.58 G), estas exibem granulação média a grossa e estratificações plano-paralelas. Também é possível observar com frequência pequenas camadas siltoargilosas centimétricas a milimétricas (Fig. 3.58 H)

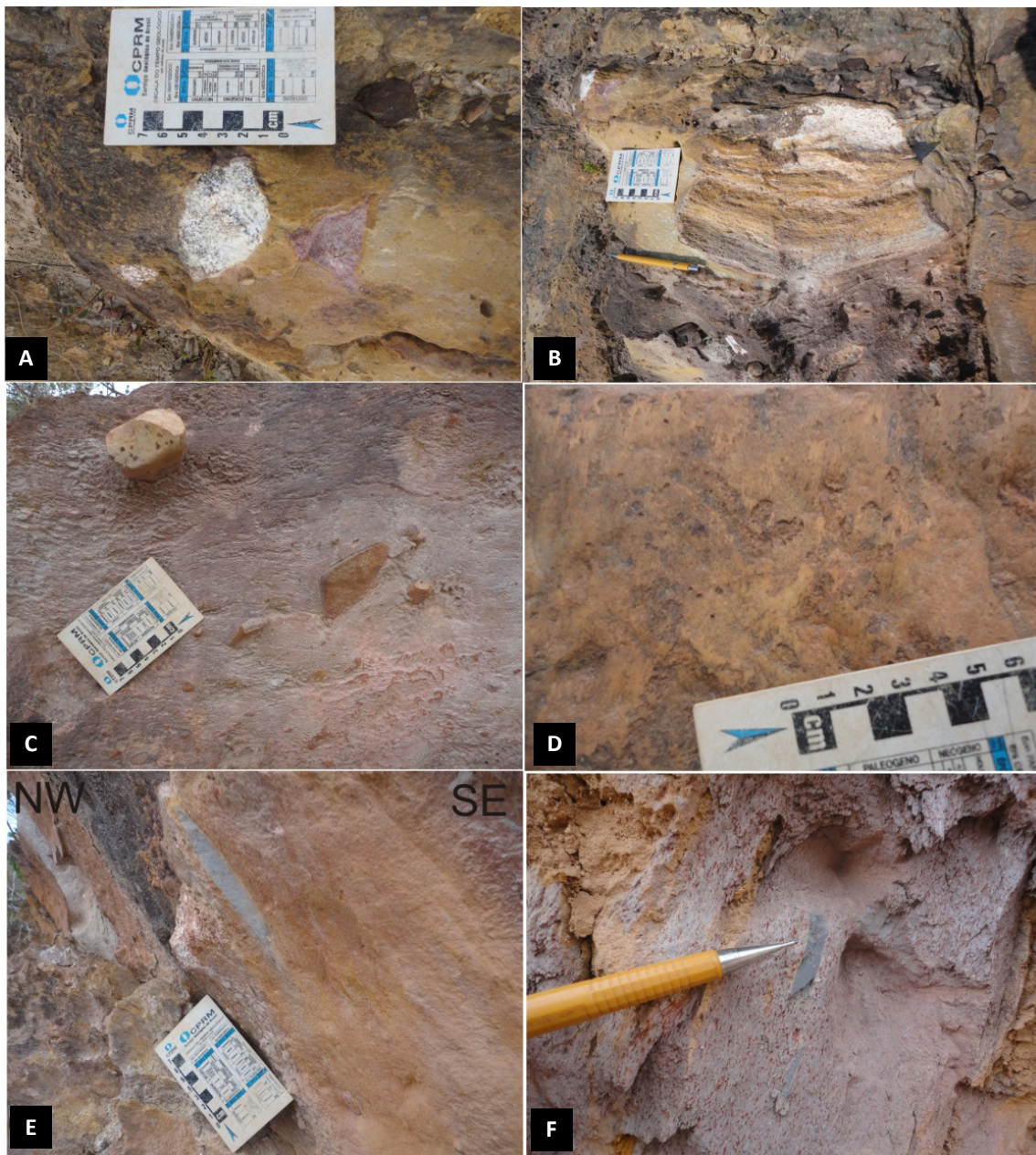


Figura 3.59 - A) Clastos facetados de saprólitos de granitoide e de rocha básica; B) Matacão saprólítico de ganisse facetado; C) Blocos e seixos pingados em meio a matriz arenoargilosa; D) Estrias em clasto de quartzito; E) Clasto de filito estriado caracterizado em zona de cisalhamento; F) Lineação mineral indicada pela orientação preferencial de biotitas oxidadas.

evidenciando acamadamento paralelo a subparalelo a foliação principal (S1).

Fragmentos de rocha estriados, facetados e blocos/matacões pingados são comumente observados (Fig. 3.59 A-B-C-D). Apresentam estruturas primárias como estratificações cruzadas com truncamento de baixo ângulo e plano paralelas. Em zonas de cisalhamento é facilmente observável clastos estirados compondo uma lineção de estiramento downdip, associada a clivagem/foliação (S1) com atitudes apresentando caimento moderado para SE (Fig. 3.59 E-F).

Ao microscópio a matriz apresenta variedades de quartzo grauvacas caracterizadas por uma composição quartzo-serícitica, com conteúdo menor de feldspato sem macla e fase tabular/acicular fina decussada alterada (possivelmente cloritóide). Apresentam uma distribuição bimodal a seriada, com grãos e agregados de sericita e opacos menores que 30 µm, constituindo a matriz, além de grãos de quartzo mal selecionados, arredondados e esféricos (Fig. 3.60 A e B). Nas variedades milonitizadas e foliadas clastos ocorrem estirados e com dissolução por pressão ao longo da foliação

definida por sericita lepidoblástica (Fig. 3.60 A e B). Em relação a matriz, os termos grauvaqueanos apresentam até 4% de fragmentos de rocha, com naturezas e frações diversas, adquirindo, desta forma um caráter polimítico. Variam de grânulos a clastos e são suportados pela matriz. De modo geral, são prolatos e orientados ao longo da foliação principal, em seus litotipos foliados.

Lâminas delgadas de clastos de meta-arenitos apresentam trama granular, com grãos de quartzo exibindo ajuste de borda, arranjo em mosaico e junções tríplexes (Fig. 3.60 C). Exibem subgranulação, novos grãos e extinção ondulante, com espaços intersticiais e intergranulares, sugestivos de poros, preenchidos por sericita fina recristalizada e minerais opacos. Nestas variedades a abundância de sericita varia de conteúdos menores de 8% da moda. Minerais opacos finos ocorrem tanto na matriz (<30 µm), quanto no arcabouço, neste contexto exibem grãos xeno a idiomórficos alterados e box work (Fig. 3.60 D). Turmalina, zircão e rutilo ocorrem em conteúdos subordinados e constituem as fases acessórias.

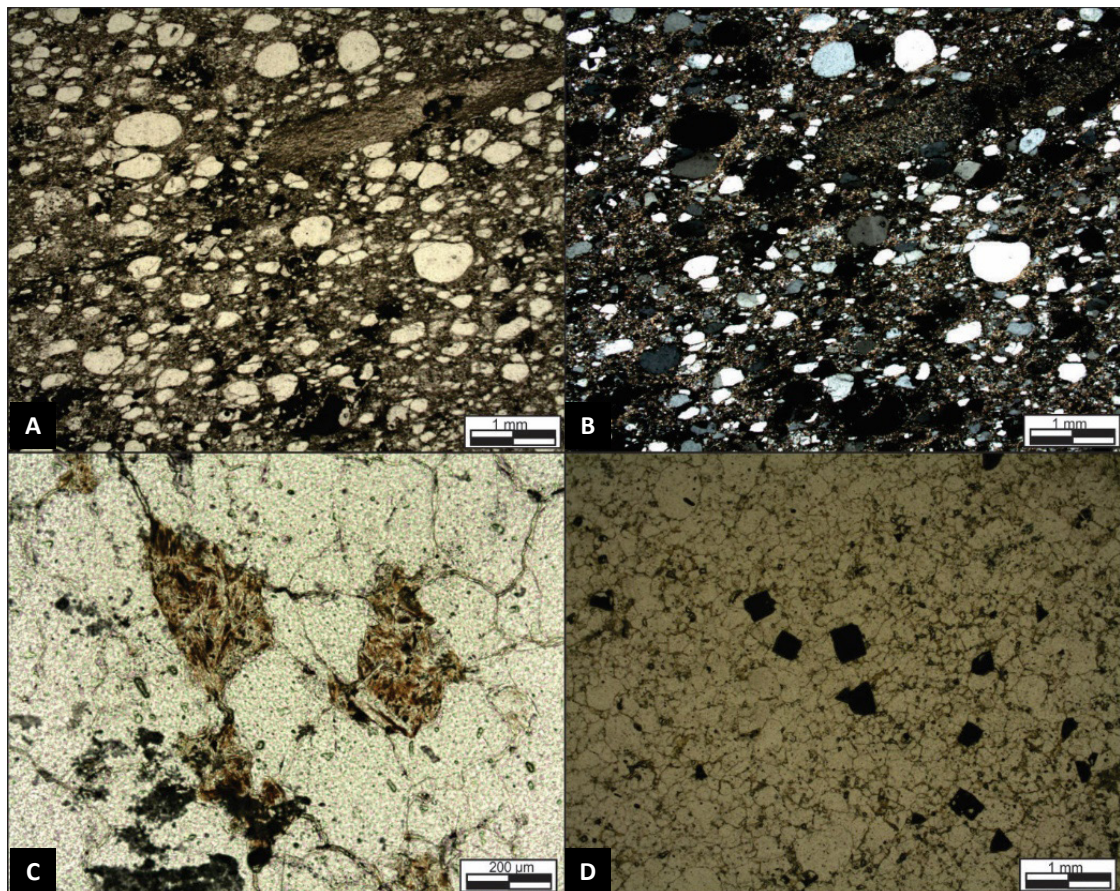


Figura 3.60 - A) Distribuição bimodal em metaquartzo grauvacca, ocorrem clastos estirados e foliação definida por sericita lepidoblástica (PPL). JL-174; B); mesmo campo anterior sob XPL; C) Clasto de meta-arenito granular com poros preenchidos por sericita fina recristalizada e minerais opacos (PPL). SQ-301; D) minerais opacos finos, sub a idiomórficos, alterados (box work de limonita) em meta-arenito (PPL) SQ-300.

Membro Riacho Poções - metadiamictítico ferruginoso - NP12narp e formação Ferrífera - NP12naff

O Membro Metadiamictítico ferruginoso (NP12narp) é reconhecido na literatura como Membro Riacho Poções (Viveiros *et al.* 1978). Estes autores subdividiram o Grupo Macaúbas em duas unidades litoestratigráficas: a Formação Rio Peixe Bravo, na base, e a Formação Nova Aurora no topo, na qual foi individualizado o Membro Riacho Poções, portador dos depósitos de ferro metadiamictíticos. Entretanto neste trabalho, a Formação Rio Peixe Bravo foi desmembrada do Grupo Macaúbas e inserida no contexto do Grupo Santo Onofre, diante da discordância estratigráfica e estrutural diagnosticada na interface entre as Formações Nova Aurora e Rio Peixe Bravo, diferentemente da relação estratigráfica entre as Formações Rio Peixe Bravo e Serra da Garapa, onde se expressa concordantemente.

O membro Riacho Poções (NP12narp) e as formações ferríferas (NP12naff) vinculadas estão expostos principalmente no setor sudoeste da folha Nova Aurora (Fig. 3.61-A). Neste local é caracterizado um sinforme invertido, com eixo apresentando orientação NE-SW e leve caimento para SW (3 a 5°). O mapa aerogeofísico magnetométrico de sinal analítico, corrobora a existência da estrutura regional, apresentando anomalia representativa ao sinforme invertido Nova Aurora (Fig. 3.61-B). A caracterização da estrutura regional como um sinforme invertido foi possível devido à análise estrutural de afloramentos, onde foram diagnosticadas as relações entre acamamentos (S0) e foliações/clivagens (S1) (Fig. 3.61 C–D-E).

Os metadiamictitos ferruginosos (NP12narp) geralmente são diagnosticados em elevado estado de alteração, localizados em cortes e assoalhos de estradas, em margens de drenagens, em valas e voçorocas. Apresentam matizes acinzentadas (Fig. 3.62 A), caracterizadas por matriz ferruginosa (Fig. 3.62 B), argilosa e quartzo-sericítica. Apresentam grande diversidade de clastos, desde quartzitos finos a grossos, filitos carbonosos, granitoides e gnaisses saprolitizados, comumente estirados em zonas de cisalhamento (Fig. 3.62 A-B-C).

A formação ferrífera (NPnaff) é caracterizada por metadiamictitos com matriz rica em hematita, por vezes com presença de magnetita (Fig. 3.62 D-E). Os metadiamictitos hematíticos apresentam enriquecimento progressivo de hematita do topo para a base, até o domínio completo do metadiamictito hematítico (NP12naff). Em algumas regiões ocorre metadiamictito hematítico/magnetítico de granulação fina a grossa e por vezes é possível observar acamadamento (S0) transposto caracterizado por S0//S1 e por clastos extremamente estirados, dando falsa impressão de camada arenosa (Fig. 3.62 F).

Ao microscópio a unidade metadiamictítica ferruginosa relacionada ao Membro Riacho Poções (NP12narp) é composta de metadiamictitos protomilonitizados a milonitizados, de composição matricial quartzo-sericítica/biotítica com expressivo conteúdo ferruginoso (magnetita/hematita). A matriz arenosa é caracterizada por grânulos e subordinados seixos de quartzo mal selecionados, por vezes em distribuição bimodal, com grãos arredondados e de alta esfericidade. Também são caracterizados grãos finos de magnetita compondo a matriz areno-ferruginosa (Fig. 3.63 A-B-C).

A trama primária ocorre intensamente obliterada por processos deformacionais que superpuseram um arranjo granolepidoblástico na matriz, definido por grãos e agregados policristalinos de quartzo estirados, com sombras de pressão e envolvidos por foliação ferruginosa (magnetítica) anastomosada e sigmoidal assimétrica, de natureza milonítica, com magnetita média a grossa, idioblástica sobrecrecida, com hematita fina definindo foliação S1 (Fig. 3.63 D-E).

O quartzo varia de 35% a 75% do conteúdo modal, distribuído, dependendo da variedade entre matriz e arcabouço, com a matriz variando de 8 a 30% do volume da rocha. Ele compreende porfiroclastos, seixos e agregados policristalinos recristalizados e estirados ao longo da foliação principal, podendo exibir extinção ondulante, subgranulação, sombras e superfícies de dissolução por pressão, com caudas de recristalização, com alguns espécimes tendendo a arranjo em mosaico, com junções tríplexes e ajuste de borda (Fig. 3.63 A-C).

As fases ferruginosas variam de 8 a mais de 60% do conteúdo da rocha, o que, dependendo do caso, qualifica seus termos como ferruginosos ou mesmo formação ferrífera. São constituídas predominantemente por magnetita e hematita, com subordinado óxidos e hidróxidos de alteração. A hematita é lamelar fina e compõe a foliação da rocha, juntamente com mica oxidada (biotita), a partir de agregados lepidoblásticos dispostos em feixes irregulares. Seu conteúdo varia desde menor a até mais de 55% da moda.

A magnetita compreende blastos idiomórficos finos a grossos, com dimensões que não excedem 2,2 mm (Fig. 3.63 F). Apresenta um caráter tardio, nucleada sob a foliação hematítica, com seus grãos estatisticamente conformados e sem a deflexão da foliação. Seu conteúdo varia de traço a até 12% da composição modal (Fig. 3.63 F).

A sericita é lepidoblástica fina e sua distribuição ocorre de modo irregular. De maneira geral, sua abundância é inversamente proporcional ao de magnetita, alcançando 10% do conteúdo nas variedades carentes de fases ferruginosas, e quantidade traço nas ferruginosas. Micas oxidadas (biotita) ocorrem com maior frequência nas variedades ferruginosas. Estão estiradas ao longo

da foliação principal e não excedem 5% do conteúdo. Turmalina, rutilo e zircão ocorrem em esparsos grãos finos e compõem as fases acessórias.

Determinações geocronológicas U/Pb (LA-ICP) em grãos de zircão detrítico, da formação ferrífera da amostra JL-130, forneceram valores entre 962 Ma e 2,7 Ga (Fig. 3.64). Esses dados apresentam expressiva densidade

de valores orosirianos e a idade toniana atribuída como sendo a de máxima deposição desta unidade.

Ao microscópio a matriz dos metadiamictíticos hematíticos, mostraram-se praticamente monominerálicas, sendo constituída em sua predominância por hematita fina, com arranjo lamelar lepidoblástico (Fig. 3.65 A-B) compondo por volta de 60% do volume da rocha,

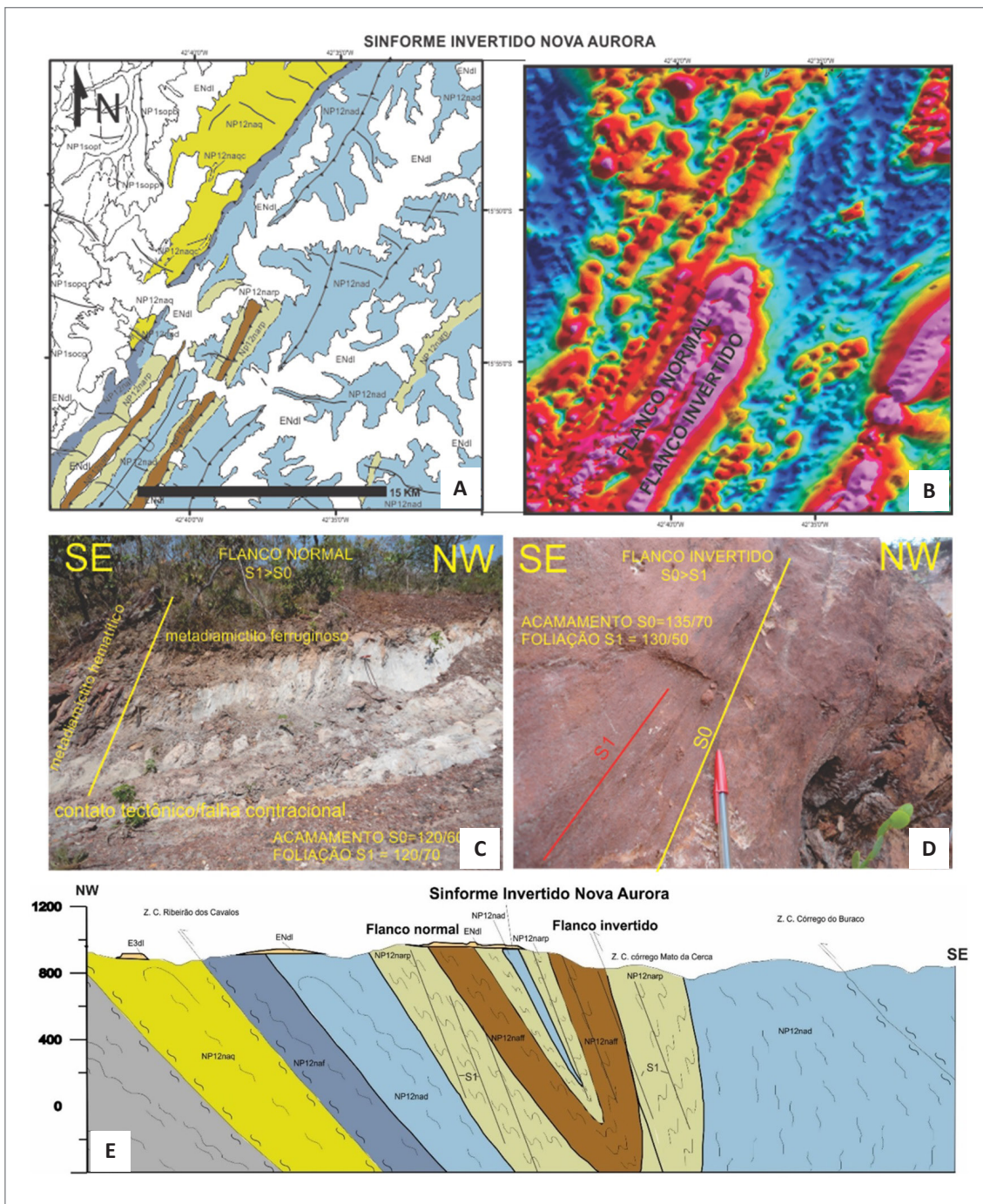


Figura 3.61 - A) Mapa geológico simplificado com destaque para a Formação Nova Aurora do Grupo Macaúbas; B); Mapa aerogeofísico magnetométrico com destaque para o sinforme invertido Nova Aurora, com indicação de flanco normal e flanco invertido; C) Afloramento JL130, representando o flanco normal e falha contracional como contato tectônico; D) Afloramento JL-112 representando o flanco invertido e as relações entre acamamento e foliação S_n . E) Perfil geológico esquemático do Sinforme Invertido Nova Aurora.

também observa-se arranjo maciço de hematita equigranular (Fig. 3.65 C) os 40% restante.

Membro Quartzítico - NP12naq

Esta unidade é caracterizada por uma extensa faixa de direção NE-SW com largura variando entre 2 km a 5

km de largura. Geralmente são diagnosticados quartzitos em elevado estado de alteração tendo seus melhores afloramentos localizados em cortes de estradas, margens de drenagens, valas, voçorocas e na forma de blocos e matacões dispersos em superfície.

Apresentam matizes amareladas, granulação fina a média e estratificação plano-paralela. Ao microscópio os

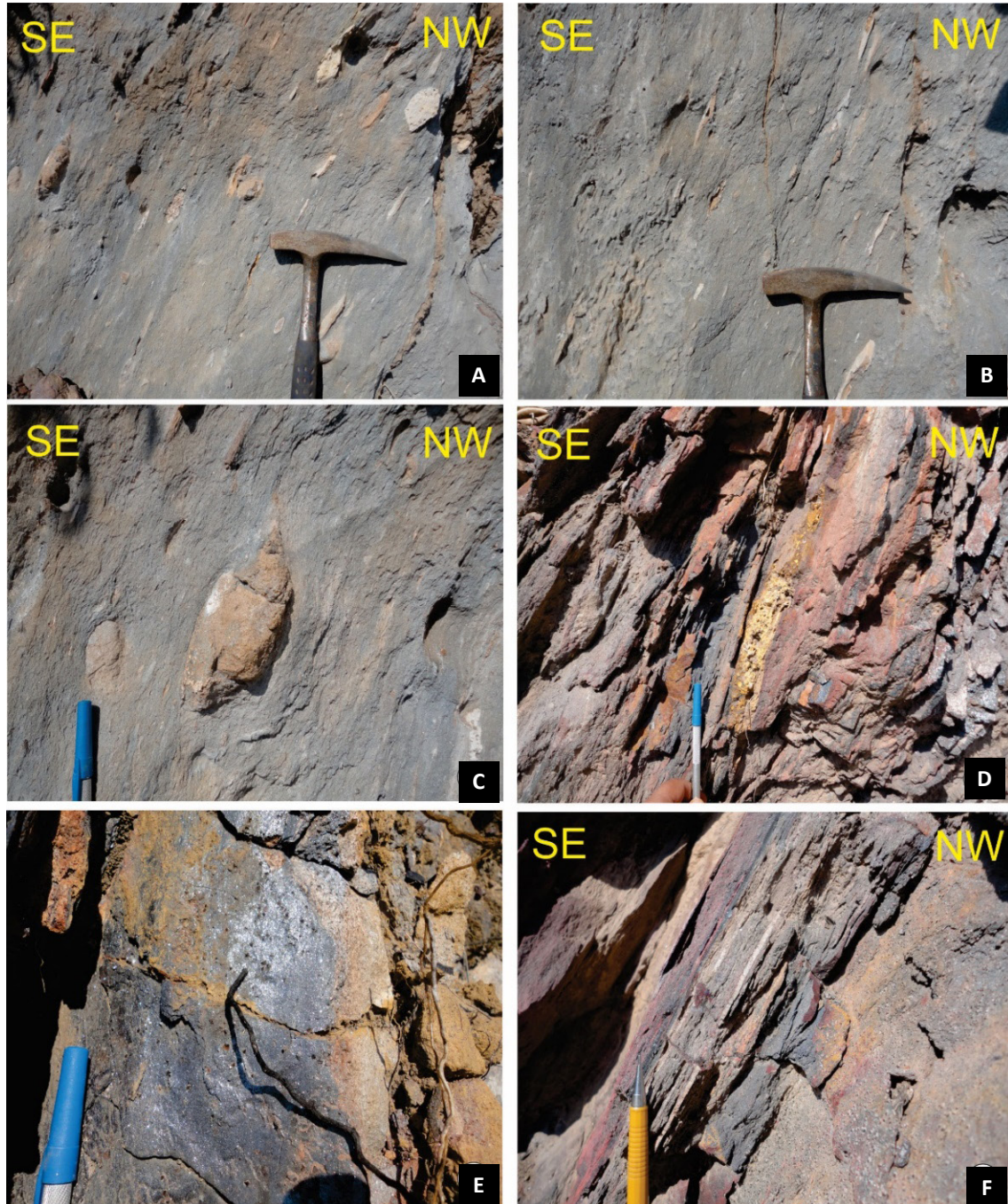


Figura 3.62 - A) Metadiamicrito ferruginoso da unidade Membro riacho Poços (NP12narp) apresentando matriz acinzentada ferruginosa envolvendo diversos clastos de quartzitos e saprólitos graníticos; B) Metadiamicrito ferruginoso da unidade Membro riacho Poços (NP12narp) apresentando clastos estirados compondo uma lineação de estiramento 'downdip' em zona de cisalhamento localizada no sinforme invertido Nova Aurora; C) Detalhe de clasto quartzítico em meio a matriz acinzentada em metadiamicrito ferruginoso do Membro riacho Poços; D) Metadiamicrito hematítico apresentando alto grau de deformação, notar clasto estirado saprolitizado no centro da foto; E) Magnetitas compondo matriz de metadiamicrito hematítico da formação ferrífera NP12naff; F) Acamamento transposto caracterizado por S0/S1 e por clastos extremamente estirados.

quartzitos desta unidade são bandados a homogêneos, com trama granular fina (Fig. 3.66). O quartzo compõe em torno de 94% da percentagem modal da rocha, com minerais opacos e sericita em conteúdos menores e traços de biotita. Grãos arredondados detríticos finos de zircão e turmalina ocorrem em quantidade acessória.

O quartzo é xenomórfico inequigranular fino e define arranjo granular (“sacaroidal”) a partir de grãos recristalizados, com junções tríplices e contatos interlobados a retilíneos (Fig. 3.66 A-B), com ajuste estático de borda e extinção ondulante. Apresenta bandamento composicional definido pela distribuição irregular de sericita, que alternam o predomínio de sua granulação, com intercalações de níveis de até 0,6 mm e de até 0,3mm (Fig. 3.66 C-D).

Os minerais opacos são inequigranulares finos, em grãos e agregados que ocupam espaços intersticiais e intergranulares em conteúdos que não excedem 7% da rocha. Apresentam distribuição irregular, dispostos em níveis e horizontes plano paralelos, que definem o bandamento da rocha, juntamente com a distribuição de sericita e a variação textural do quartzo (Fig. 3.66C-D).

A sericita e rara biotita, são lamelares inequigranulares finas, e ocorrem posicionadas preferencialmente em espaços intergranulares de quartzo, com o conteúdo de sericita não excedendo 5% da moda. Alguns agregados de sericita fina associada com minerais opacos, em espaços intergranulares, sugerem pseudomorfos de fase preexistente.

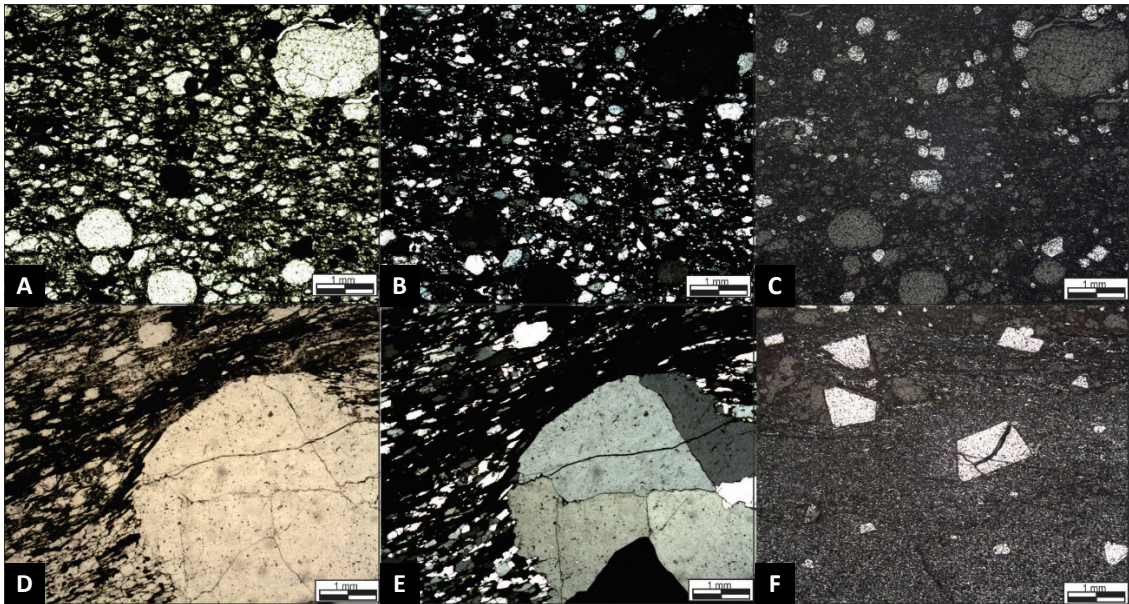


Figura 3.63 - A) Distribuição de grãos detríticos de quartzo em matriz areno-ferruginosa com alta esfericidade (PPL); B) mesmo campo anterior sob XPL; C) grãos de magnetita finos em meta-arenito ferruginoso (mesmo campo anterior sob luz refletida); e, D) Grãos estirados e seixo com sombra de pressão e dissolução por pressão em metadiamiccito milonitizado (PPL); E) mesmo campo anterior sob XPL; e, F) magnetita idioblástica tardia quartzosa com hematita fina definindo a foliação (luz refletida).

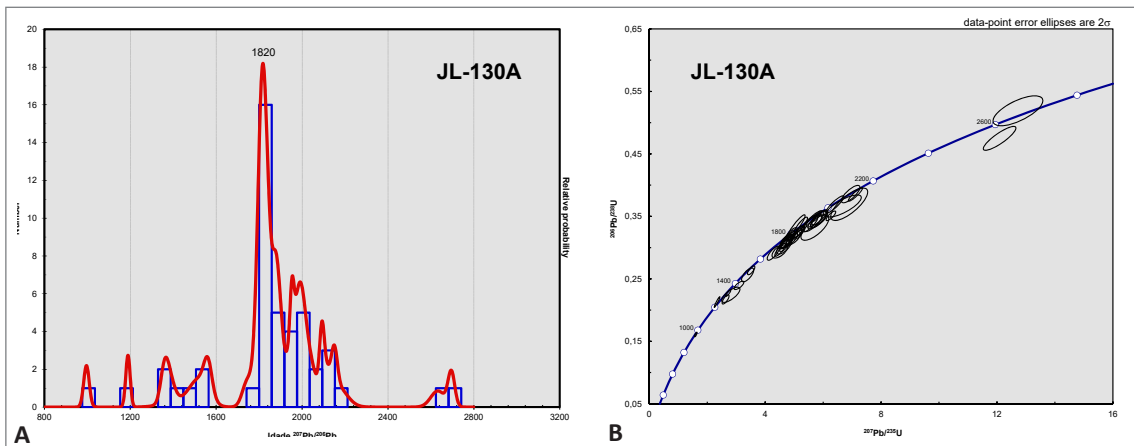


Figura 3.64 - A) Diagrama de distribuição probabilística das determinações U/Pb (U/Pb-LA-ICP) de grãos de zircão da amostra JL-130 e B) Diagrama concórdia das determinações $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ dos mesmos grãos.

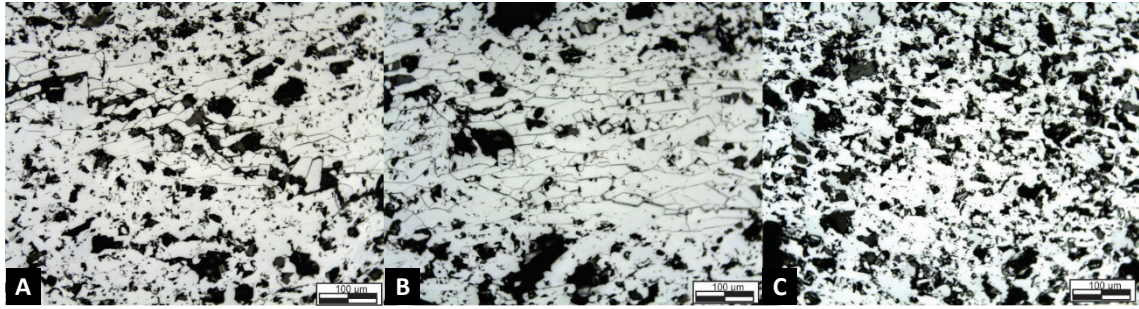


Figura 3.65 - A) Hematita equigranular fina lepidoblástica (luz refletida); B) Arranjo lepidoblástico de hematita lepidoblástica fina (luz refletida); e, C) Arranjo maciço de hematita equigranular (luz refletida).

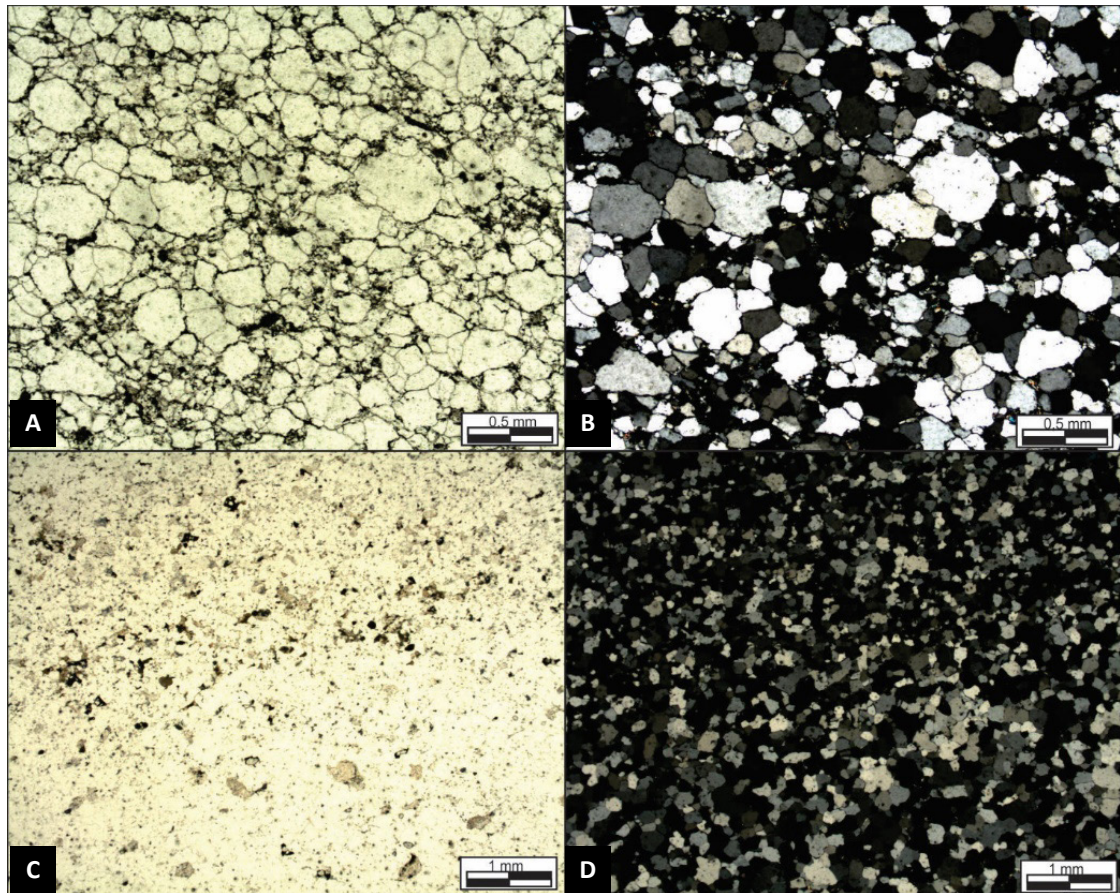


Figura 3.66 - A) Trama granular sacaroidal em quartzito fino (PPL); B) mesmo campo anterior sob XPL; C) Bandamento composicional definido pela distribuição irregular de sericita e minerais opacos finos (PPL); e D) mesmo campo anterior sob XPL.

Análises isotópicas U/Pb (LA-ICP) em grãos de zircão detrítico de quartzito da amostra SQ-277, obtiveram idades entre 0,8 e 2,7 Ga (Fig. 3.67), com os valores tonianos quantitativamente mais expressivos e a idade de 982 Ma atribuída como a idade máxima sedimentação.

Membro Filítico - NP12nafi

O Membro Filítico é caracterizado por uma faixa alongada de orientação NE-SW e largura de 500m a 1km. Seus litotipos são caracterizados predominantemente

por metapelitos e filitos de matizes esbranquiçadas, amareladas, a acinzentadas, exibindo granulação fina, comumente foliados.

Ao microscópio os metapelitos e filitos desta unidade são constituídos por variedades de quartzo-sericita-filitos, com textura granolepidoblástica fina definindo uma foliação contínua anastomosada com estruturas lenticulares sigmoidais assimétricas (Fig. 3.68 A-B), núcleo manto, sombra e dissolução por pressão e cauda de recristalização. Superfícies oblíquas, de médio a alto ângulo, defletem e transpõe a foliação principal através

de planos de dissolução por pressão (clivagem de crenulação) (Fig. 3.68 C-D).

O quartzo compõe em torno de 40% do conteúdo modal. É inequigranular fino e constitui grãos reliquiares deformados, ribbons e agregados recristalizados

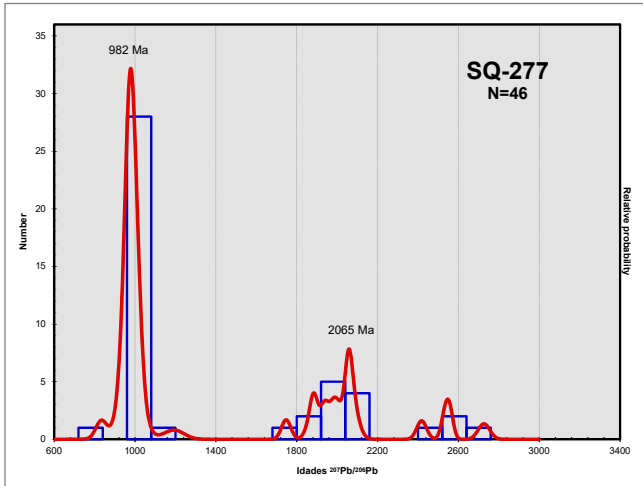


Figura 3.67 - Diagramas de distribuição probabilística das determinações U/Pb (U/Pb-LA-ICP) de grãos de zircão de quartzito da amostra SQ-277.

lenticulares sigmoidais assimétricos fortemente estirados ao longo da foliação principal (Fig. 3.68 A-B), com estruturas subgrãos, novos grãos, extinção ondulante, dissolução por pressão, sombra e cauda de recristalização associadas.

A sericita, intimamente associada com biotita precursora, alcançam juntas em torno de 58% da composição da rocha. São lepidoblásticas finas em agregados estirados sigmoidais que definem a foliação milonítica. Mineraias opacos finos ocorrem em abundancia menor e constituem grãos e agregados fortemente estirados ao longo da foliação principal, comumente em nuvens e trilhas de opacos em espaços intergranulares e intersticiais das micas e quartzo. Grãos finos de turmalina, zircão e rutilo ocorrem subordinados e em conteúdos acessórios.

Membro Xistos - NP12nax

O Membro composto predominantemente por xistos (NP12nax) é exposto na forma de uma faixa de aproximadamente 1,5 km de espessura com orientação NE-SW na folha Rio Pardo de Minas. Suas melhores exposições estão localizadas em vales encaixados, cortes de estradas, ramais secundários, pequenas voçorocas e em escarpas

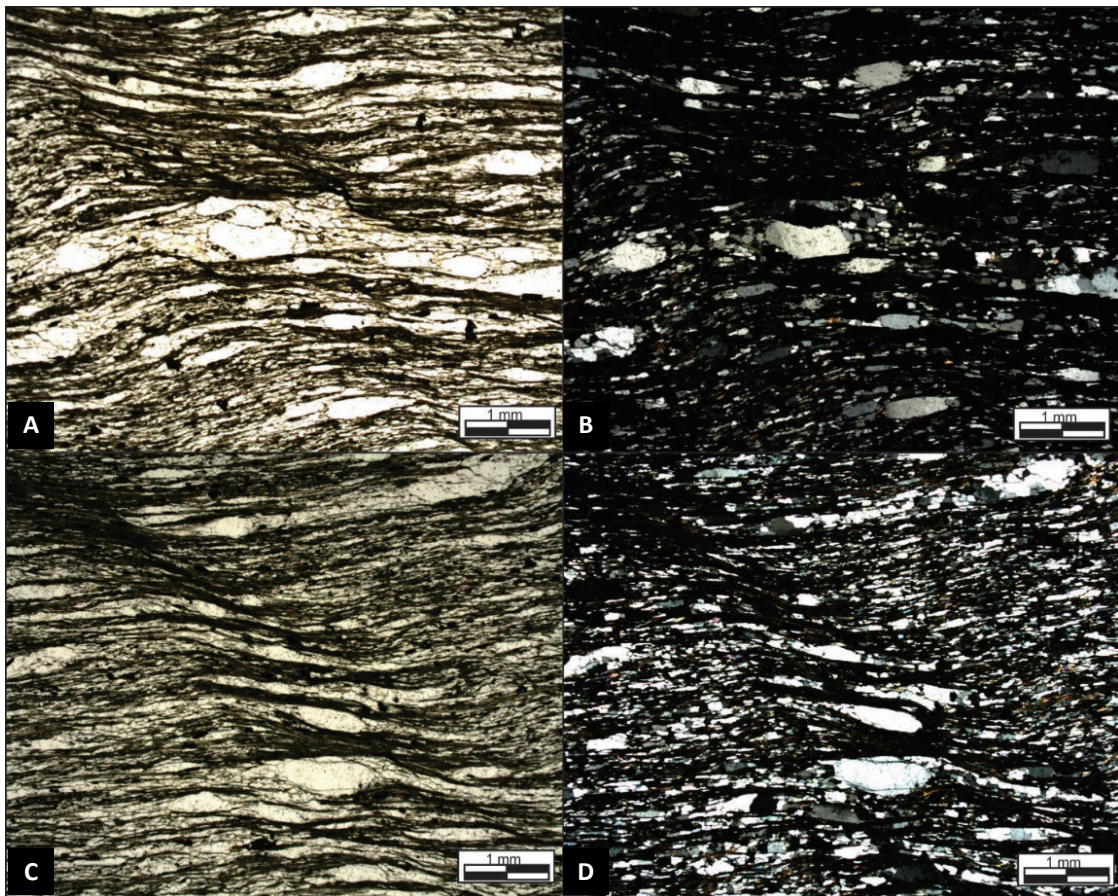


Figura 3.68 - A) Lentes sigmoidais assimétricas de quartzo, com sombra e dissolução por pressão e porfiroclastos deformados reliquiares (PPL); B) mesmo campo anterior sob XPL; C) Clivagem de crenulação espaçada com dissolução por pressão, cauda de recristalização e deflexão da foliação principal (PPL); e, D) mesmo campo anterior sob XPL.

de meia encosta (Fig. 3.69 A-B). Os melhores afloramentos estão situados nas proximidades dos córregos Atoleiro, Barreiro e Jaburu, sendo característico o padrão de drenagens retangular, o que sugere controle por falhas e fraturas. Seus litotipos se apresentam comumente bastante alterados, sendo caracterizados por matizes beges a amareladas (Fig. 3.69 C).

De modo geral o membro é representado predominantemente por sericita-quartzo xistos, quartzo-sericita xistos com subordinados meta-arenitos finos a médios, laminados e/ou com estratos cruzados com truncamento de baixo ângulo. Porfiroblastos (granada e estauroлита) de 2 a 4 mm são observados sobrecrecidos na trama que define a xistosidade e/ou a foliação milonítica (S1) (Fig. 3.69 D-E-F). A xistosidade (S1) é definida pela orientação preferencial de micas e cristais de quartzo estirados, sendo diagnosticada comumente oblíqua em relação ao acamadamento (S0) (Fig. 3.69 G-H).

O acamadamento (S0) é facilmente observado em sucessões decamétricas de xistos com intercalações centimétricas a métricas de meta-arenitos finos a médios. Neste contexto uma clivagem espaçada, tipo clivagem de crenulação (S2) é caracterizada obliterando S1, apresentando orientação predominantemente NE-SW e mergulhos acentuados para SW com atitudes (Fig. 3.69 I).

Ao microscópio apresentam uma matriz recristalizada quartzo-sericítica com uma foliação milonítica (S1) anastomosada, com estruturas sigmoidais, dobras intrafoliais e sombras de pressão assimétricas (Fig. 3.70).

Estruturas de dissolução por pressão obliteraram a foliação principal (S1) e imprimiram uma clivagem de crenulação espaçada a zonal (S2), demonstrando fase prismática pós-tectônica com acúmulo de quartzo ao redor, ocupando microlitons (Fig. 3.70 A-B). A mica branca varia de 40 a 60% da moda. Ocorre em lamelas lepidoblásticas inequigranulares finas definindo a foliação milonítica, juntamente com quartzo estirado, com estruturas sigmoidais assimétricas, sombras de pressão e caudas de recristalização (Fig. 3.70 A-B).

Observa-se comumente clivagens de crenulação bem desenvolvidas, com fases minerais (estauroлита) parcialmente dissolvidas por pressão em domínio de crenulação (S2), e fase porfiroblástica tarde a sin cinemática, alterada, com inclusão de quartzo e deflexão da foliação (Fig. 3.70 C-D).

O quartzo alcança até 45% do conteúdo da rocha, com seus valores mínimos em torno de 8%. É xenomórfico inequigranular fino em grãos, tanto estirados ao longo da foliação principal, quanto reliquiares detríticos. Apresentam subgranulação, novos grãos e extinção ondulante, com grãos inclusos em fase porfiroblástica tardia alterada (estauroлита) e acumulados ao redor de fase prismática, pós a sin-cinemática, totalmente alterada (estilpnomelana?).

Grãos reliquiares detríticos de biotita ocorrem em conteúdos traços. São lamelares e fortemente pleocróicos em matizes acastanhadas, com acúmulo de minerais opacos finos em zonas de fratura, clivagem e borda a partir de alteração. Estão envolvidos, rotacionados e rompidos pela foliação milonítica, com sombras de pressão e estruturas sigmoidais desenvolvidas ao seu redor (Fig. 3.70 E-F).

Os minerais opacos compreendem grãos e agregados finos estirados, recristalizados a partir da matriz ou neoformados e coalescidos através da alteração de biotita reliquiar e/ou porfiroblastos tarde a sin-cinemáticos alterados (Fig. 370 E-F). Zircão e turmalina ocorrem de maneira subordinada e em conteúdos acessórios.

3.6. MAGMATISMO BÁSICO: SUÍTE PEDRO LESSA - NP1δpl

Esta unidade é constituída predominantemente por gabros de coloração cinza a verde escuro (Fig.3.71 A). Exibem textura predominantemente equigranular, granulação média a grossa (Fig.3.71 B), porfirítica com fenocristais de plagioclásio de 0,5 até 1 cm.

Aflora em grandes matacões, com aspecto maciço exibindo uma foliação esferoidal. Os principais afloramentos são representados por grandes matacões localizados próximo à estrada que liga a serra do Espinhaço ao distrito de Bonfim. Ao longo da estrada o solo muda radicalmente de um solo arenoso de coloração branca originado dos quartzitos do Supergrupo Espinhaço, para um solo vermelho espesso. Próximo ao contato com os quartzitos, o gabro apresenta-se foliado, segundo orientação strike N-S presente nos quartzitos.

De modo geral, apresenta uma composição primária ígnea gabróica constituída por clinopiroxênio e plagioclásio, com titanita e minerais opacos subordinados, em trama hipi a idiomórfica intergranular, fina a grossa, com grãos alcançando mais de 6 mm (Fig. 3.72). Exibe um avançado estado de alteração hidrotermal, com expressivo conteúdo de anfibólio e epidoto secundários, com quartzo e biotita em conteúdos menores e traços.

O clinopiroxênio reliquiar atinge até 15% da rocha, com seu conteúdo original estimado em torno de 60%. Ocorre em grãos inequigranulares médios a grossos, com espécimes acima de 6 mm, hipi a idiomórficos com macla simples e intensamente uralitizado, compondo massas parcial a totalmente alteradas (pseudomorfos) para anfibólio (Fig. 3.72 A e B).

Os minerais opacos, dentre magnetita e ilmenita, são xenomórficos inequigranulares finos em espaços interiores (inclusão) e intergranulares de clinopiroxênio, com seu conteúdo limitado a 2%. A titanita é alotriomórfica inequigranular fina, em grãos reliquiares (corroídos e

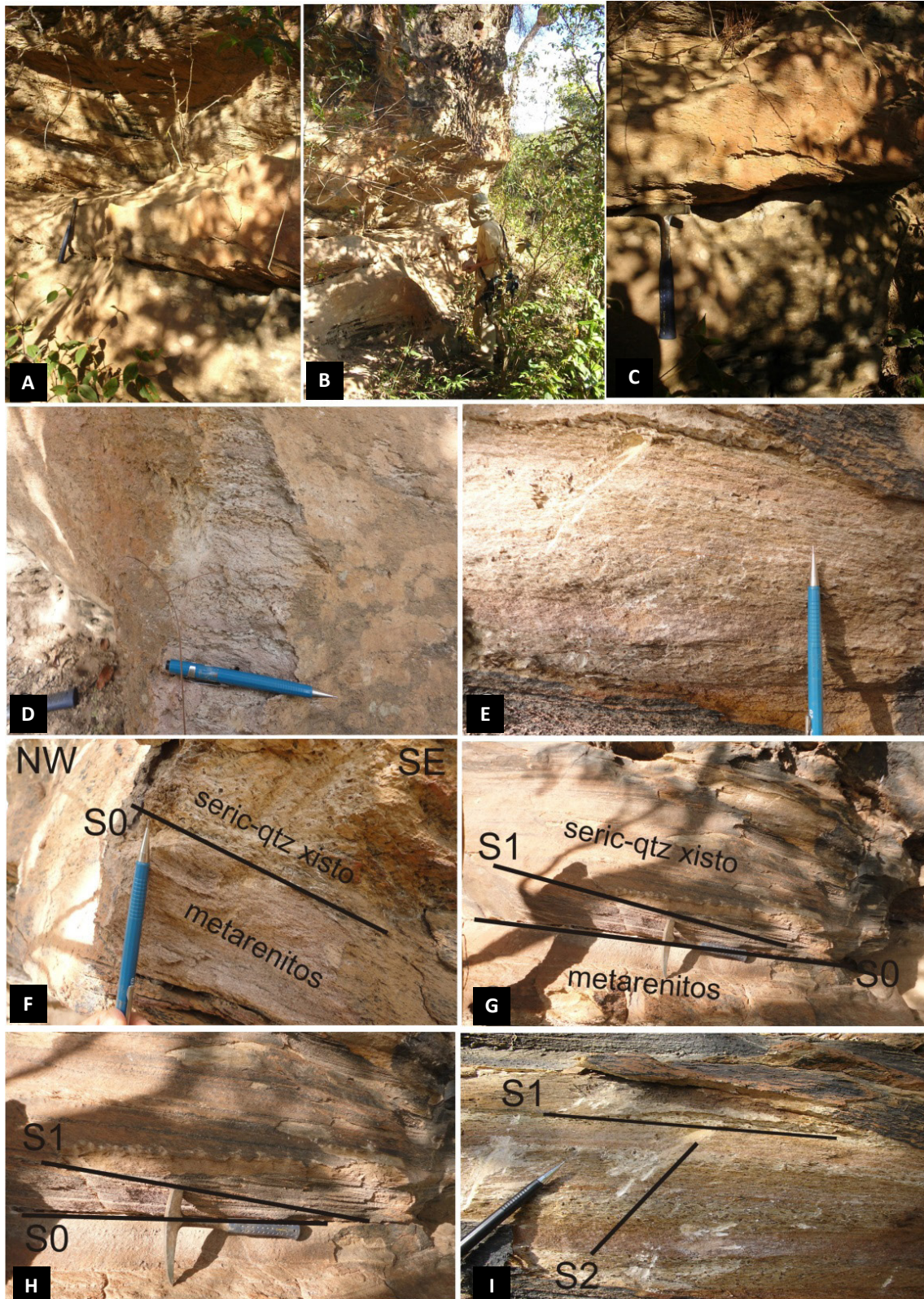


Figura 3.69 - A,B) Afloramentos expostos em escarpa de meia encosta situada próxima ao córrego Atoleiro; C) Sericita-quartzo xisto sobreposto a lente metarenítica apresentando matizes beges a amareladas; D) Sericita-quartzo xisto com porfiroblastos de granada e/ou estaurolita; E) Xistosidade (S1) proeminente em sericita-quartzo xisto; F) Acamadamento (S0) evidenciado pela mudança brusca na granulometria representada pela transição de meta-arenitos de granulação média para sericita-quartzo xistos; G e H) Relação entre acamadamento e xistosidade e I) Relação entre xistosidade (S1) e clivagem de crenulação (S2).

fantasma) envolvidos por epidoto, com ilmenita associada. Sua abundância não ultrapassa 4% da rocha.

O plagioclásio reliquiar abrange em torno de 16% da moda, com sua abundância primária estimada por volta de 30%. Aparentemente apresenta uma distribuição bimodal com grãos finos (até 1mm) compondo agregados em espaços intergranulares de clinopiroxênio e, esparsos grãos médios (~1,5 mm) em arranjo granular (Fig. 3.72 C e D). Apresenta textura inequigranular fina a média, hipidiomórfica, com zoneamento composicional, contatos irregulares, maclas simples e polissintéticas deformadas, estruturas subgrãos e extinção ondulante.

O anfibólio é xenomórfico inequigranular fino a médio, pleocróico em tonalidades de verde – verde oliva, compondo agregados pseudomórficos, decussados, à custa de clinopiroxênio. Seu conteúdo alcança em torno de 55% do conteúdo da rocha. Similarmente, o epidoto ocorre em agregados de grãos finos à custa da saussuritização do plagioclásio, com seu conteúdo por volta de 10%. O quartzo e a biotita são secundários, com o primeiro xenomórfico fino em espaços intersticiais, e o segundo, lamelar fino, de caráter retrógrado às custas de anfibólio. Ambos ocorrem em conteúdos menores.

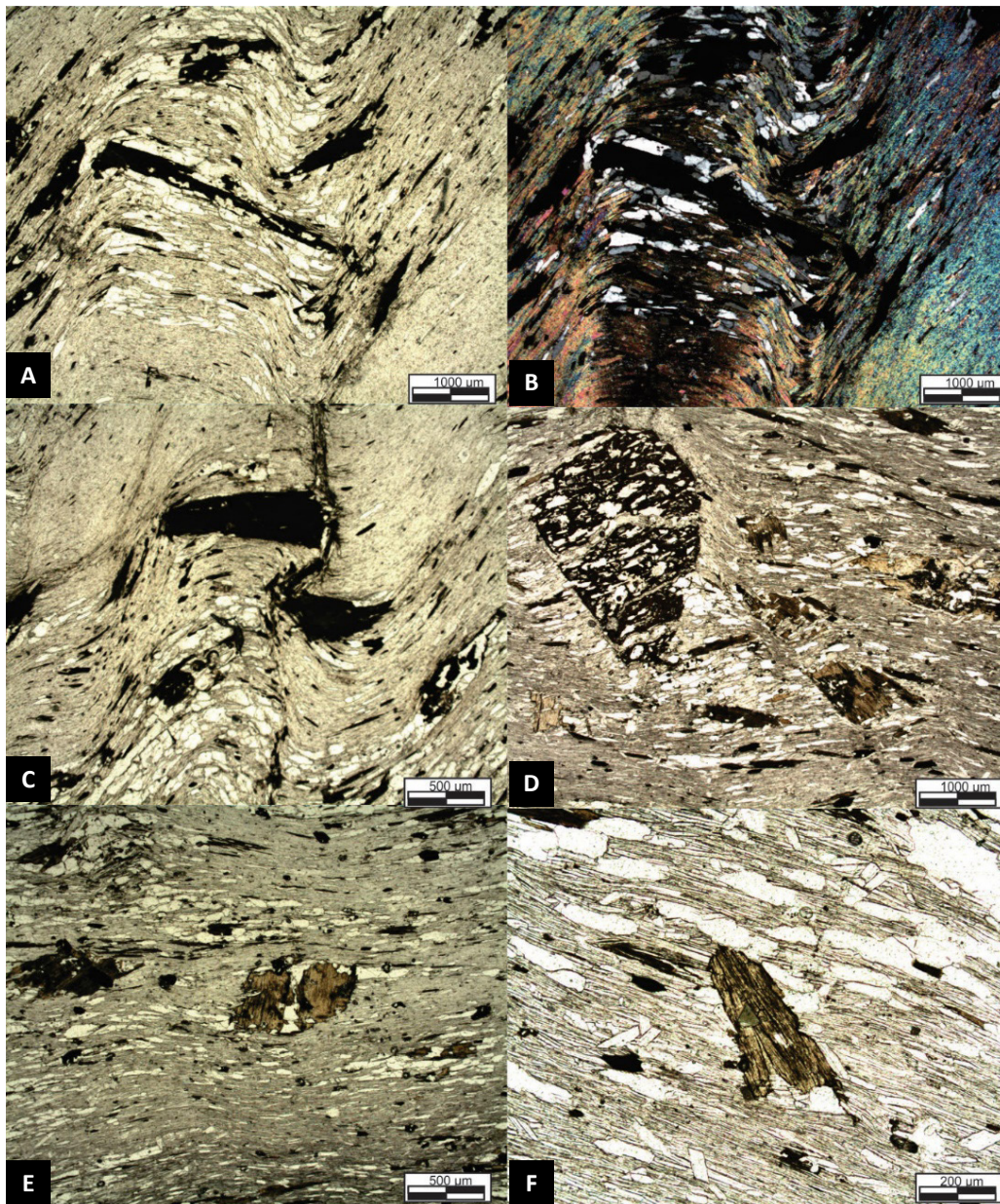


Figura 3.70 - A) Clivagem de crenulação bem desenvolvida, com acúmulo de quartzo ao redor, ocupando microlitons (PPL); B) Mesmo campo anterior sob PPL; C) Clivagem de crenulação bem desenvolvida (S2). (XPL); D) Fase porfiroblástica tarde a sin cinemática, alterada, com inclusão de quartzo e deflexão da foliação (PPL); E) Grão de biotita reliquiar, envolvido pela foliação com estrutura sigmoidal e sombra de pressão assimétrica (PPL); e F) Grão de biotita detrítica, com inclusão de turmalina, rotacionado e envolvido pela foliação e grãos de minerais opacos (PPL).



Figura 3.71 - A) Gabro aflorando na forma de blocos e grandes matacões, com detalhe da cor cinza esverdeado; B) Fenocristais de plagioclásio de até 1 cm.

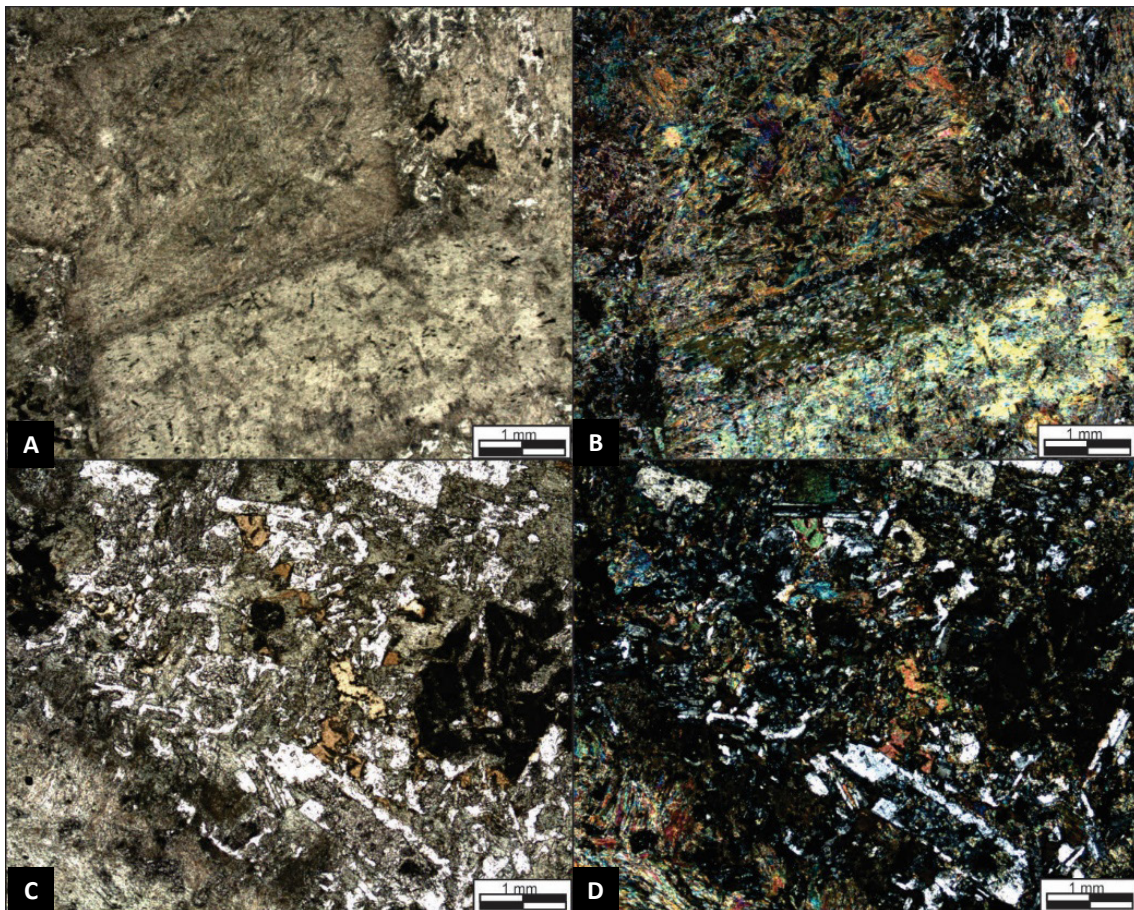


Figura 3.72 - A) Grãos idiomórficos de clinopiroxênio maclados em avançado estado de uralitização (PPL); B) mesmo campo anterior sob XPL; C) Agregados de plagioclásio zonado fino, saussuritizados, com biotita retrógrada e grãos xenomórficos de titanita e ilmenita reliquiare (PPL); e, D) mesmo campo anterior em XPL.

3.7. CORPO RIO TRAÇADAU - MAGMATISMO BÁSICO - NP2Bmb

Corpos de provável natureza básica constituem lentes estiradas ao longo dos meta-arenitos laminados, metarriltitos finos e quartzitos basais da Formação Viramundo. São espacialmente insignificantes com suas exposições

mais expressivas alcançando no máximo 100 metros de comprimento (Fig. 3.73).

De maneira geral, ocorrem posicionados em meia encosta e alinhados ao longo do lineamento definido pelo Rio do Cedro. Estão em avançado estado de alteração e constituem uma ampla variedade de xistos, saprolitos e solos argilosos esverdeados (Fig. 3.73 A-B).

Sua melhor exposição ocorre nas cercanias de Rio Pardinho, Santo Antônio do Retiro, em corte de estrada em meia encosta, às margens do Rio do Cedro, seccionada por drenagens intermitentes e canais pluviais pertencentes a sua bacia. Neste local, este corpo ocorre exibindo uma variação minero-textural, de natureza tectônica, com suas regiões marginais ultramilonizadas e seu interior isotrópico.

Em suas regiões de bordas predominam milonitos e ultramilonitos (Fig. 3.74 A-B), por vezes laminados, constituídos por biotita, sericita, quartzo, minerais opacos, epidoto e zircão. A biotita compõe entre 35 e 50% do conteúdo e é constituída por grãos inequigranulares finos a médios, de até 2 mm, alaranjados, fortemente estirados, sigmoidais e *fish*. Alguns clastos reliquiais finos estão rotacionados, imbricados e com extinção ondulante.

A sericita, nestas porções, constitui agregados e grãos lepidoblásticos inequigranulares finos. Ocorre intimamente associada a biotita por retrogressão e varia de 30-55% da moda. O quartzo constitui por volta de 8-10% do conteúdo total da rocha. Sua distribuição é irregular e define a laminação tectônica da rocha, com seu conteúdo variando desde menores, nos níveis micáceos, a praticamente monomineralico em alguns níveis lenticulares (Fig. 3.74 A-B). São constituídos por grãos estirados, com subgranulação, extinção ondulante e dissolução por pressão, com as lentes e níveis sigmoidais de trama interna granoblástica fina.

Os minerais opacos, nos bordos, em sua maioria magnetita, são xeno a subidiomórficos finos, por vezes esqueletais, pulverizados ao longo da foliação, em “trilhas” e “nuvens” de opacos. Alcançam até 10% do conteúdo modal. O epidoto é fracamente esverdeado, em grãos xeno a idiomórficos, com alguns estirados. Variam de ausentes a até 3% do conteúdo total. Zircão e apatita ocorrem subordinados e em conteúdo acessórios.

Fora das regiões foliadas de borda, esses metabasitos são isotrópicos e constituídos por massas de epidoto, actinolita e subordinada albita, com quartzo e prhenita associada em porções irregulares sugestivas de cavidades (amígdalas; FIG. 3.74 C-E). Superfícies tardias seccionam e obliteram essas estruturas, as quais gradam para as variedades foliadas de bordo (Fig. 3.74 E).

Nestas variedades centrais do corpo, o epidoto atinge até 70-75% do conteúdo, definindo termos epidosíticos quando permitido. É constituído por agregados xenomórficos finos, amarelo-esverdeados, zonados, com actinolita e subordinada albita. A actinolita é acicular fina, fortemente pleocróica em matizes de verde, decussada, nas massas epidosíticas, e nematoblástica, em algumas porções quartzosas (Fig. 3.74 C-E). Apresenta uma abundância de até 15-18% do conteúdo total da rocha. Albita ocorre subordinada, geralmente em meio às massas de epidoto e não excede 3% do conteúdo modal.

O quartzo é xenomórfico inequigranular fino a médio (até 1,5mm). Apresenta uma distribuição irregular com seu conteúdo variando de traço, nas massas epidosíticas, à praticamente monomineralico em regiões ameboides e ovaladas (amígdalas)(Fig. 3.74 C-D), com prehnita e minerais opacos subordinados. As amígdalas são caracterizadas preenchidas por quartzo em a massas de epidoto e actinolita. Alguns níveis quartzosos de granulação mais fina, com actinolita nematoblástica sugerem canais de conexão entre as amígdalas ou de passagem hidrotermal/metassomática posterior.

Os minerais opacos, dentre magnetita e hematita, são xenomórficos inequigranulares finos, frequentemente esqueletais, dispersos na matriz epidosítica ou concentrado em regiões e níveis localizados. Seu conteúdo varia de traço e não excede 5% do conteúdo total.

3.8. COBERTURAS DETRITO-LATERÍTICAS - Ndl

As coberturas detrito lateríticas (Ndl) são expressivas em toda a região do projeto. Na folha Nova Aurora estão associadas à alteração dos metadiamicctitos ferruginosos da formação homônima. Ocupam grandes platôs aplainados de expressiva extensão, e são caracterizados com extensões de até dezenas de km². Apresentam coloração vermelho a amarelado, com uma macroestrutura aparentemente homogênia, maciça e isotrópica. Sua constituição mineralógica é caracterizada pela presença de quartzo e de outros minerais resistentes mecânica e quimicamente (magnetita, hematita, especularita) e de argilo minerais, podendo conter geralmente caulinita, óxido e hidróxido de ferro e alumínio.

Na região do vilarejo de Nova Aurora apresenta-se como um solo concrecionado, rico em óxidos hidratados de ferro, e de maneira geral, com coloração vermelha, ôcre ou alaranjada. Devido à escassez de jazidas de brita de rocha granítica no setor, e pelo alto custo de transporte, esse material laterítico tem sido usado largamente como assoalho das vicinais e estradas secundárias na região do vilarejo de Nova Aurora e dos municípios de Rio Pardo e Santo Antônio do Retiro.

3.9. COBERTURA ALUVIONAR - Q2a

As coberturas aluvionares são expressivas na folha Santo Antônio do Retiro, no âmbito dos rios Pardo, Traçadão, Cedro e seus afluentes, e na folha Rio Pardo de Minas estão associadas ao Rio Preto, Água Boa e ribeirão São Gonçalo. São caracterizadas por depósitos de sedimentos clásticos predominantemente arenosos, com subordinadas lamas e cascalhos. Apresentam grande expressividade em planícies de inundação, composta por lamas (silte e argilas) por extensas áreas, e em sopés de morros e morrotes, como leques aluviais.

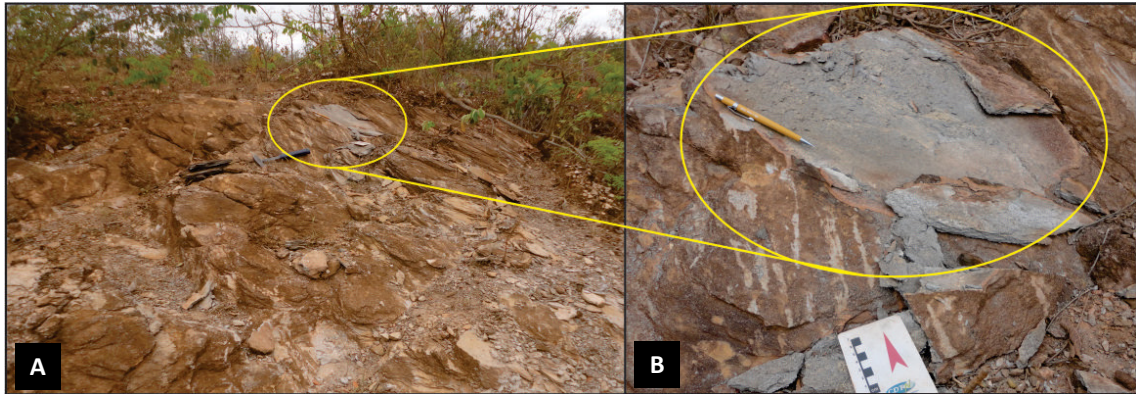


Figura 3.73 - A) Metabasito milonitizado em meia encosta. e B) Detalhe de milonito de bordo da imagem anterior.

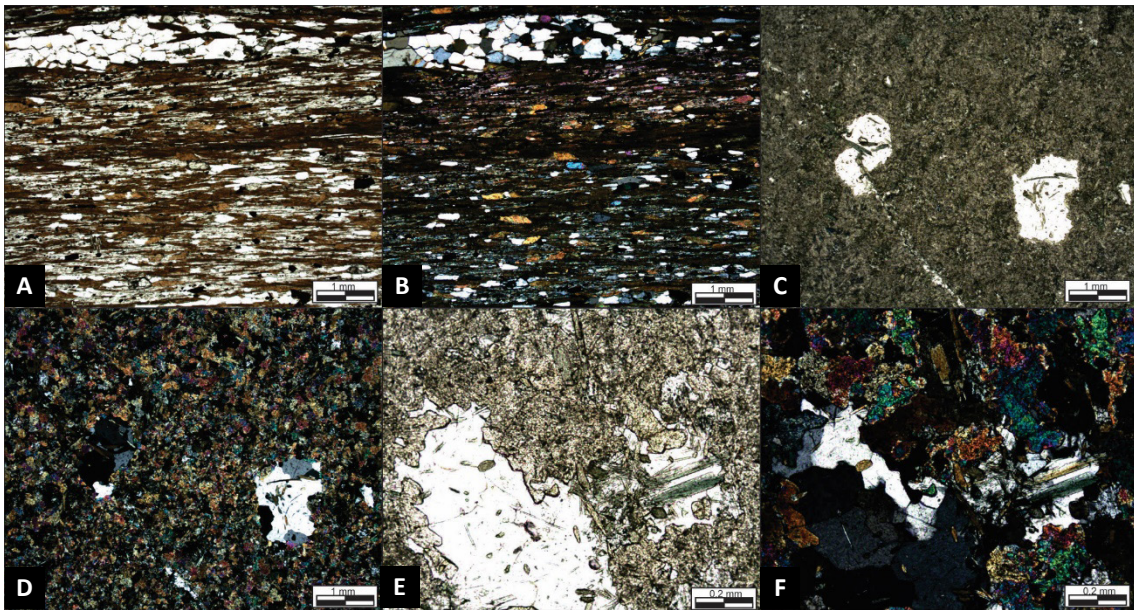


Figura 3.74 - A) quartzo-biotita sericita ultramilonito de borda do metabasito de Santo Antônio do Retiro (XPL); B) mesmo campo anterior sob XPL; C) amígdalas preenchida por quartzo em meio a massas de epidoto e actinolita (PPL); D) mesmo campo anterior sob XPL; E) Detalhe de amígdala preenchida por quartzo envolta por agregados de epidoto e actinolita (PPL); e, F) mesmo campo anterior sob XPL.

4. GEOLOGIA ESTRUTURAL E TECTÔNICA

4.1. ARCABOUÇO ESTRUTURAL REGIONAL

Análises de sensores remotos e mapas geológicos permitem observar que é marcante o controle estrutural na distribuição das unidades litológicas cartografadas na área, com seu arranjo geométrico estrutural representado por extensos lineamentos de direção geral N-S, delineados por feições geográficas como cristas de serras e serrotes assimétricos, esculpido preferencialmente em quartzitos e quartzo milonitos, e por alinhamentos de drenagens encaixadas mais densamente em vales desenvolvidos sobre domínios de metapelitos. Nas proximidades de Rio Pardo de Minas/MG, as feições lineares norte-sul são truncadas por lineamentos de direção nordeste-sudoeste (Fig. 4.1).

A arquitetura estrutural na área é típica de um cinturão de dobras e falhas (*fold-thrust belt*), feição característica das porções marginais dos cinturões orogênicos. O inventário das estruturas planares e lineares levantados na área de estudo, durante os trabalhos de campo, permitiu a visualização de duas fases de deformação com características compressivas, seguidas de uma fase extensional final. Estas deformações foram superimpostas a sequências sedimentares com suas estruturas primárias características (S_0) e seu substrato cristalino previamente metamorfizado.

Serão descritas a seguir (item 4.2) as principais características das estruturas primárias pré-existent: acamamento sedimentar – S_0 e as estruturas que caracterizam cada uma destas fases de deformação, que serão aqui denominadas de deformações D_1 , D_2 e D_e .

4.2. ANÁLISE ESTRUTURAL

4.2.1. Estruturas primárias pré-existent - Acamamento S_0

A área está localizada em um segmento de *rift* intracontinental, com aberturas sucessivas de bacias de sedimentação em, pelo menos, três períodos durante o Éon Proterozóico – as bacias Espinhaço, Santo Onofre e Macaúbas. Portanto as estruturas sedimentares são amplamente representadas e estão bem preservadas em função do baixo grau de metamorfismo, a despeito da forte deformação sofrida.

O acamamento S_0 é bem preservado nos metaturbiditos da Formação Rio Peixe Bravo do Grupo Santo

Onofre e nos meta-arenitos da Formação Viramundo do Grupo Sítio Novo. Nos metadiamicritos da Formação Nova Aurora do Grupo Macaúbas é de difícil visualização devido à natureza não laminada da sua matriz e a aparente distribuição errática de seus fragmentos.

O acamamento nos metaturbiditos é determinado por sequências argilo-siltíticas e de grau vaca-argilito em repetições cíclicas, de espessuras milimétricas a métricas, com contatos basais abruptos e estruturas internas como granodecrescência ascendente e, mais raramente, laminações cruzadas; nos meta-arenitos são comuns as estratificações plano-paralelas e cruzadas, além de marcas de ondulações, estas mais raras (Fig. 4.2).

Este acamamento está em geral transposto e paralelizado a uma foliação metamórfica (S_1), de caráter milonítico (S_m) em zonas mais fortemente deformadas. São feições diagnósticas da transposição a foliação anastomosada e o bandamento composicional descontínuo e lenticularizado; dobras residuais intrafoliais rompidas são menos frequentes.

A ocorrência, embora localizada, de meta-arenitos com estratos cruzados tangenciais invertidos e o seu paralelismo com outros estratos em posição normal ratificam o caráter transposto do acamamento. Mesmo em meta-arenitos maciços ou laminados, onde estão ausentes as estruturas primárias internas, possíveis marcadoras de inversão, eventuais bandas de meta-argilitos revelam a transposição por delinear dobras isoclinais isoladas dentro da massa de quartzito aparentemente em posição estratigráfica normal e indeformado.

Os metadiamicritos da Formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas) têm uma matriz argilosa homogênea (foliada e não laminada) com uma distribuição aparentemente errática de fragmentos, dificultando a visualização de S_0 . Entretanto, ao sul da localidade de Nova Aurora, uma camada de filito hematítico, intercalada nos metadiamicritos, configura grande dobra isoclinal em escala de mapa, revelando o acamamento original S_0 dobrado em um sinclinal invertido, com flancos e foliação plano-axial paralelos à atitude geral regional (Fig. 4.1). Estas dobras são de notável visualização em mapas aerogeofísicos magnetométricos e gamaespectrométricos.

O acamamento S_0 é, portanto, paralelizado a uma foliação metamórfica S_1 , com relação de corte ortogonal nas charneiras das dobras intrafoliais reliquias. Onde a transposição não foi completa, S_0 forma baixo ângulo com

S_1 e assinala flancos de mesodobras em geral fechadas e com vergências para oeste.

4.2.2. Deformação D_1

Esta fase de deformação é responsável pela geração do cinturão de dobras e falhas de direção geral norte-sul

com vergência para oeste. As estruturas planares relativas a esta deformação, uma foliação plano-axial relacionada ao dobramento (dobras F_1) e transposição de S_0 e uma foliação milonítica nas zonas de cisalhamento, têm mergulhos baixos a medianos para leste. Os principais elementos estruturais que constituem essa fase estão descritos a seguir.

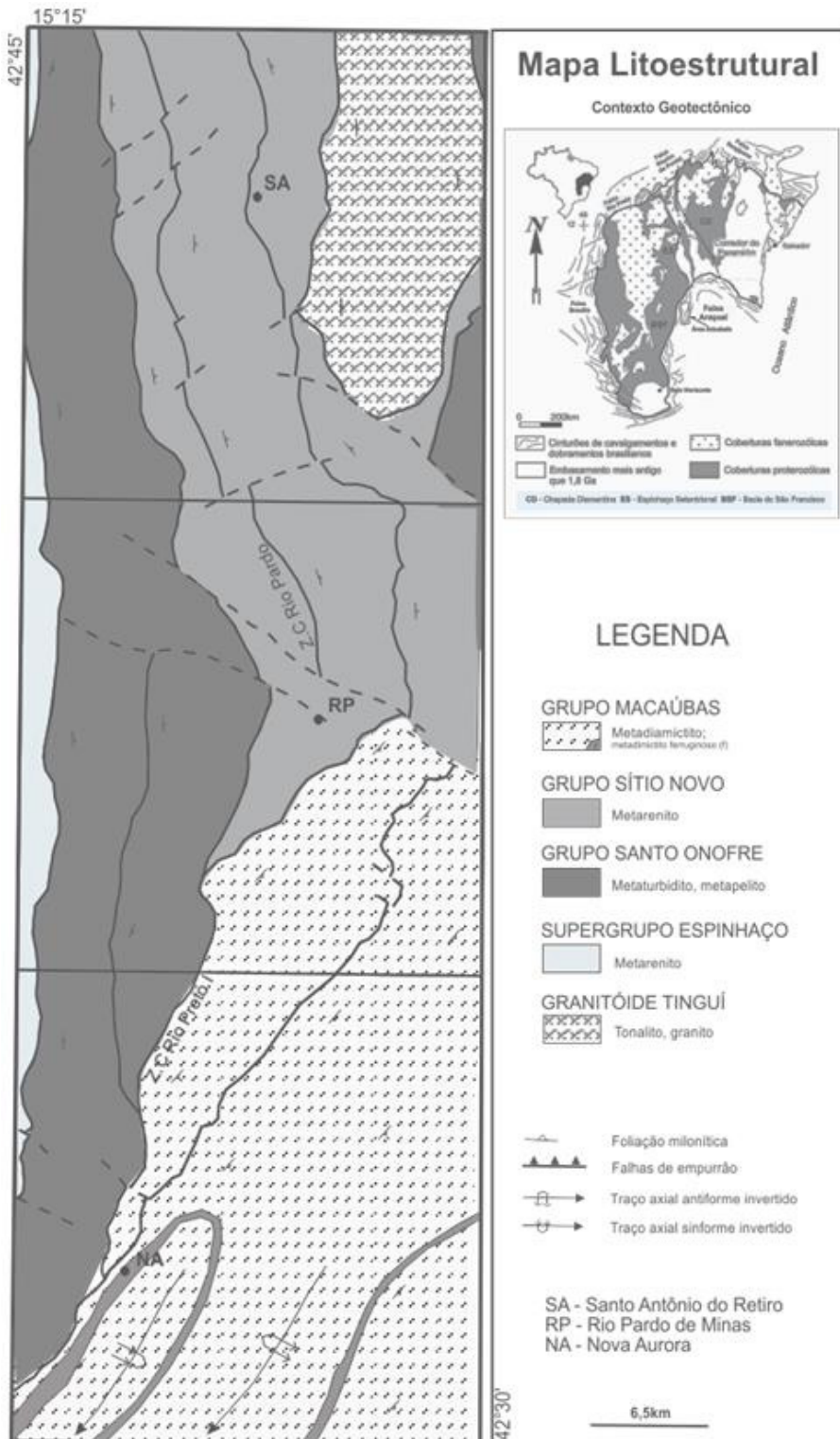


Figura 4.1 - Mapa litológico-estrutural simplificado da área investigada.

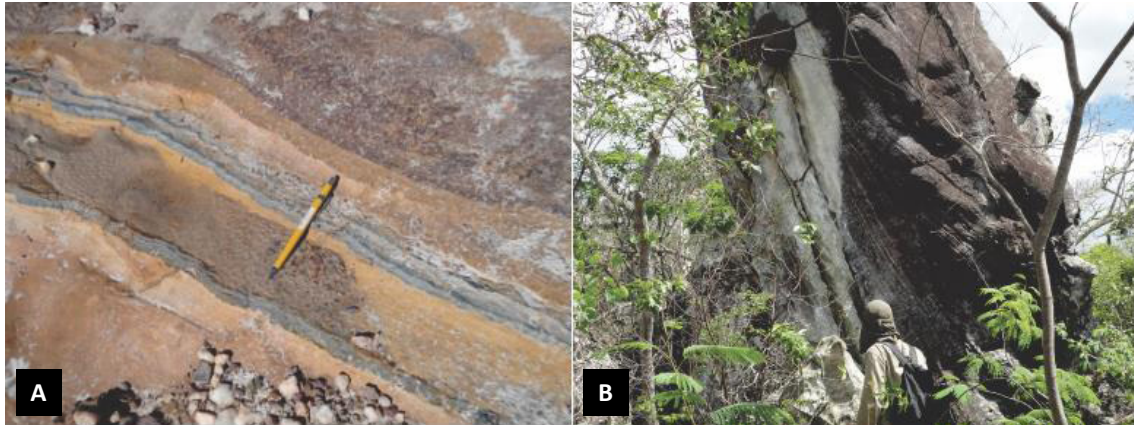


Figura 4.2 - Estruturas primárias sedimentares: A) acumamento em metaturbidito do Grupo Santo Onofre (Afloramento tc033f); B) estratificação cruzada em meta-arenito (tc100h).

4.2.2.1. Dobras F_1

As dobras desta fase são de ocorrência muito restrita, refletindo a intensidade da deformação, que resultou na quase completa transposição, em todas as escalas, das estruturas primárias pré-existentes, ou seja, as estratificações e acumamentos das unidades sedimentares afetadas. São, portanto, dobras intrafoliais, reliquias, preservadas da transposição em posição interestratal.

As dobras intrafoliais, em geral isoclinais e rompidas (dobras sem raiz), são raras e representam testemunhos de uma transposição generalizada do acumamento S_0 de sua posição original (estratificação sub-horizontal) para a posição atual. São em geral representadas por formas residuais em bengala de delgadas camadas quartzosas (meta-arenitos, metassiltitos) em domínios filíticos (meta-argilitos), geradas e preservadas por diferenças reológicas entre os litotipos (Fig. 4.3a).

Outro padrão de dobras intrafoliais está preservado em segmentos de estratos parcialmente protegidos de deformação mais intensa, configurando pequenas dobras de arrasto, com perfis desde muito abertos a até fechados, com formatos em “s” em visada de sul para norte (Fig. 4.4b), mantendo, portanto, vergências para oeste e indicando transporte tectônico neste sentido.

Em escala de afloramento, onde fechamentos de dobras não são visíveis, as relações angulares entre a clivagem filítica S_1 e o bandamento primário S_0 permitem caracterizar seus flancos normal e invertido, a atitude de seus eixos, sub-horizontais e de direções N-S e NNE-SSW, e suas vergências, já que os mergulhos de ambos os planos são para leste.

Em escala regional, merece destaque o sinclinal invertido de Nova Aurora, citado anteriormente. Tal sinclinal possui orientação NE-SW e define a conformação da principal camada ferrífera da Formação Nova Aurora (Fig. 4.1). Outros sinclinais e anticlinais invertidos foram

interpretados a partir da cartografia, como o anticlinal invertido ao longo do rio Sucuriu, noroeste da folha Santo Antônio do Retiro.

4.2.2.2. Foliação S_1

Esta foliação é a estrutura planar dominante, de distribuição regional, impressa em todos os litotipos de idade arqueana a proterozóica. É a principal das estruturas geradas pela implantação do cinturão de dobras e falhas, típico de faixas orogênicas.

Tem direção geral norte-sul, com mergulhos medianos a baixos para leste nas litologias do Supergrupo Espinhaço e dos grupos Santo Onofre e Sítio Novo; nos litotipos do Grupo Macaúbas tem direção geral nor-nordeste com mergulhos moderados a baixos para este-sudeste. Manifesta-se de três formas distintas: (a) como uma foliação de transposição do acumamento S_0 ; (b) como foliação plano-axial de dobras F_1 ; e (c) como uma foliação milonítica em zonas de cisalhamento.

A **foliação de transposição** é a de maior distribuição espacial, estando paralelizada a subparalelizada a um bandamento composicional que, por sua vez, guarda o registro de sua origem primária nas estruturas sedimentares que preserva. A transposição é, neste caso, comprovada pela inversão de estruturas como estratos cruzados tangenciais em bandas paralelizadas à referida foliação. Em bandas mais delgadas, dobras isoclinais intrafoliais, com flancos em geral rompidos, se preservam como feições reliquias de um bandamento pré-existente, rompido e lenticularizado em uma trama foliada-anastomosada (Fig. 4.3c).

As rochas originalmente argilosas e silticas, os metapelitos dominantes na Formação Serra da Garapa, unidade basal do Grupo Santo Onofre, e os metadiamicritos da Formação Nova Aurora do Grupo Macaúbas são as litologias onde esta foliação está mais bem representada e pode ser classificada como uma clivagem ardosiana

(*slaty cleavage*) ou uma clivagem fíltica (*phyllitic cleavage*) (Fig. 4.3d). No extremo nordeste da área (folha Santo Antônio do Retiro) o metamorfismo destes pelitos, e dos granitoides associados, alcança ofácies metamórfico anfíbolítico, com a presença de estauroлита e cianita. Portanto esta foliação, de granulação média, corresponde a uma xistosidade (*schistosity*).

Nos meta-arenitos da Formação Viramundo do Grupo Sítio Novo esta foliação é representada por uma clivagem disjuntiva espaçada (*spaced cleavage*) nos termos mais puros ou com micas esparsas a quase ausentes. Nos tipos mais micáceos, desenvolve-se uma foliação bem marcada pela orientação planar de placas individuais e agregados de minerais micáceos.

O caráter de **foliação plano-axial** destas estruturas somente se manifesta em sítios onde a transposição não foi completa e o contraste reológico e a espessura dos estratos permite a visualização de dobras em escala de afloramento. Preserva-se, assim, a relação entre o acamamento (S_0) pré-existente e a nova foliação (S_1) gerada pelo dobramento, em alto ângulo nas charneiras destas dobras ou em seus flancos, onde a foliação está em geral em baixo ângulo com o acamamento (Fig. 4.3a). Em escala de afloramento e de mapa esta relação está bem evidente no quadrante sudoeste da folha Nova Aurora, em camada de filito hematítico intercalado em metadiamictitos da Formação Nova Aurora do Grupo Macaúbas.

Neste local o dobramento do filito hematítico é do tipo isoclinal, com dobras de eixos nordeste-sudoeste, vergências para noroeste, e com a foliação plano-axial, definida preferencialmente por micas e hematita placóide, orientadas segundo a atitude geral regional de direção NNE-SSW e mergulho mediano para ESE.

A **foliação milonítica** desta fase está localizada ao longo de estreitas faixas que definem zonas de cisalhamento, em geral posicionadas ao longo de descontinuidades pré-existentes como contato entre litotipos com características reológicas contrastantes ou falhas extensionais desenvolvidas durante a evolução das bacias de deposição. Esta foliação milonítica tem características distintas, dependendo do litotipo envolvido.

Em meta-arenitos do Grupo Sítio Novo, como na zona de cisalhamento do Rio Pardo (Fig. 4.1) e no contato com os turbiditos do Grupo Santo Onofre, a foliação milonítica é caracterizada por uma laminação pronunciada nos meta-arenitos, definida pelo estiramento de minerais félsicos, marcado em geral por fitas de quartzo (*quartz ribbons*) e recristalização de minerais em sombras-de-pressão de eventuais porfiroclastos.

Nos meta-argilitos e metassiltitos ao longo destas zonas, a milonitização é perceptível apenas nos termos porfiroclásticos, onde cristais idioblásticos de magnetita mostram-se rotacionados e com sombras-de-pressão. Menos comuns são as clivagens extensionais localizadas,



Figura 4.3 - Deformação D_1 : A) dobra intrafolial em camada de arenito intercalada em metapelito (Afloramento pp081 - Formação Serra da Garapa, Grupo Santo Onofre); B) dobra intrafolial "s", de arrasto, em metarritmito (pp214); C) foliação-bandamento lenticularizado por transposição (pp166); D) clivagem fíltica em metargilite (pp031).

sendo os únicos indícios visíveis em mesoescala da forte deformação em filitos não porfiroclásticos.

Nos metadiamicititos do Grupo Macaúbas, cuja matriz é predominantemente filítica (argilosa), a deformação ao longo da zona de cisalhamento que marca seu contato com meta-arenitos do mesmo grupo é caracterizada por uma acentuada laminação desta matriz e pelo estiramento de pequenos fragmentos de rocha junto ao contato. Geomorfológicamente são bem definidas por cristas assimétricas de pequenos serrotes.

4.2.2.3. Zonas de Cisalhamento Contracionais

O caráter tangencial da deformação, com esforços compressivos subparalelos a uma acamamento-estratificação sub-horizontal, de grande contraste reológico (metapelitos intercalados com meta-arenitos), certamente favoreceu os deslizamentos interestratais, com concentração da deformação nas litologias de menor grau de competência (os metapelitos). Isto tornou difícil a caracterização no campo destas zonas de cisalhamento.

A despeito deste fato, zonas miloníticas podem ser observadas em camadas de meta-arenitos, mesmo junto ao contato com litologias menos competentes; neste caso estes meta-arenitos são muito finos, bastante recristalizados e com uma laminação característica (Fig. 4.4a e 4.4b).

Estas zonas de cisalhamento estão representadas por estreitas faixas de milonitos de direções gerais N-S/ NNE-SSW e com baixos a médios ângulos de mergulho para leste. Lineações minerais (micas em geral) e de estiramento (quartzo, agregados quartzo-feldspáticos, seixos e litoclastos) impressas nestes planos de foliação milonítica têm direção geral leste-oeste e marcam a direção geral de transporte tectônico.

Marcadores cinemáticos da deformação, como foliações S/C, sombras-de-pressão em porfiroclastos e formas sigmoidais em feldspatos e bandas félsicas (Fig. 4.4c e 4.4d), embora de ocorrências restritas, são indicativas de movimentos de massa no sentido de leste para oeste. A conjunção das feições lineares com os marcadores cinemáticos caracterizam estas zonas de cisalhamento como rampas frontais de empurrão.

No extremo oeste da área, as foliações S_1 encontram-se subverticalizadas e com lineação mineral e de estiramento sub-horizontais, o que sugerem uma importante componente de movimento direcional. Marcadores cinemáticos como dobras de arrasto e formas sigmoidais em lentes de quartzo e em meta-arenitos indicam uma cinemática sinistral (Fig. 4.4e ; 4.4 f).

Em escala de mapa merece destaque grande dobra que ocorre nas imediações da cidade de Santo Antônio do Retiro, onde meta-arenitos da Formação Viramundo do Grupo Sítio Novo, estão dobrados na forma de grande dobra de arrasto, em "s", apertada, indicando esforços

compressivos de sudeste para noroeste, compatível com pequena falha transcorrente sinistral que a secciona em posição plano-axial (Fig. 4.5a).

Na extremidade sudeste da área (folha Nova Aurora), zonas de cisalhamento dúctil de direção nordeste-sudoeste, com mergulhos medianos para sudeste, também de empurrão, se sobrepõem aos empurrões norte-sul descritos acima. Estas zonas de cisalhamento colocam em contato tectônico meta-arenitos, meta-argilitos e metadiamicititos do Grupo Macaúbas com meta-arenitos e metarritmitos dos grupos Santo Onofre e Sítio Novo.

A discordância estrutural entre os dois segmentos é notória, com os lineamentos norte-sul demarcando contatos de empurrão entre unidades litológicas dos grupos Santo Onofre e Sítio Novo, truncados e sobrepostos pelos lineamentos nordeste-sudoeste que demarcam contatos também de empurrão entre litotipos do Grupo Macaúbas.

No domínio dos metassedimentos do Grupo Macaúbas, o caráter milonítico dos seus diamicititos nas zonas de cisalhamento de contato é de fácil identificação já que estas rochas, ordinariamente com matriz homogênea apenas foliada, apresentam-se com uma laminação proeminente além do estiramento de pequenos seixos e fragmentos de rocha de seu arcabouço (Fig. 4.4g, h).

4.2.2.4. Falhas Transferentes

Zonas de cisalhamento rúptil, verticais, de direções gerais leste-oeste, deslocam as zonas de cisalhamento compressionais norte-sul, segmentando-as com deslocamentos ora destrais ora sinistrais, em função do avanço diferenciado de blocos em níveis crustas superiores. São zonas de falhas de pequena extensão, visíveis em escala de afloramento, onde têm deslocamentos centimétricos (Fig. 4.5b e 4.5c), podendo, no entanto, ter extensões quilométricas e grandes rejeitos horizontais.

4.2.3. Deformação D_2

Esta fase de deformação, de natureza também compressional e dirigida de leste para oeste, afeta as estruturas anteriores, redobrando-as coaxialmente (dobras F_2) e dando origem à foliação S_2 associada, em posição plano-axial deste redobramento.

4.2.3.1. Dobras F_2

Diferentemente da fase anterior, as dobras da fase F_2 são de ocorrência ampla, estando distribuídas por toda a área de estudo. Esta segunda fase está delineada pelo dobramento das superfícies de acamamento S_0 , clivagem filítica S_1 (paralelizadas - S_0/S_1) e foliação milonítica S_m , em um padrão de dobras abertas a fechadas, mas que

podem localmente ser até isoclinais. As dobras F_2 têm eixos sub-horizontais, com leve caimento preferencialmente para sul. Podem ser classificadas como dobras desde quase normais e sub-horizontais simétricas, até

dobras assimétricas com vergências tanto para leste quanto para oeste.

O padrão de dobras apertadas domina toda a metade oriental das folhas Santo Antônio do Retiro e Rio Pardo

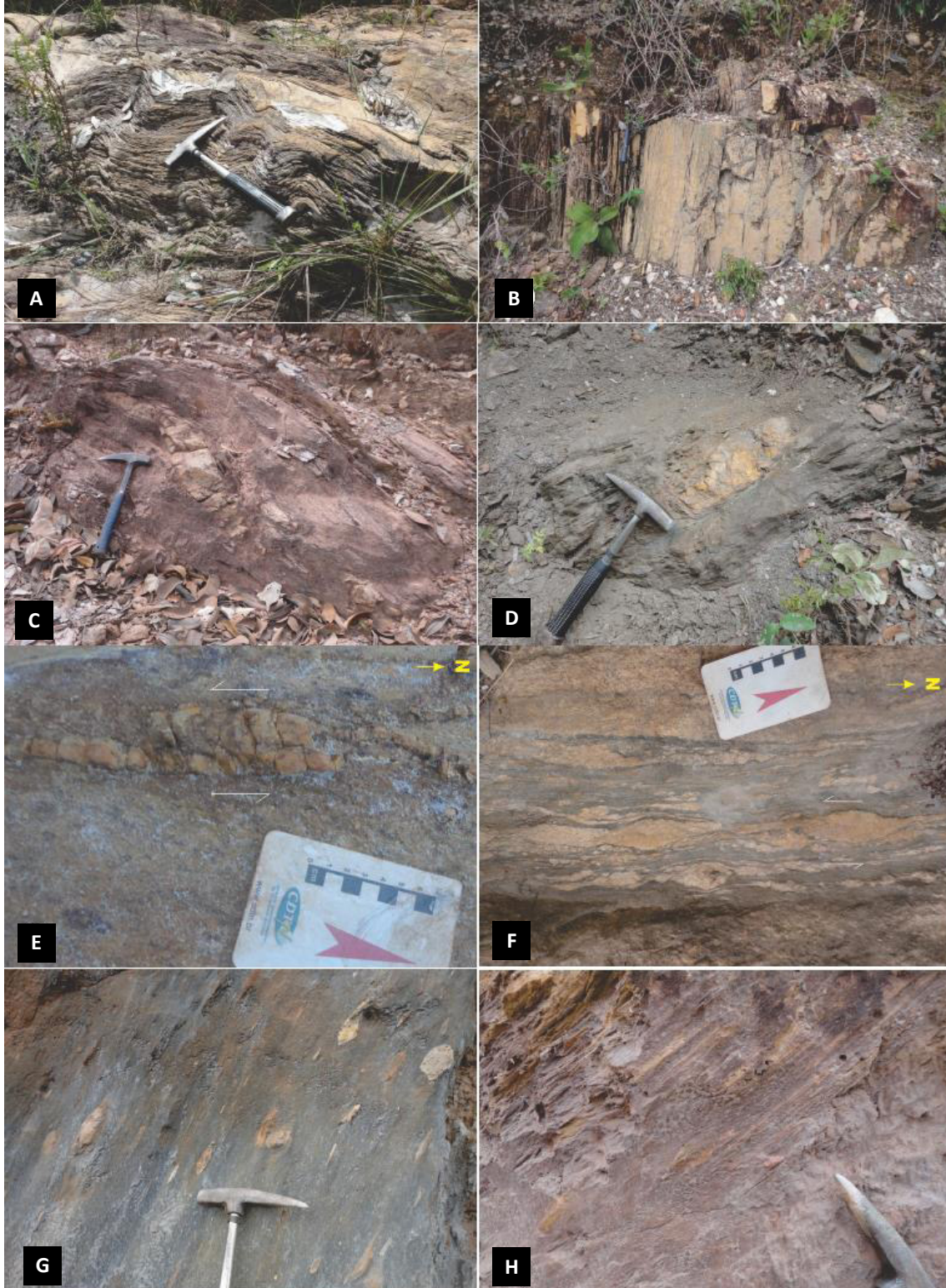


Figura 4.4 - Zonas de cisalhamento compressionalis: A) e B) meta-arenitos miloníticos laminados, em zonas de empurrão e direcionais (Afloramentos pp87a e tc115 – Unidades); C) e D) marcadores cinemáticos da deformação indicando empurrão (sq035 e pp128); E) e F) marcadores cinemáticos indicando componente direcional sinistral de movimento (pp193 e pp132 ou tc128); G) e H) matriz milonítica laminada e fragmentos estirados, em metadiamicctitos, em zona de cisalhamento de empurrão (jl130b e jl145a).

de Minas conforme se pode deduzir dos estereogramas para S_0 e S_1 da figura 4.10. A transposição de S_0/S_1 ocorre em faixas localizadas, preferencialmente no extremo noroeste da área.

As dobras apertadas a isoclinais possuem planos axiais subverticais do setor oriental são delineadas preferencialmente em meta-argilitos e metaturbiditos, respectivamente das formações Serra da Garapa e Rio Peixe Bravo do Grupo Santo Onofre, junto ao contato com meta-arenitos do Supergrupo Espinhaço Indiviso. Nos metaturbiditos, onde o bandamento areia-argila é centimétrico a métrico, delineiam-se de forma notável estes dobramentos. São dobras do tipo similar, com importante deslizamento flexural interestratal, planos-axiais quase verticais, vergências ora para leste, ora para oeste, e eixos mergulhando fraca a moderadamente para sul. Os flancos destas dobras podem mostrar-se rompidos, já configurando estreitas zonas de transposição norte-sul, verticais, localizadas (figura 4.6a); na mesma exposição, estes dobramentos podem mostra-se mais abertos devido a heterogeneidades da deformação (figura 4.6b).

Para leste, a tendência destes dobramentos é passarem progressivamente de apertados a abertos, com

um padrão de dobras paralelas, assimétricas e, em geral, invertidas, com vergências tanto para leste quanto para oeste (figura 4.6c e 4.6d). O fato de estas dobras serem delineadas, em alguns afloramentos, por camadas de meta-arenito milonítico laminado reitera sua incidência sobre a foliação S_1 da fase anterior.

Um conjunto de dobras em cascata, com vergências para leste é também atribuído a fase de deformação D_2 . São dobras com perfis em “z” quando observadas em seções ideais, de sul para norte segundo o *strike*. Seus flancos ocidentais, os mais longos, mergulham para este quadrante, enquanto os flancos orientais, os mais curtos, podem mostrar-se em posição normal em relação ao flanco ocidental, estar verticalizados ou mesmo invertidos.

É um padrão de dobramentos que tem uma notável clivagem de crenulação em posição plano-axial, com mergulhos moderados a baixos para oeste. Em litotipos granulares como meta-arenitos, desenvolve-se apenas uma clivagem de fratura, em geral tênue.

Tanto as dobras isoclinais verticalizadas quanto as dobras assimétricas vergentes para oeste e as dobras em cascata vergentes para leste têm eixos com direções norte-sul e fraco caimento para sul. Os eixos de

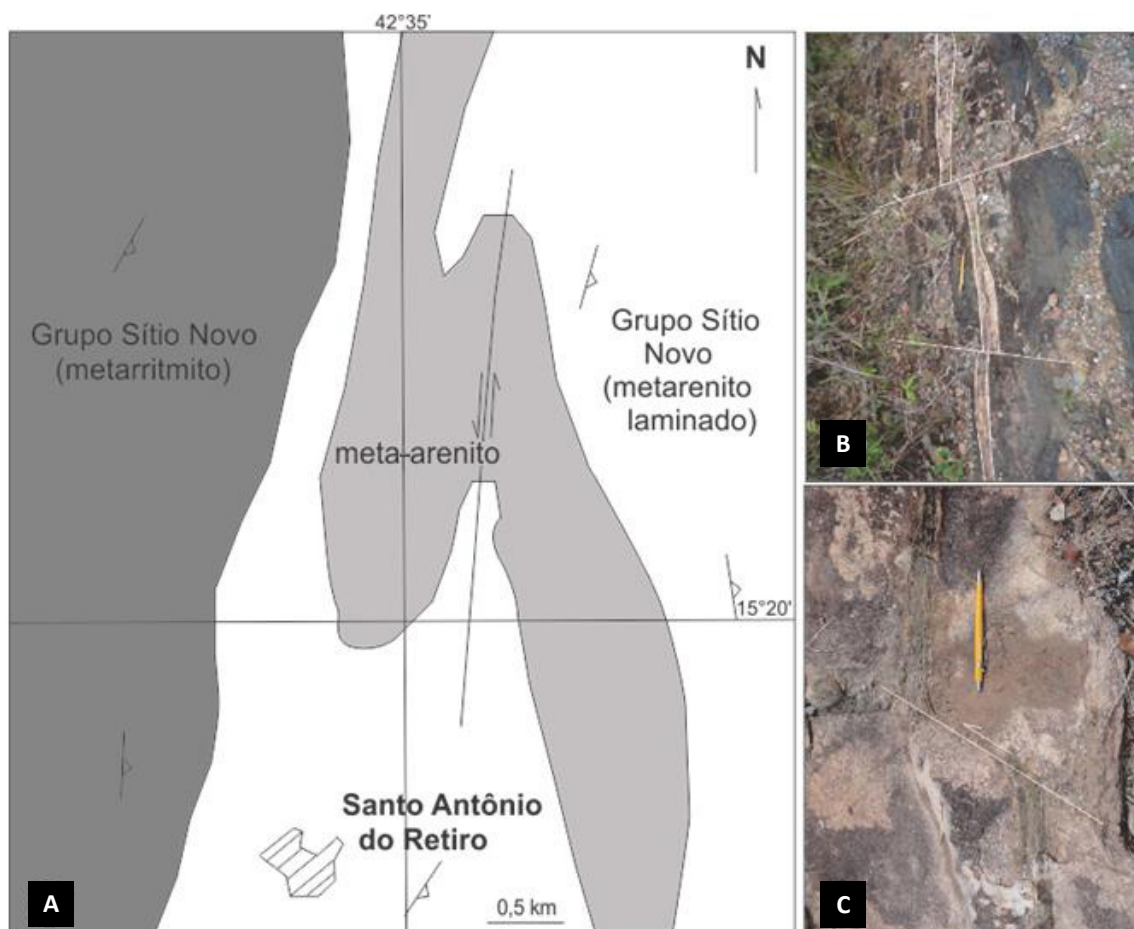


Figura 4.5 - Dobras e falhas: A) Grande dobra de arrasto em “s” em meta-arenitos do Grupo Sítio Novo; B) e C) falhas transferentes em escala de afloramento (Afloramentos tc021 e tc041).

crenulações presentes na clivagem filítica também apresentam a mesma atitude. Estas dobras F_2 são, portanto, coaxiais com os dobramentos F_1 prévios.

4.2.3.2. Foliação S_2

Clivagem de crenulação é a estrutura planar característica e predominante desta fase. É delineada pela deformação das foliações filítica, de transposição e milonítica (S_1) da deformação anterior (S_1/S_0 , por transposição). É, em geral, uma clivagem espaçada (*spaced cleavage*), com espaçamento milimétrico a subcentimétrico entre os domínios de clivagem e os *microlithons*. Embora o tipo zonal (*zonal crenulation cleavage*) seja comum, a clivagem de crenulação distinta (*discrete crenulation cleavage*) parece ser o padrão dominante.

Tem direção geral norte-sul mergulhando, com ângulo mediano a baixo, preferencialmente para oeste, embora em cerca de vinte por cento das atitudes se incline para leste, fato esperado já que as dobras F_2 mostram-se com vergências tanto para leste quanto para oeste, em uma mesma exposição (figuras 4.6c e 4.6d).

Esta clivagem de crenulação apresenta-se como uma foliação plano-axial, portanto geneticamente relacionada aos dobramentos aos quais se associa, ora como uma

clivagem assimétrica, que embora em algumas exposições possa estar em posição plano-axial de dobramentos.

A clivagem de crenulação plano-axial foi observada tanto em dobras em cascata, quanto em dobras assimétricas e isoclinais, vergentes para leste (Fig. 4.7a), tendo como feições diagnósticas as formas sigmoidais em “z”, “s” e “m/w” observadas em *microlithons*, respectivamente em seus flancos normal, invertido e zonas de charneira. Em algumas exposições sucessivas, embora o dobramento não seja visível, ele pode ser deduzido devido à repetição dos padrões em “z” e em “s” de assimetria desta clivagem.

O outro padrão de foliação S_2 presente é representado por uma clivagem de crenulação assimétrica, com *microlithons* em “s” em seções ideais, com visada para norte ao longo do *strike*. Esta clivagem em geral mergulha com ângulos medianos a baixos para oeste (Fig. 4.7 b e 4.7c) e pode estar em posição plano-axial de dobras em joelho vergentes também para leste (Fig. 4.7d).

Estas características sugerem que a clivagem deve ter-se formado através do encurtamento de leste para oeste, com um dobramento assimétrico em geral aberto a suave, ou mesmo sem ter necessariamente ocorrido nucleação de dobras nas camadas mais competentes adjacentes às bandas crenuladas.

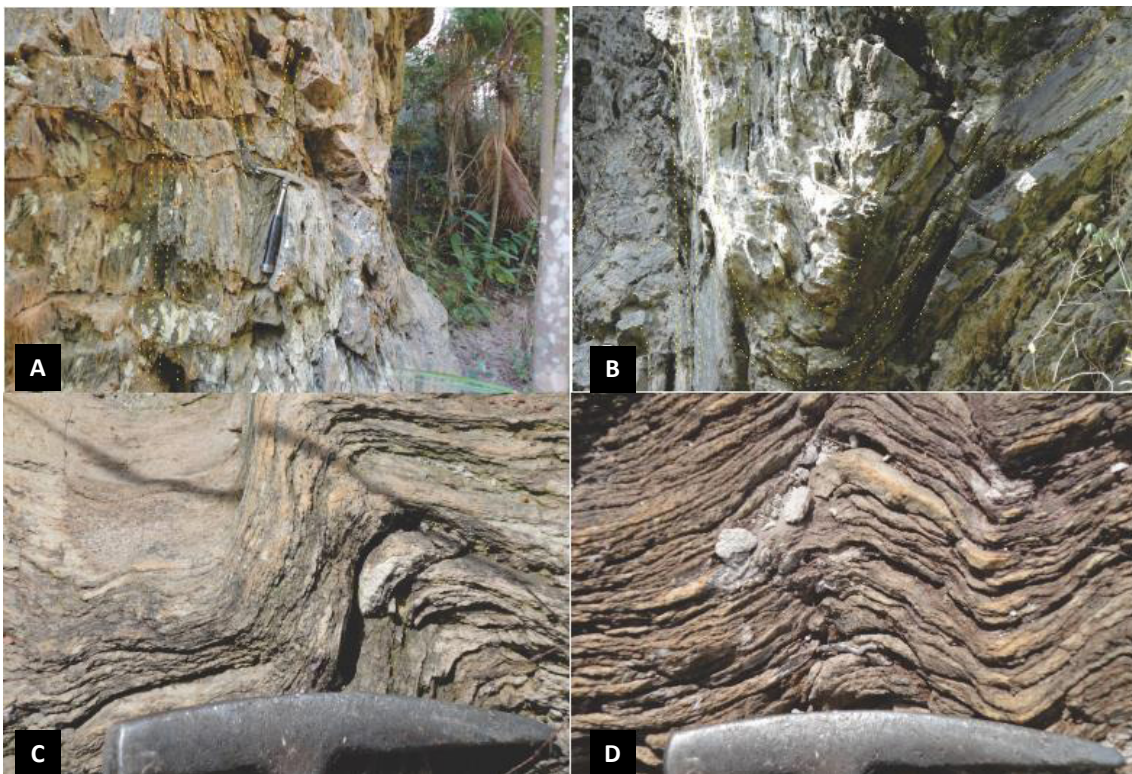


Figura 4.6 - . Deformação D_2 , dobras F_2 : A) dobra apertada a isoclinal em metaturbidito, com transposição nos flancos (Afloramento pp167g - Formação Rio Peixe Bravo, Grupo Santo Onofre); B) dobras em padrão mais aberto, na mesma exposição (pp167f); C) dobras assimétricas, vergentes para oeste, na foliação milonítica S_1 de meta-arenitos (pp087c); D) dobra aberta assimétrica, com vergência para leste, no mesmo afloramento da foto anterior (pp087b).

Em litologias pobres em filossilicatos, como meta-arenitos, a foliação S_2 é representada por uma clivagem disjuntiva, espaçada, refratada em relação à clivagem de crenulação das camadas argilosas de litologias adjacentes.

4.2.3.3. Boudins

Estruturas em boudinagem são feições deformacionais resultantes de estiramento provocando estricção, em geral com o rompimento de camadas mais competentes em relação ao material circundante, gerando corpos lenticularizados com maior dimensão orientada paralelamente aos eixos de dobramento e ortogonalmente ou em alto ângulo com a direção de esforço máximo. Na área estas estruturas são pouco frequentes ocorrendo, entretanto, em veios de quartzo e bandas quartzíticas em domínios filíticos, preferencialmente em flancos de dobras. A boudinagem de foliação ocorre eventualmente junto a zonas de cisalhamento.

4.2.4. Deformação D_e

A existência de uma fase de deformação extensional para o Orógeno Araçuaí foi proposta por Marshak *et al.* (2006) a partir de trabalhos de campo efetuados

ao sul da área de estudo, abrangendo ampla região que se estende, de oeste para leste, de Montes Claros/MG a Araçuaí/MG e, de sul para norte, de Diamantina/MG a Salinas/MG.

A argumentação dos autores baseia-se principalmente na presença de dobras F_2 em cascata, com vergências para leste, que redobram as dobras F_1 , tendo em posição plano-axial uma notável clivagem de crenulação – a foliação S_2 – com mergulhos para oeste. Esta clivagem S_2 , teria se formado como uma crenulação assimétrica, quase vertical, associada ao encurtamento leste-oeste sobre uma xistosidade pré-existente mergulhando para leste (a foliação S_1).

Durante a reativação extensional, esta clivagem teria rotacionado e se tornado axial-planar às dobras F_2 , à medida que estas se desenvolveram. *Tension gashes* verticais e clastos rotacionados localizados, contidos na foliação S_1 , que mergulha regionalmente para leste, são marcadores cinemáticos, observados pelos autores, que favoreceram a interpretação acima. Estas estruturas estariam restritas ao domínio da Zona de Cisalhamento Chapada do Acauã (CASZ). Uma interpretação similar à destes autores é aqui sugerida para um determinado grupo de estruturas.

Na porção ocidental da área, no contato entre meta-arenitos do Supergrupo Espinhaço Indiviso e

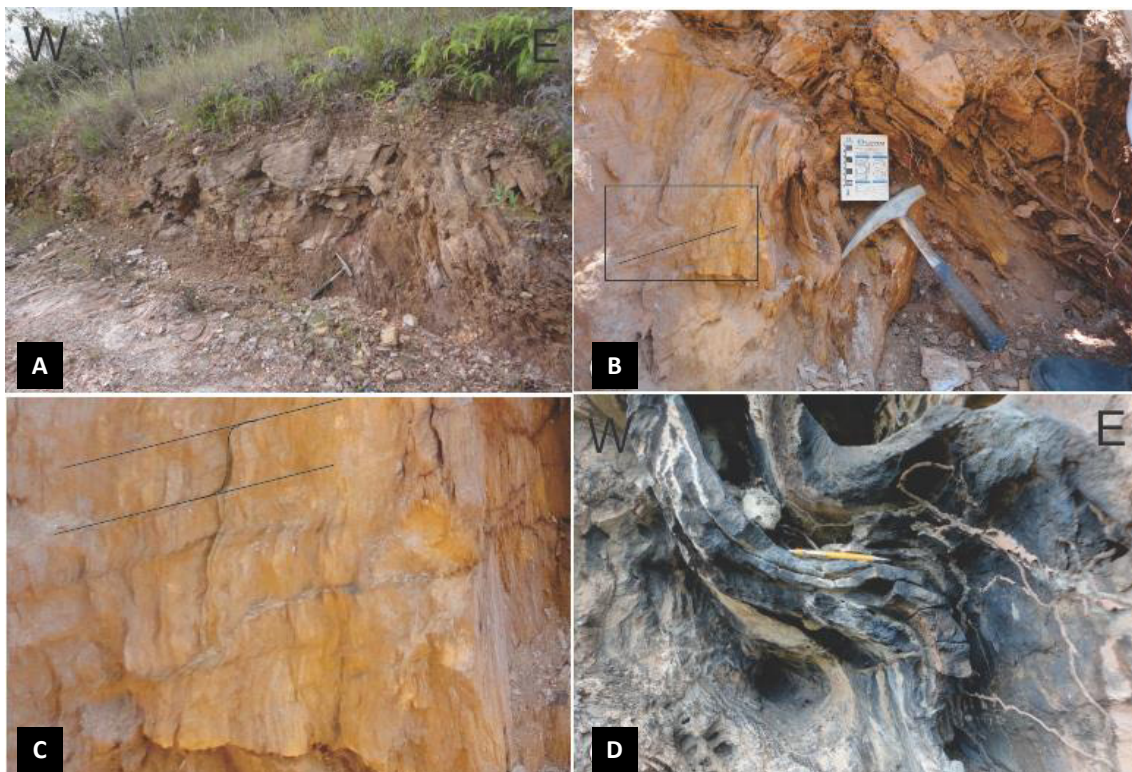


Figura 4.7 - Deformação D_2 , foliação S_2 : A) clivagem de crenulação plano-axial de dobra assimétrica vergente para E (Afloramento j1063a); B) clivagem de crenulação assimétrica (visada para norte) formada pelo encurtamento de leste para oeste (j1044); C) clivagem de crenulação sub-horizontal, com microlithons em “s”, detalhe da foto anterior (j1044); D) dobra assimétrica F_2 , vergente para oeste, em camadas arenosas intercaladas em filito (pp176b).

metapelitos e metaturbiditos do Grupo Santo Onofre, onde os dobramentos da fase D_2 são apertados a isoclinais, destaca-se a ocorrência de dobras em cascata e foliações sub-horizontais. As dobras possuem eixos sub-horizontais norte-sul e vergências para leste, tendo caracteristicamente superfícies envoltórias com alto ângulo de inclinação, também para leste. São assimétricas, com flancos superiores longos e inclinados no mesmo sentido da superfície envoltória e flancos curtos invertidos, com perfil em “z”, em visada para norte ou, alternativamente, com perfil em “s”, com visada no mesmo sentido. Camadas mais competentes de meta-arenitos marcam estas dobras suaves em “z” ou “s”, em meso e macroescala.

Em ambos os casos está associada geneticamente a clivagens de crenulação assimétricas, sub-horizontais, com mergulhos para leste ou oeste (Fig. 4.8a). Interpreta-se que a característica extensional provoca um dobramento assimétrico destes planos mergulhantes para leste, com o desenvolvimento de clivagem de crenulação sub-horizonta, mergulhando para oeste, em bandas filíticas, em uma estrutura tipo “árvore de natal” (Fossen 2010).

Onde a foliação S_1 é de baixo ângulo, com mergulho para leste, pode formar-se, por efeito da extensão,

uma clivagem de crenulação de alto ângulo, mergulhando para oeste em posição plano-axial de dobras em cascata, em geral, muito abertas e com vergências para leste (Fig. 4.8b).

Na porção centro-norte e no extremo sudoeste da folha Santo Antônio do Retiro, junto a zonas de cisalhamento compressionais, ocorrem pequenas falhas normais localizadas e assinaladas por *tension gashes* preenchidas por quartzo, cortando em alto ângulo a foliação S_1 (Fig. 4.8c). Esta foliação S_1 pode, por sua vez, estar suavemente dobrada e com a clivagem sub-horizonta associada (Fig. 4.8d). As falhas normais assinaladas nos planos de S_1 e as relações entre a clivagem e dobras descritas mostram, inequivocamente, que estas estruturas se formaram durante um regime extensional. Estas características permitem conjecturar-se uma fase extensional regional pós- D_2 , com vetor colinear.

4.2.4.1. Zonas de Cisalhamento Extensionais

Falhas ou zonas de cisalhamento com movimento normal são de ocorrência bastante restrita, embora estruturas extensionais sejam esperadas. No extremo oeste da área, em filito carbonoso basal do Grupo Santo Onofre, junto ao contato com meta-arenitos

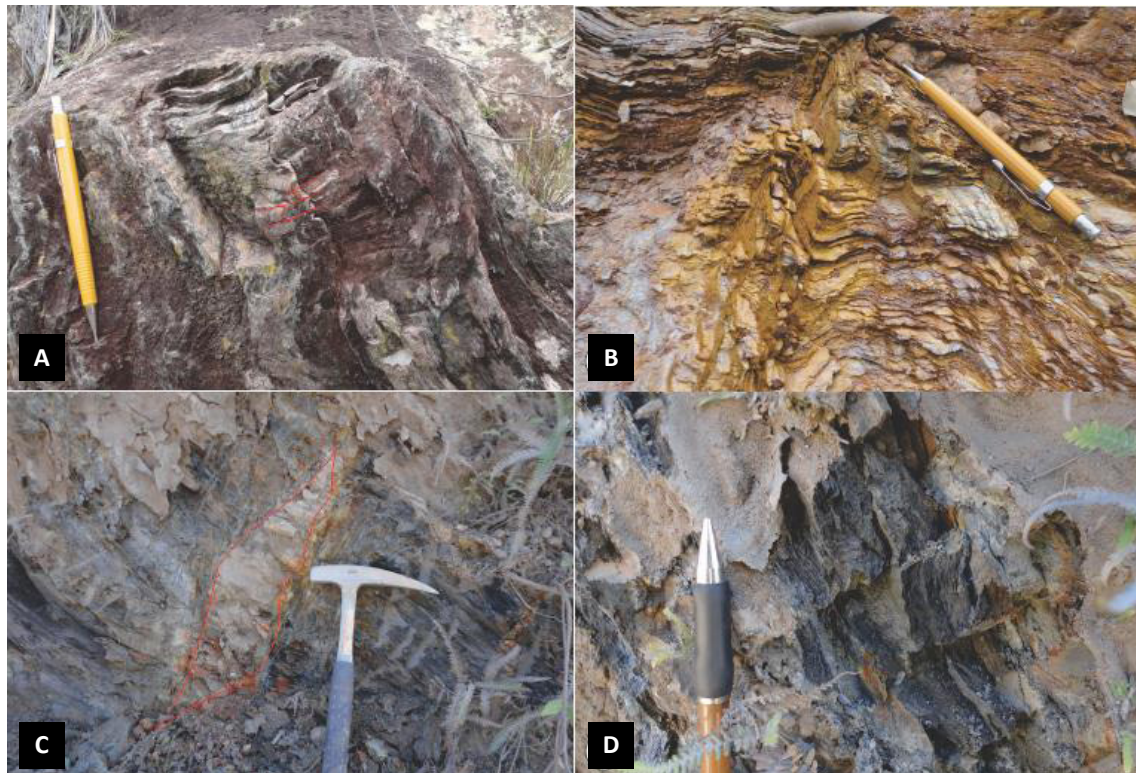


Figura 4.8 - Deformação D_2 : A) dobra aberta assimétrica, em metarritmito, indicando movimento de topo para leste, com clivagem de crenulação sub-horizonta mergulhando para oeste (Afloramento tc016); B) clivagem de crenulação de alto ângulo, mergulhando para oeste em posição plano-axial de dobras muito abertas e com vergências para leste (tc020); C) filito carbonoso com *tension gash* marcando movimento normal discordante de S_1 (tc032h); D) no mesmo afloramento clivagem de crenulação mergulhando para oeste, plano-axial de dobra relacionada à extensão (tc032).

do Supergrupo Espinhaço Indiviso, pequenas zonas de cisalhamento extensionais estão associadas aos dobramentos mencionados acima, inclusive com desenvolvimento de clivagem de crenulação plano-axial mergulhando para oeste. Os marcadores cinemáticos do movimento normal ao longo dos planos de S_1 são *tension gashes* preenchidas por quartzo em posição ortogonal à foliação S_1 (Fig. 4.8c e 4.8d). Movimentos normais são de fácil dedução em locais onde estes planos são subverticais (Fig. 4.8b).

4.2.5. Domínios Estruturais

A análise dos mapas estruturais da área do projeto permitiu estabelecer três domínios de homogeneidade estrutural: o domínio Macaúbas (DM); o domínio Santo Onofre-Sítio Novo (DS); e o domínio Embasamento (DE), baseados nas atitudes de S_0 e S_1 (Fig. 4.9), seguindo a proposta metodológica de Turner & Weiss (1963).

A fim de facilitar a análise geométrica os dados planares (acamamento e foliações) e lineares (lineações minerais e de eixos de minidobras) os domínios individualizados foram tratados em diagramas de projeção polar *Schmidt-Lambert*, com o uso do programa *StereoNet* (Fig. 4.9).

O domínio DM foi estabelecido em área de ampla predominância de litotipos do Grupo Macaúbas, na metade sudeste da quadrícula Nova Aurora, delimitada dos demais domínios por zona de cisalhamento compressional Rio Preto I. O domínio DS coincide com área de ampla predominância de litotipos pertencentes aos grupos Santo Onofre e Sítio Novo, abrangendo as porções oeste das quadrículas Rio Pardo de Minas e Santo Antônio do Retiro; e o domínio DE está relacionado à área de predomínio de rochas de embasamento do Granitóide Córrego Tinguí e, de ocorrência subordinada, quartzitos e xistos dos grupos Sítio Novo e Santo Onofre.

No domínio DM os metadiamicctitos do Grupo Macaúbas mostram atitudes gerais de acamamento S_0 e foliação metamórfica S_1 , respectivamente com valores 115/55 e 113/44. No domínio DM, embora as medidas de S_0 se concentrem em um único máximo, o espalhamento dos polos de acamamento em forma de guirlanda sugere o dobramento destes planos, indicando um eixo de atitude média 050/25. Este dobramento é de fácil visualização em afloramentos, e também em escala de mapa (Fig. 4.1 e 4.9). A foliação S_1 , plano-axial de S_0 , tem direção paralela à deste acamamento, porém com mergulho um pouco menor, o que indica a natureza apertada do dobramento regional como pode ser visto nos estereogramas da figura 4.9.

No domínio DS os meta-argilitos e metaturbiditos dos grupos Santo Onofre e Sítio Novo têm atitudes gerais para S_0 e S_1 com valores de 092/70 e 090/86, respectivamente.

Dessa forma, S_0 e S_1 têm direções paralelas e alto ângulo de mergulho, com a foliação de plano-axial mergulhando com maior ângulo e para o mesmo quadrante leste, ambas com um máximo bem definido. Entretanto, as duas superfícies mostram submáximos paralelos em direção e também com mergulhos para leste, o que sugere o redobramento de ambas.

Este redobramento é observado localmente em afloramentos no setor oeste do domínio. Embora os diagramas de contorno mostrem uma tendência de dobras invertidas e vergentes para oeste, o diagrama de pontos para S_1 revelam grande número de medidas para o quadrante oposto, em consonância com as observações de campo de um padrão de dobramento ora invertido, ora normal.

A **clivagem de crenulação** S_2 mostra atitudes similares nos domínios DM e DS com valores máximos de 266/46 e 266/42, respectivamente, embora um número significativo de medidas esteja para o quadrante oposto, melhor visualizado nos diagramas de polos.

No domínio DE os Granitóide Córrego Tinguí e quartzitos e xistos dos grupos Sítio Novo e Santo Onofre têm atitudes máximas de 114/22 e 104/31, para S_0 e S_1 , respectivamente (Fig. 4.9). A clivagem de crenulação S_2 apresenta uma dispersão dos valores medidos, distribuídos para todos os quadrantes, com tendência a um arranjo em pequeno círculo no diagrama de contorno (Fig. 4.9).

As **lineações b_2** medidas nos três domínios, referentes a eixos de mesodobras, de crenulações e de boudins, apresentam direções gerais norte-sul com caimentos de ângulo baixo para sul, tendo atitudes de 187/06, 189/25 e 167/22 para os domínios DM, DS e DE, respectivamente.

As **lineações X_1** de minerais (moscovita/sericita, biotita) e de estiramento (seixos e fragmentos), mostram direção geral leste-oeste com caimento fraco a moderado para leste nos domínios DE e DM, com máximos de atitudes 092/27 e 108/45, respectivamente. No domínio DS, embora tenham sido tomadas muito poucas medidas, há uma tendência geral para uma orientação próxima à direção norte-sul, com mergulhos moderados a baixos nos dois sentidos, ainda que lineações com caimentos para leste estejam presentes.

4.3. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A área de estudo, com aproximadamente 2.250 km², cobre pequeno segmento no flanco ocidental do Orógeno Araçuaí, em sua zona limítrofe com o Craton do São Francisco. O mapeamento geológico realizado em escala 1:50.000 proporcionou o levantamento de elementos estruturais, cuja análise e interpretação levaram ao reconhecimento de três fases de deformação: duas compressionais (D_1 e D_2) e uma extensional final (D_e).

A **fase compressional** D_1 é a mais proeminente, sendo responsável pela arquitetura lito-estrutural atual da área. A forte inversão tectônica provocou transposição de estruturas sedimentares (acumamento S_0), sua reorientação e inversão por dobramento, com paralelização a uma foliação metamórfica regional (S_1), formada em posição plano-axial ao dobramento, além do desenvolvimento local de zonas miloníticas contracionais (empurrões).

As dobras intrafoliais residuais e o caráter lenticularizado e anastomosado do bandamento composicional são os principais testemunhos desta deformação. As vergências para oeste dos raros dobramentos preservados, associadas aos seus eixos norte-sul sub-horizontais, indicadores cinemáticos sigmoidais e uma lineação mineral impressa nos planos de foliação milonítica regional S_1 com mergulhos para leste são feições

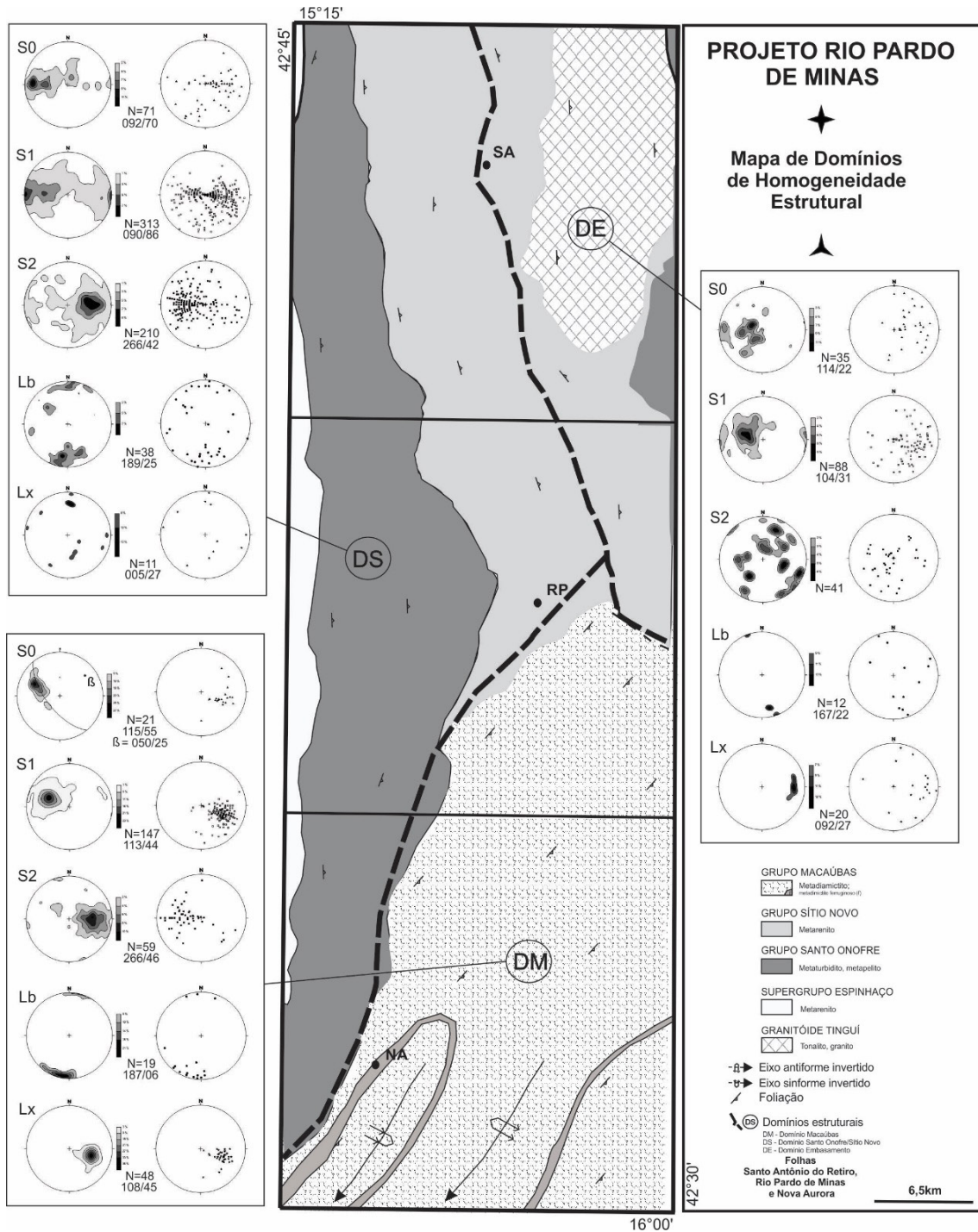


Figura 4.9 - Mapa de domínios de homogeneidade estrutural e respectivos diagramas, de contorno e de pontos, para atitudes de acumamento (S_0), foliações (S_1 e S_2), eixos de dobras e crenulações (Lb) e lineações mineral e de estiramento (LX). Diagramas de contornos para estruturas planares são pólos e diagramas de pontos são atitudes.

que caracterizam um cinturão de dobras e falhas de orientação norte-sul e com transporte tectônico de leste para oeste.

A **fase compressional D_2** é postulada com base principalmente na presença de dobras superimpostas a foliação regional S_1 , da fase de deformação D_1 . O fato desta fase D_2 dobrar camadas de meta-arenito milonítico laminado corrobora sua incidência sobre a fase anterior. A existência de duas fases compressionais, D_1 e D_2 , sucessivas é evidenciada não só pelo fato das dobras F_2 estarem delineadas pela foliação S_1 , mas também pela observação local de redobramento coaxial de dobras F_1 por dobras F_2 .

Uma característica importante das dobra F_2 é a variação na sua vergência, ora para leste, ora para oeste, muitas vezes visível em um mesmo afloramento. Destaca-se também seu perfil, ora aberto, ora fechado, este último parecendo concentrar-se preferencialmente na porção ocidental da área.

Estas feições não só indicam uma menor intensidade dos esforços compressivos dirigidos de leste para oeste, da fase D_2 em relação à da fase D_1 anterior, como também sugerem irregularidades das superfícies de deslizamento durante a compressão, como, por exemplo, uma geometria em rampas e patamares ou anteparos, que teriam contribuído para estas vergências opostas (Fig. 4.10).

O fato da clivagem de crenulação, característica da fase D_2 , mergulhar preferencialmente para oeste com ângulos medianos a baixos e ser plano-axial de dobras assimétricas, em cascata e em joelho, vergentes para leste, poderia sugerir sua formação no evento extensional D_e .

Entretanto, em um número significativo de medidas, cerca de vinte por cento, a clivagem S_2 mergulha para leste e está relacionada às dobras vergentes para oeste. Ressalta-se também que dobras vergentes para quadrantes opostos foram observadas, em continuidade em uma mesma exposição. É comum também, em alguns afloramentos, a presença de formas sigmoides dos microlitons em “z”, “s” e “m/w”, respectivamente em seus flancos e zonas de charneira, e dessa forma interpretada como tendo sido gerada por efeito deste dobramento.

Além disso, esta clivagem é predominantemente do tipo clivagem de crenulação distinta (*discrete crenulation cleavage*), o que requer uma quantidade de encurtamento significativa antes do dobramento, já que planos de crenulação bem definidos indicam acentuada dissolução por pressão. Estas características favorecem mais à hipótese de formação destes dobramentos e clivagens associadas a partir de esforços compressivos dirigidos de leste para oeste, do que a uma extensão em sentido oposto. Interpretação semelhante já foi anteriormente proposta por Marshak *et al.* (2006) para uma área mais ao sul.

Por outro lado, parte desta clivagem é predominantemente assimétrica com *microlitons* em “z”, sugerindo movimento de topo descendo para oeste ao longo de seus planos. Isto levou os autores acima a proporem que na Zona de Cisalhamento Chapada do Acauã, para sul da área, o domínio de clivagem, embora tendo sido formado durante a fase de compressão D_2 , se comportou como um arranjo tipo *bookshelf* de falhas normais, rotacionadas em função do movimento extensional ao longo dos planos de foliação S_1 com mergulho para leste. Esta interpretação é aqui compartilhada para a clivagem de características similares da área.

As dobras em cascata com envoltórias subverticais e as clivagens de crenulação sub-horizontais associadas são, em parte, as estruturas efetivamente geradas durante o processo extensional da **fase de deformação D_e** . Neste caso uma componente de esforço vertical, relacionado ao colapso orogênico, teria provocado o desenvolvimento de clivagens sub-horizontais, por achatamento e arrasto ao longo de flancos subverticais de dobras F_2 , em sentido horário em flanco com mergulho para leste, e sentido anti-horário em flancos mergulhando para oeste. Neste sentido teríamos localmente uma nova clivagem (foliação S_3), esta sim formada integralmente durante a extensão D_e .

Os movimentos em sentido normal, relacionados à extensão decorrente do colapso orogênico, parecem ter contribuído para a exumação de blocos do embasamento. Neste contexto Marshak *et al.* (2006) propõem que o bloco Guanhães pode ser visto como um “*metamorphic*

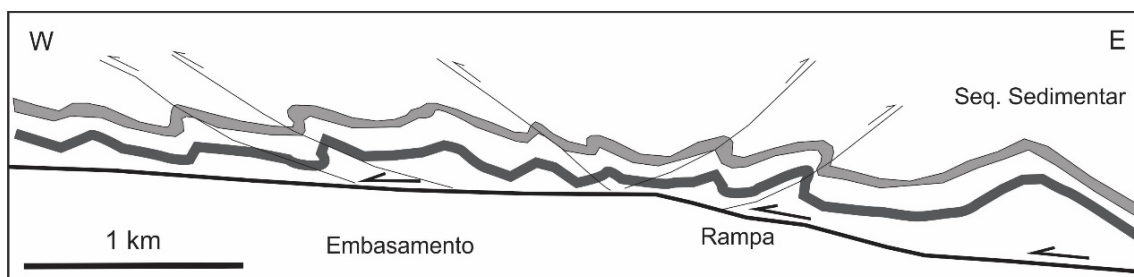


Figura 4.10 - Formação de dobras com vergências opostas em função da geometria em rampas e patamares da superfície basal (modificado de Fossen 2012).

core complex” relacionado a estes movimentos. Na área investigada, o Metagranitóide Córrego Tinguí, na metade oriental da folha Santo Antônio do Retiro, parece ter passado por processo semelhante, ou seja, soerguimento por efeito da extensão.

Isto é sugerido pelo padrão de distribuição tanto da clivagem filítica e xistosidade S_1 , quanto da clivagem de crenulação S_2 que, nos estereogramas do domínio de homogeneidade estrutural DE, tendem a distribuir-se conformando um pequeno círculo, o que pode ser visto como reflexo de uma acomodação destas estruturas ao entorno deste bloco de embasamento por efeito da extensão final (figura 4.9).

Este conjunto de estruturas e suas relações dão margem a especulações sobre a possibilidade de dois eventos deformacionais distintos. A atuação de um único evento tectônico, a Orogênese Brasileira (630 Ma - 530 Ma), é a hipótese mais aceita pela maioria dos autores para o Orógeno Araçuaí (Uhlein 1991; Chemale Jr. *et al.* 1994; Dussin & Dussin 1995; Uhlein *et al.* 1995; Danderfer Filho 2000; Alkmim *et al.* 2001; Marshak *et al.* 2006). Ao passo que outra vertente defende um evento tectônico pré-Brasiliano, o Ciclo Espinhaço ou Uruaçuanos (1,3 Ga - 1,0 Ga) ao longo da borda ocidental do Orógeno Araçuaí, entre eles Brito Neves *et al.* (1979), Almeida-Abreu (1993, 1995), Almeida-Abreu & Renger (2002), Schobbenhaus & Brito Neves (2003).

Convém destacar que a datação U/Pb (LA-ICP-MS), realizada neste trabalho, nos arredores de Santo Antônio do Retiro, em meta-arenitos do Grupo Sítio Novo, obteve quatro zircões detriticos com idades de 907 Ma (Afloramento PP110), valor aceito como idade máxima de deposição para os metassedimentos do grupo. Mais para sul, na folha Rio Pardo de Minas, foi obtida uma idade de 996 Ma (Afloramento SQ238;) aceita como idade máxima de deposição para os filitos carbonosos da Formação Serra da Garapa, unidade basal do Grupo Santo Onofre.

As idades acima fortalecem a hipótese da atuação de um único evento de deformação, a Orogênese Brasileira, sobre os grupos Santo Onofre e Sítio Novo, já que o Ciclo Orogênico Espinhaço teria ocorrido antes de sua deposição. Datações efetuadas no Metagranitóide Córrego Tinguí, embasamento dos metassedimentos Santo Onofre e Sítio Novo na área investigada, forneceram idades de cristalização (U/Pb-LA-ICPMS) em torno de 2070 Ma para os zircões destes granitóides, com intercepto inferior em torno de 560 Ma, interpretado como evento um distúrbio termal associado a essa orogênese.

As deformações compressivas D_1 e D_2 , ambas com vetores dirigidos de leste para oeste, podem assim ser interpretadas como fases de deformação sucessivas relacionadas a um mesmo evento tectônico, a Orogênese

Brasileira. Dessa forma pode-se subentender que o vetor tectônico sofreu uma rotação no sentido horário durante a sua evolução.

Isto é indicado pelas atitudes das lineações minerais (e de estiramento) mencionadas acima. A constatação de zona de cisalhamento direcional sinistral de direção norte-sul, associada a grande dobra de arrasto em “S”, em escala de mapa, em meta-arenitos do Grupo Sítio Novo, nos arredores de Santo Antônio do Retiro e, ainda, indícios de uma componente direcional, também sinistral, junto à zonas de cisalhamento compressional de alto ângulo, observados em alguns locais, corroboram esta interpretação.

A **discordância estrutural** entre os domínios **DE**, de direção geral N-S, que é truncada tectonicamente pelo **DM**, nitidamente NE-SW, é uma feição de grande destaque no contexto da área de trabalho. Sugere-se aqui que essa discordância seja o efeito do transporte tectônico regional, dirigido regionalmente de leste para oeste, sobre o arranjo geométrico prévio. Essa trama estaria diretamente relacionada à evolução de bacias sedimentares precursoras ao fechamento do orógeno, que se desenvolveram desde o Estateriano até o Criogeniano, em um intervalo de 1,0 Ga.

Nesse contexto, a bacia Macaúbas que evoluiu de bacia tipo rift-sag para bacia oceânica em forma de golfo (Pedrosa Soares & Alkmim 2011), teria apresentado mudanças no arranjo geométrico-deposicional dos seus litotipos, antes orientados preferencialmente segundo a direção principal norte-sul, predominante nas bacias prévias do Espinhaço e Santo Onofre-Sítio Novo, assumindo então inflexões para nordeste-sudoeste e leste-oeste em seu limite setentrional.

Essas características da trama extensional da bacia Macaúbas em relação às outras bacias seria suficiente para provocar reorientações locais do vetor de transporte tectônico ao longo de contrafortes e consequentemente mudanças significativas nas atitudes de camadas e foliações.

4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns aspectos relacionados às características geométricas, cinemáticas e de distribuição dos elementos litoestruturais que caracterizam a área de estudo merecem ser destacados, são eles:

- Definição de duas fases de deformação compressional D_1 e D_2 , co-axiais e que compõe um evento deformacional da Orogênese Brasileira (630 Ma - 530 Ma);
- Definição de um evento extensional tardio - D_3 , originado durante o colapso do orógeno e responsável por obliterar parcialmente as estruturas das fases anteriores e gerar um acervo estrutural;

- Ressalta-se que o forte controle tectônico-estrutural na distribuição das unidades litológicas cartografadas na área foi exercido pela própria geometria dos sítios deposicionais;
- Infere-se a abertura da bacia Santo Onofre-Sítio Novo, no início do Toniano, com a reativação de antigas estruturas ao longo da bacia Espinhaço, Paleoproterozoica a Mesoproterozoica, caracterizadas como bacias tipo *rift* e *rift-sag*, orientadas na direção norte-sul e implantadas no substrato Arqueano-Paleoproterozóico pré-existente.
- A bacia Macaúbas, iniciada aproximadamente no final do Toniano, teria se desenvolvido ao longo da direção N-S e posteriormente defletido ao longo da direção NW-SE e E-W em sua extremidade sul.
- A inversão tectônica sobrepôs estes metassedimentos Macaúbas aos litotipos das unidades norte-sul, os metassedimentos Santo Onofre-Sítio Novo, ao longo de zona de cisalhamento compressional Rio Preto I, formando uma nítida discordância estratigráfica-estrutural.

5. GEOQUÍMICA PROSPECTIVA

5.1. INTRODUÇÃO

Para o levantamento geoquímico prospectivo da área do projeto foram realizadas coletas de amostras em 231 estações programadas para sedimentos de corrente; e 235 estações para solos (Figura 5.1). O planejamento da amostragem para sedimentos de corrente nas diversas micro bacias baseou-se na sua distribuição regional, sendo englobada a diversidade de litológicos. De modo geral, predominaram as estações de amostragem cuja área de influência ocupava uma dimensão inferior a 50 km², devido à escala do projeto (1:50.000). Algumas estações de amostragem foram mais restritas, abrangendo uma área de cobertura em torno de 5 km², estando estrategicamente posicionadas a fim de conhecer o comportamento geoquímico dos elementos e suas possíveis respostas com as mineralizações ocorrentes nessa região. No caso das estações para solos, foi feita uma malha regular, em trama losangular, adequada para geoquímica prospectiva de reconhecimento (Levinson, 1974; Rose *et al.*, 1979).

5.2. METODOLOGIA DE TRATAMENTO DE DADOS

Os resultados obtidos para sedimentos de corrente e solos foram trabalhados usando técnicas estatísticas comuns (estatística univariada), gráficos *box-plot* e mapas geoquímicos baseados em percentis (gráficos *box-plot*). Além disso, também foram realizadas a análise de correlação não-paramétrica (correlação de *Spearman* – estatística bivariada) e análises estatísticas mais complexas (estatística multivariada), tais como a análise fatorial. A utilização destas ferramentas estatísticas permite investigar a estrutura, tendências e associações dos elementos analisados, auxiliando na compreensão dos processos geológicos, físicos e antropogênicos que controlam a geoquímica de sedimentos de corrente e solos (Manly, 1986; Davis, 1986; Tabachnick & Fidell, 2001; Reimann *et al.*, 2002; Reimann *et al.*, 2008; Filzmoser *et al.*, 2009; Carranza, 2009 e 2011; Grunsky, 2010; Lapworth *et al.*, 2012).

5.2.1. Estatística univariada

Foram selecionados para o tratamento estatístico convencional (estatística univariada) 40 elementos para sedimentos de corrente e 41 para solos. Os estimadores

estatísticos para ambas as matrizes são apresentados nas Tabelas 5.1 e 5.3. Os elementos que mostraram baixo grau de detecção, ou seja, apresentaram mais de 50% das amostras abaixo do limite de detecção do método analítico, estão apresentados à parte nas Tabelas 5.2 e 5.4, para sedimentos de corrente e solo, respectivamente. Estes elementos não serão considerados nos tratamentos estatísticos que exijam correlações de valores tampouco em análises estatísticas multivariadas. Os elementos Te e W tanto para sedimentos de corrente quanto para solos, devido a problemas com o branco analítico superestimado (valores maiores que 5% do limite de detecção do método) em quase todos os lotes, foram prontamente descartados de todas as etapas de tratamento estatístico. A todas estas tabelas foram adicionadas a concentração média da crosta superior (*Mean Upper Crust Concentration – UCC* - Green 1959; Taylor 1964; Wedepohl 1978, 1995) para todos os elementos analisados, com o intuito de compará-los e avaliar o enriquecimento dos mesmos.

Todas as variáveis levantadas neste estudo foram log-transformadas, com o intuito de se obter melhor distribuição das mesmas, ou seja, na tentativa de normalizar a distribuição. Para tanto, foi aplicado nos dados de sedimento de corrente e solos o teste estatístico de normalidade *Shapiro-Wilk* para os dados log-transformados. Este teste estatístico foi aplicado somente para os elementos com menos de 50% dos dados abaixo do limite de detecção. Para sedimento de corrente, somente os elementos Al, Fe e Th apresentaram distribuição log-normal ($p > 0,05$), enquanto que para solos, nenhum elemento conseguiu a distribuição normal após a log-transformação. Este fato confirma que dados com distribuição normal raramente é constatado em variáveis geoquímicas, mesmo quando os dados são formados por múltiplas populações.

5.2.2. Estatística bivariada

Para a interpretação dos dados geoquímicos, também foram utilizadas as análises estatísticas de correlação (bivariada) de principais componentes. A análise de correlação utilizada foi a de *Spearman*, análise estatística não-paramétrica, ou seja, assume que os dados não possuem distribuição normal tampouco assume uma relação linear entre as variáveis (Spearman, 1904). Esta análise pode informar o grau de afinidade de um elemento com os demais, podendo-se determinar agrupamentos com

afinidades geoquímicas semelhantes. Para isso, foram considerados que valores iguais ou maiores que 0,70 entre duas variáveis, no caso, entre dois elementos, possuem correlação elevada; valores entre 0,69 e 0,50 possuem correlação mediana; e valores menores que 0,50 possuem correlação não significativa. Entretanto,

devido ao grande número de variáveis, se tornam difíceis a visualização e determinação de tais grupos, principalmente com relação à interpretação das associações geoquímicas, pois estas possuem diferentes formas de ocorrência. Dessa forma, também foi utilizada a estatística multivariada, com a análise de principais fatores.

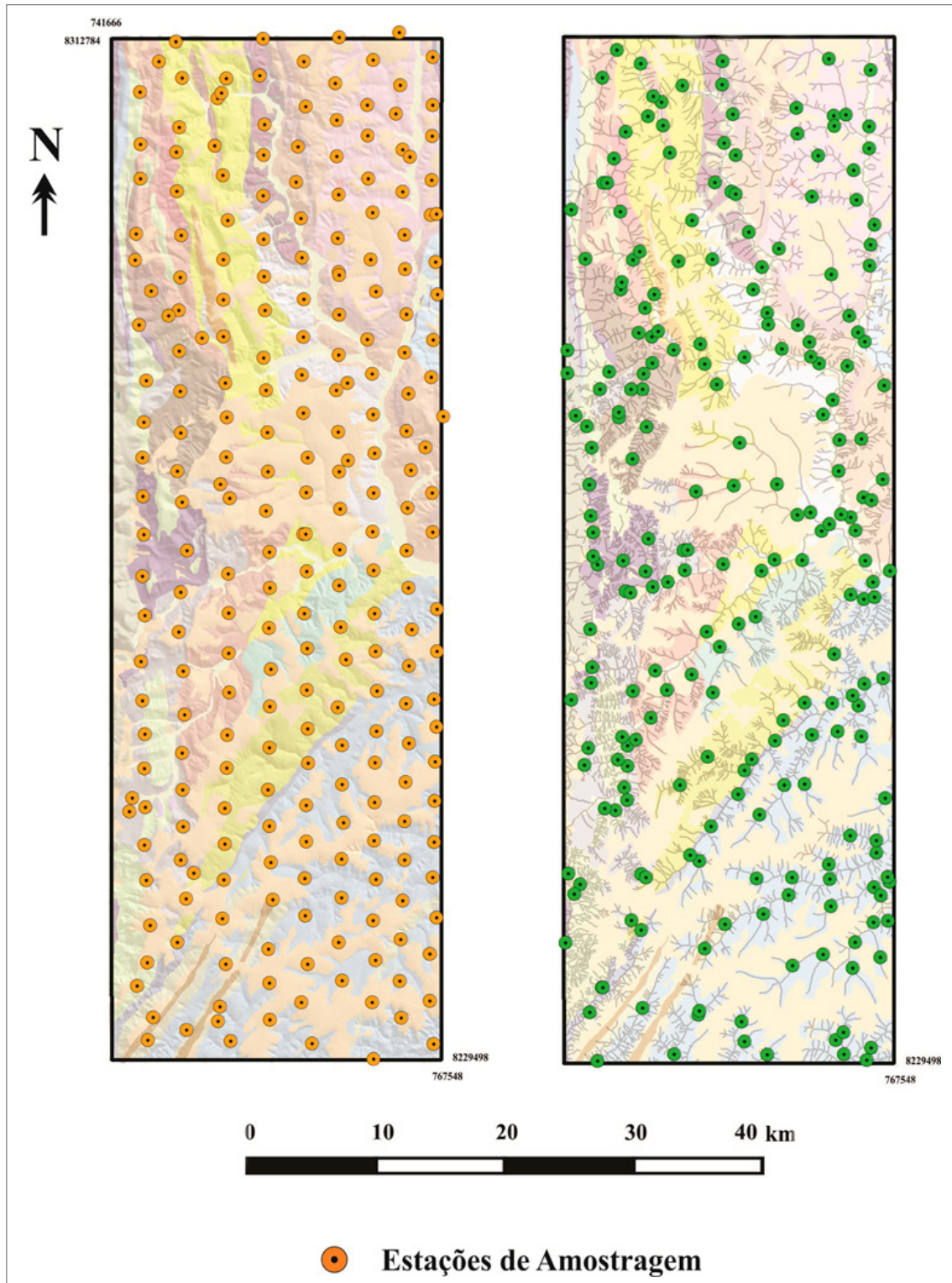


Figura 5.1 - Disposição das estações de amostragem para solo e sedimentos de corrente ao longo da área de estudo; A - Mapa de pontos de solo; B - Mapa de pontos de sedimento de corrente.

Para o presente estudo, a utilização da análise de correlação (mínimos quadrados) será uma triagem para os elementos químicos que serão utilizados para a estatística multivariada, fazendo com que a variância do sistema seja mais bem explicada. Logo, somente os elementos que apresentarem correlação acima 0,60 serão utilizados na

estatística multivariada. Os valores considerados outliers e “extremos”, informações obtidas pelos gráficos *Box-Plot*, foram retirados para não influenciarem nos valores de correlação. Para a realização desta análise, os dados foram log-transformados com o objetivo de diminuir a influência dos *outliers*.

Tabela 5.1 - Sumário estatístico dos elementos selecionados em amostras de sedimentos de corrente.

ELEMENTOS	N VÁLIDOS	N VÁLIDOS (%)	MÉDIA	MÍN.	QUARTIS					MÁX.	UCC
					Q1 (25%)	Q2 (MEDIANA)	Q3 (75%)	Q3-Q1 (AIQ)	Q3+1,5AIQ (LIMIAR)		
Ag (ppm)	217	94,35	0,04	0,01	0,02	0,04	0,08	0,06	0,63	0,73	0,055
Al (%)	230	100	1,07	0,23	0,65	1,07	1,74	1,09	5,66	12,71	7,7
As (ppm)	167	72,61	1,57	1	0,50	1,57	3,00	2,50	13	13,00	2
Ba (ppm)	229	99,57	51,41	5	34,00	51,41	78,00	44,00	221	298,00	668
Be (ppm)	207	90	0,31	0,1	0,20	0,31	0,60	0,40	2,9	2,90	3,1
Bi (ppm)	131	56,96	1,48	0,02	0,18	0,53	1,18	1	18,56	18,56	0,123
Ca (%)	175	76,09	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,15	0,22	2,9
Cd (ppm)	178	77,39	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,17	0,17	0,102
Ce (ppm)	230	100	22,40	1,79	14,47	22,40	33,08	18,61	104,19	152,20	65,7
Co (ppm)	229	99,57	2,34	0,1	1,40	2,34	3,50	2,10	11,7	36,00	11,6
Cr (ppm)	230	100	30,00	2	20,00	30,00	43,00	23,00	126	246,00	35
Cs (ppm)	228	99,13	0,50	0,05	0,25	0,50	1,04	0,79	4,46	4,46	5,8
Cu (ppm)	228	99,13	12,65	0,5	7,70	12,65	21,20	13,50	54,1	54,10	14,3
Fe (%)	230	100	2,87	0,33	1,97	2,87	4,01	2,04	10,2	12,80	3,1
Ga (ppm)	227	98,70	4,50	0,1	2,70	4,50	8,50	5,80	37,3	37,30	14
Hf (ppm)	164	71,30	0,07	0,05	0,03	0,07	0,12	0,10	0,67	1,48	5,8
K (%)	230	100	0,06	0,01	0,04	0,06	0,08	0,04	0,22	0,39	2,9
La (ppm)	230	100	9,99	0,8	6,70	9,99	14,30	7,60	41,3	82,50	32,3
Mg (%)	136	59,13	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06	0,05	0,59	0,59	1,4
Mn (ppm)	230	100	134,28	27	78,00	134,28	206,00	128,00	810	4113,00	527
Mo (ppm)	204	88,70	0,47	0,05	0,34	0,47	1,05	0,71	4,78	6,23	1,4
Nb (ppm)	226	98,26	0,46	0,05	0,33	0,46	0,72	0,39	2,14	13,86	26
Ni (ppm)	229	99,57	8,63	0,25	5,60	8,63	12,90	7,30	37,8	126,10	18,6
P (ppm)	214	93,04	140,67	25	100,00	140,67	238,00	138,00	542	542,00	665
Pb (ppm)	230	100	7,69	1,5	5,30	7,69	10,80	5,50	26	174,60	17
Rb (ppm)	230	100	6,85	0,7	4,20	6,85	10,40	6,20	34,7	87,30	110
S (%)	148	64,35	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,13	0,21	62
Sb (ppm)	185	80,43	0,09	0,05	0,06	0,09	0,16	0,10	0,67	0,92	0,31
Sc (ppm)	230	100	2,75	0,2	1,70	2,75	4,40	2,70	13,4	13,40	84
Sn (ppm)	225	97,83	1,06	0,3	0,70	1,06	1,50	0,80	4,3	239,10	2,5
Sr (ppm)	227	98,70	2,95	0,5	2,00	2,95	4,60	2,60	14,8	28,10	316
Th (ppm)	230	100	5,17	0,7	3,60	5,17	7,90	4,30	20,5	28,50	10,3
Ti (ppm)	165	71,74	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,21	0,21	0,3
U (ppm)	228	99,13	0,60	0,05	0,40	0,60	0,90	0,50	2,85	4,62	2,5
V (ppm)	229	99,57	30,70	1	18,00	30,70	53,00	35,00	220	348,00	53
Y (ppm)	230	100	2,68	0,22	1,47	2,68	4,68	3,21	25,23	42,65	20,7
Zn (ppm)	219	95,22	8,09	0,5	5,00	8,09	16,00	11,00	65	65,00	52

Tabela 5.2 - Sumário estatístico dos elementos não selecionados em amostras de sedimentos de corrente.

ELEMENTOS	N VÁLIDOS	N VÁLIDOS (%)	MÉDIA	MÍN.	QUARTIS					MÁX.	UCC
					Q1 (25%)	Q2 (MEDIANA)	Q3 (75%)	Q3-Q1 (AIQ)	Q3+1,5AIQ		
Au (ppm)	1	0,43	-	-	-	-	-	-	-	0,2	3,1
B (ppm)	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	17
Ge (ppm)	2	0,87	-	0,1	-	-	-	-	-	0,03	1,4
Hg (ppm)	106	46,09	0,03	0,01	0,02	0,03	0,04	0,02	0,1	0,1	0,05
In (ppm)	110	47,83	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,03	0,18	0,18	0,056
Li (ppm)	103	44,78	1,15	1	2	3	6	4	14	14	22
Na (%)	12	5,22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	-
Re (ppm)	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001
Se (ppm)	39	16,96	0,59	1	1	1	2	1	2	2	0,09
Ta (ppm)	28	12,17	0,08	0,05	0,06	0,07	0,1	0,04	0,14	0,14	1,5
Zr (ppm)	114	49,57	0,94	0,5	2	3,6	6,3	4,3	24,4	37,1	237

Tabela 5.3 - Sumário estatístico dos elementos selecionados em amostras de solos.

ELEMENTOS	N VÁLIDOS	N VÁLIDOS (%)	MÉDIA	MÍN.	QUARTIS					MÁX.	UCC
					Q1 (25%)	Q2 (MEDIANA)	Q3 (75%)	Q3-Q1 (AIQ)	Q3+1,5AIQ		
Ag (ppm)	190	77,55	0,03	0,01	0,01	0,03	0,05	0,04	0,55	1,38	0,055
Al (%)	245	100,00	2,62	0,40	1,64	2,92	4,27	2,63	14,12	14,12	7,7
As (ppm)	207	84,49	2,32	0,50	1,00	3,00	4,00	3,00	19	73,00	2
Ba (ppm)	165	67,35	13,41	2,50	2,50	20,00	41,00	38,50	549	549,00	668
Be (ppm)	149	60,82	0,32	0,1	0,20	0,30	0,50	0,30	1,7	6,50	3,1
Bi (ppm)	180	73,47	0,25	0,01	0,01	0,49	1,09	1,08	20,46	20,46	0,123
Ce (ppm)	245	100,00	14,90	2,46	7,20	12,42	27,54	20,34	120,14	291,37	65,7
Co (ppm)	244	99,59	1,07	0,05	0,60	0,90	1,60	1,00	6,4	48,80	11,6
Cr (ppm)	245	100,00	51,14	5,00	34,00	55,00	78,00	44,00	208	408,00	35
Cs (ppm)	245	100,00	0,54	0,06	0,28	0,59	1,01	0,73	5,34	7,49	5,8
Cu (ppm)	245	100,00	9,30	1,50	4,90	9,30	16,70	11,80	102,4	102,40	14,3
Fe (%)	245	100,00	3,99	0,06	2,74	4,22	6,08	3,34	>15	>15	3,1
Ga (ppm)	245	100,00	10,43	1,20	6,30	12,20	18,30	12,00	46	46,00	14
Hf (ppm)	236	96,33	0,33	0,03	0,18	0,37	0,70	0,52	1,51	1,51	5,8
Hg (ppm)	125	51,02	0,03	0,01	0,02	0,03	0,04	0,02	0,1	0,25	0,05
In (ppm)	195	79,59	0,04	0,01	0,02	0,05	0,08	0,06	0,19	0,19	0,056
K (%)	163	66,53	0,06	0,01	0,04	0,07	0,09	0,05	0,3	1,38	2,9
La (ppm)	245	100,00	5,71	0,90	2,60	4,60	11,20	8,60	58,3	174,00	32,3
Mn (ppm)	244	99,59	81,24	2,50	58,00	81,00	114,00	56,00	296	2170,00	527
Mo (ppm)	218	88,98	0,71	0,03	0,54	1,06	1,65	1,11	7,02	18,15	1,4
Nb (ppm)	241	98,37	0,38	0,03	0,26	0,40	0,60	0,34	2,07	10,84	26
Ni (ppm)	245	100,00	5,43	0,70	3,30	4,80	8,20	4,90	29,3	109,10	18,6
P (ppm)	178	72,65	43,71	2,50	2,50	88,00	155,00	152,50	2790	2790,00	665
Pb (ppm)	245	100,00	7,65	2,80	5,60	7,40	10,10	4,50	21,8	37,50	17
Rb (ppm)	244	99,59	3,41	0,10	1,40	4,40	8,50	7,10	73,8	151,30	110
S (%)	133	54,29	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,04	0,08	62

Tabela 5.3 - Sumário estatístico dos elementos selecionados em amostras de solos. (Continuação)

ELEMENTOS	N VÁLIDOS	N VÁLIDOS (%)	MÉDIA	MÍN.	QUARTIS					MÁX.	UCC
					Q1 (25%)	Q2 (MEDIANA)	Q3 (75%)	Q3-Q1 (AIQ)	Q3+1,5AIQ		
Sb (ppm)	231	94,29	0,20	0,03	0,11	0,22	0,39	0,28	1,3	75,04	0,31
Sc (ppm)	245	100,00	5,28	0,80	3,80	5,80	8,20	4,40	17,8	41,40	84
Sn (ppm)	245	100,00	2,28	0,40	1,50	2,40	3,50	2,00	6,9	118,00	2,5
Sr (ppm)	205	83,67	1,51	0,25	0,80	1,70	3,30	2,50	22,9	196,00	316
Th (ppm)	245	100,00	11,18	2,10	8,60	11,60	15,80	7,20	30,4	30,40	10,3
Ti (%)	209	85,31	0,02	0,01	0,01	0,03	0,04	0,03	0,24	0,24	0,3
U (ppm)	245	100,00	0,70	0,16	0,45	0,65	1,03	0,58	3,41	17,11	2,5
V (ppm)	244	99,59	60,24	0,50	33,00	77,00	123,00	90,00	465	465,00	53
Y (ppm)	245	100,00	1,20	0,21	0,55	0,91	1,82	1,27	9,63	108,35	20,7
Zn (ppm)	202	82,45	3,78	0,50	2,00	4,00	8,00	6,00	44	206,00	52
Zr (ppm)	126	51,43	9,99	0,50	6,60	12,05	19,50	12,90	44,5	44,50	237

Tabela 5.4 - Sumário estatístico dos elementos selecionados em amostras de solos.

ELEMENTOS	N VÁLIDOS	N VÁLIDOS (%)	MÉDIA	MÍN.	QUARTIS					MÁX.	UCC
					Q1 (25%)	Q2 (MEDIANA)	Q3 (75%)	Q3-Q1 (AIQ)	Q3+1,5AIQ		
Au (ppm)	1	0,41	-	0,1	-	-	-	-	-	0,1	3,1
B (ppm)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
Ca (%)	62	25,31	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,1	0,55	2,9
Cd (ppm)	99	40,41	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,05	0,16	0,102
Ge (ppm)	5	2,04	0,20	0,10	0,10	0,20	0,40	0,30	0,4	0,40	1,4
Li (ppm)	69	28,16	0,76	0,5	0,5	0,5	1	0,5	2	12	22
Mg (%)	55	22,45	0,03	0,01	0,01	0,02	0,05	0,04	0,31	1,78	1,4
Na (%)	17	6,94	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,3	0,03	-
Re (ppm)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0001
Se (ppm)	40	16,33	1,48	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	5	5,00	0,09
Ta (ppm)	33	13,47	0,09	0,05	0,06	0,08	0,11	0,05	0,18	0,29	1,5

5.2.3. Estatística multivariada

Esta análise é utilizada para identificar importantes componentes ou fatores que explicam a variância de um sistema e é designada a reduzir o número de variáveis em pequenos números de índices, preservando as relações presentes nos dados originais. Isto corrobora para uma interpretação mais refinada de dados geoquímicos (Manly, 1986; Davis, 1986; Tabachnick & Fidell, 2001). Para esta análise estatística Multivariada, é essencial transformar os dados, devido aos dados enclausurados (*data closure*) e as múltiplas populações, além de gerar fatores com informações mais robustas sobre os processos que controlam a distribuição geoquímica em sedimentos de corrente e solos. Os dados geoquímicos de análise multielementar

utilizados neste estudo são considerados *dados composicionais*, que segundo Aitchison (1986), os elementos analisados são porcentagens de um todo, ou seja, a soma dos valores de todos os elementos analisados se torna uma constante. Neste caso, em se tratando de unidades em parte por milhão (ppm), o valor constante seria 1.000.000 ppm, equivalente a 100%. Entretanto, os elementos analisados possuem diferentes distribuições e variabilidades. Portanto, os dados foram transformados pela razão-log centralizada (*centred log-ratio*, CLR – Aitchison, 1986) com posterior padronização para 0 (*standardize*). O método de rotação utilizado foi o *Varimax* normalizado, o qual apresenta as melhores correlações das variáveis (no caso, os elementos) em relação aos fatores (Reimann *et al.*, 2008).

5.3. DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS

A região estudada apresenta em seu contexto geológico as unidades metassedimentares referentes aos grupos Santo Onofre, Macaúbas e Sítio Novo, além do Embasamento Cristalino, representado pelo metagranitóide Córrego do Tingui. Nesse contexto, a distribuição

de todos os elementos analisados para sedimento de corrente e solos foram tratados para cada unidade geológica supracitada, como mostram os gráficos *box-plot* (Figura 5.2). Além disso, a distribuição espacial, dentro da área de estudo, dos elementos principais (Al, Fe, Mn, Ni, Cr, Cu, Zn e Pb) também está ilustrada nos mapas das Figuras 5.3 a 5.10.

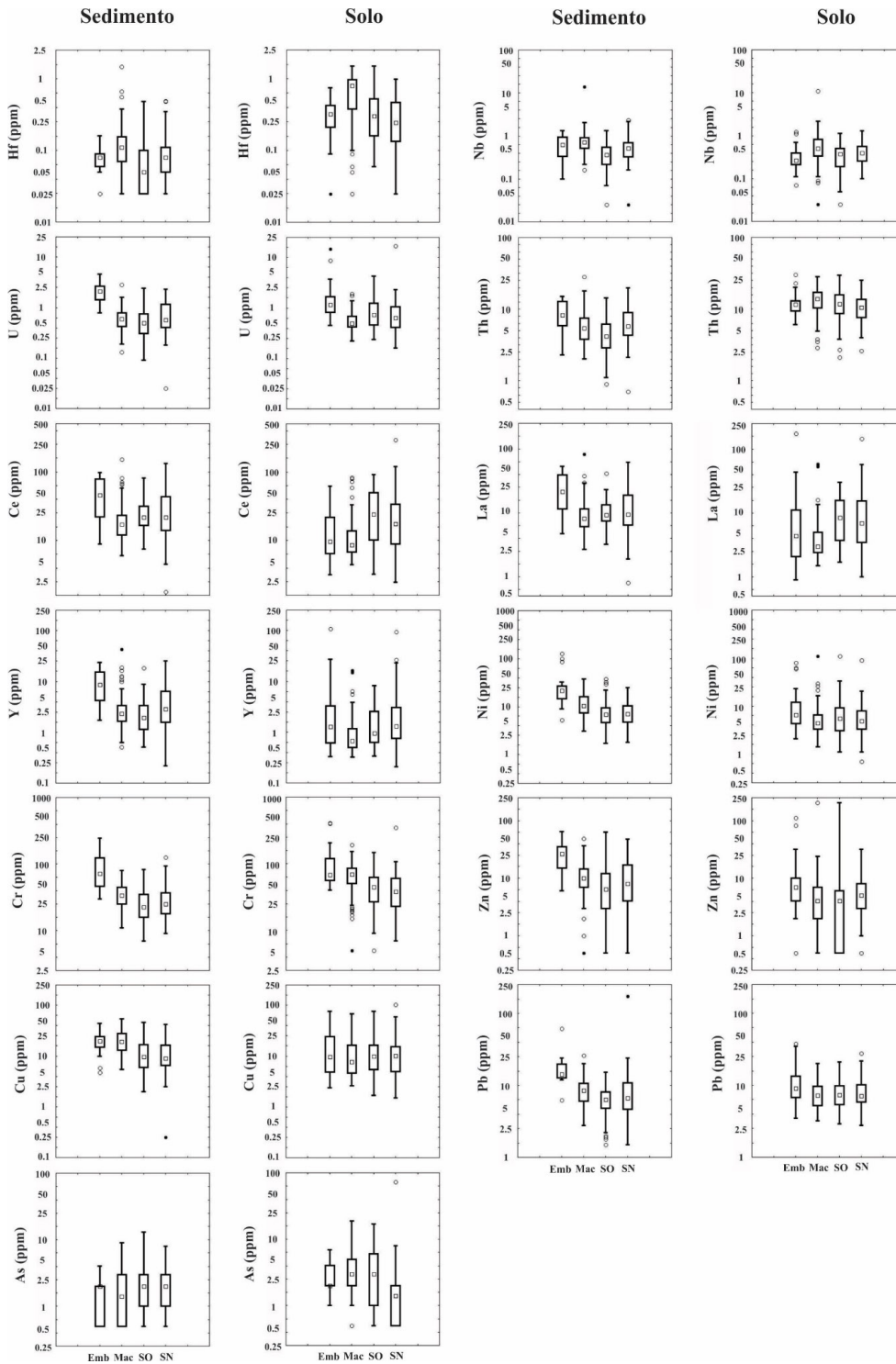


Figura 5.2 - *Box-Plot* da distribuição de elementos maiores, menores e traços em amostras de sedimentos de corrente e solos nas quatro principais unidades geológicas da área estudada: Embasamento Cristalino (Emb), Grupo Macaúbas (Mac), Grupo Santo Onofre (SO) e Grupo Sítio Novo (SN).

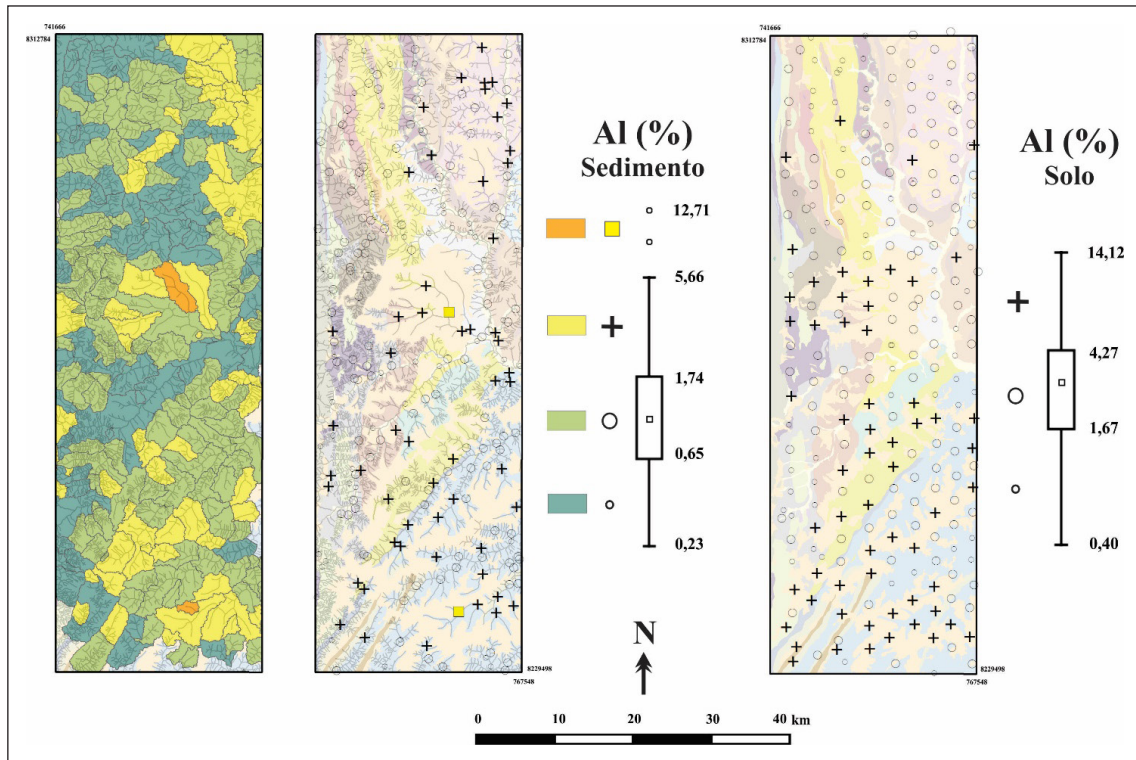


Figura 5.3 - Distribuição espacial do Al em sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) e solo (mapa de pontos) ao longo da área de estudo.

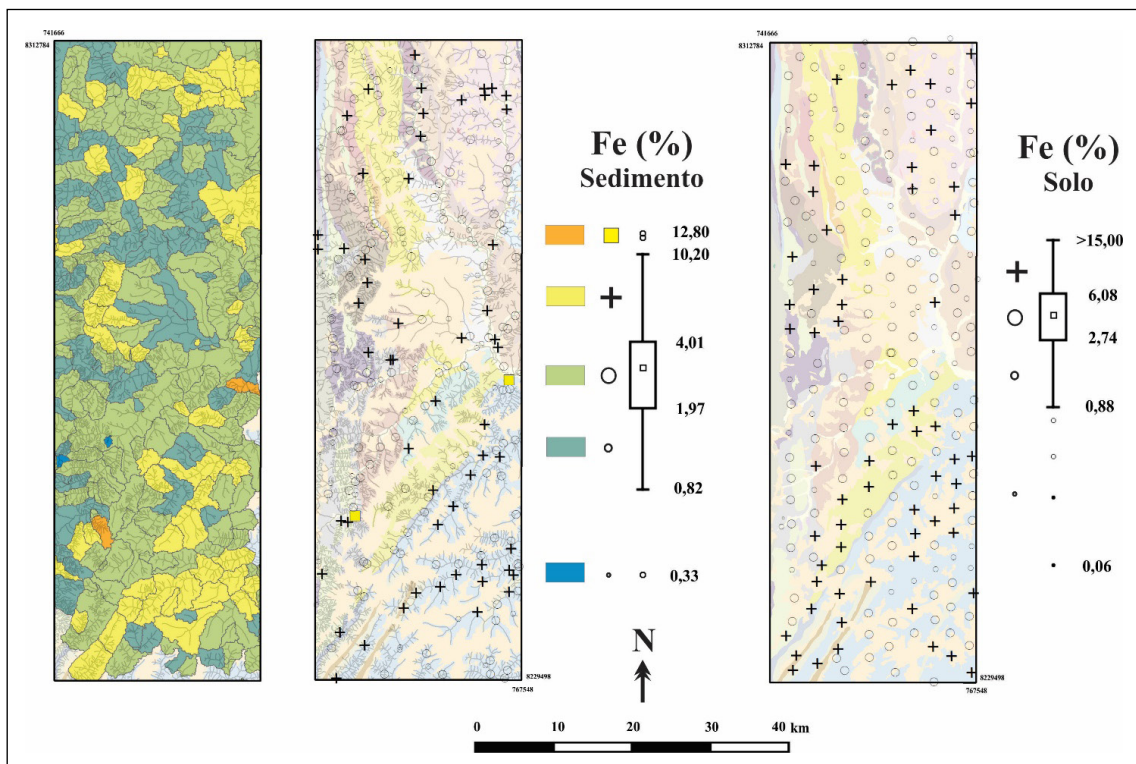


Figura 5.4 - Distribuição espacial do Fe em sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) e solo (mapa de pontos) ao longo da área de estudo.

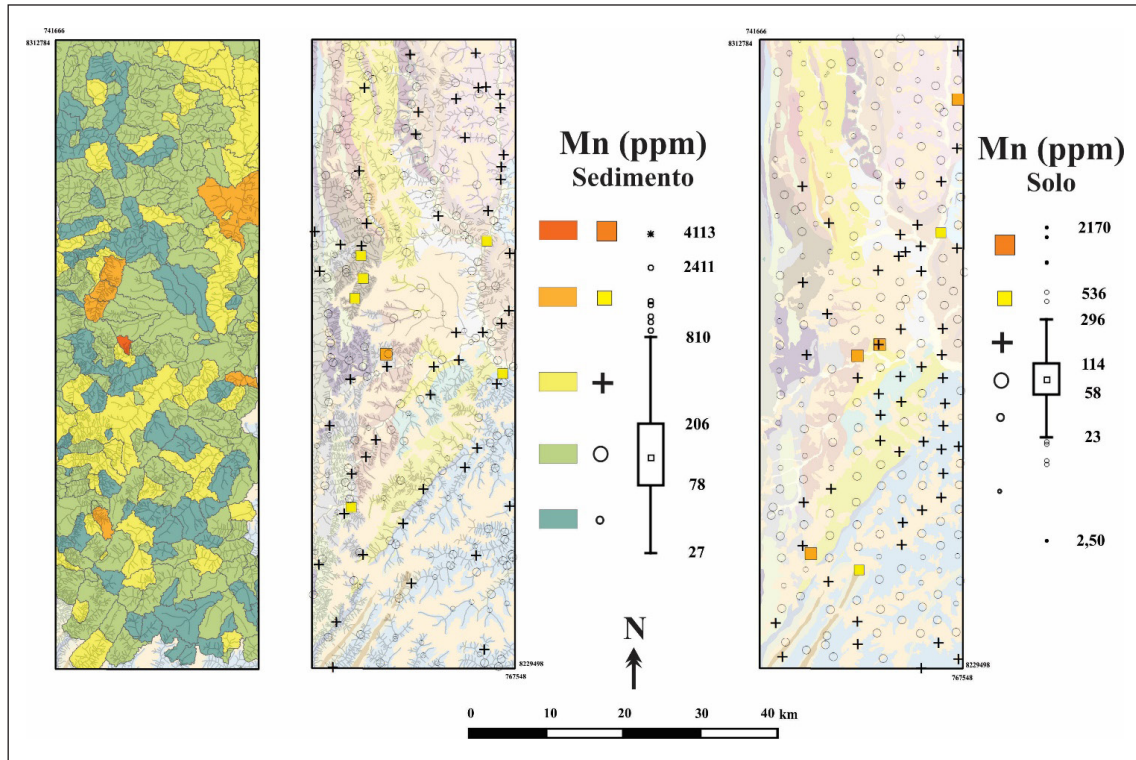


Figura 5.5 - Distribuição espacial do Mn em sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) e solo (mapa de pontos) ao longo da área de estudo.

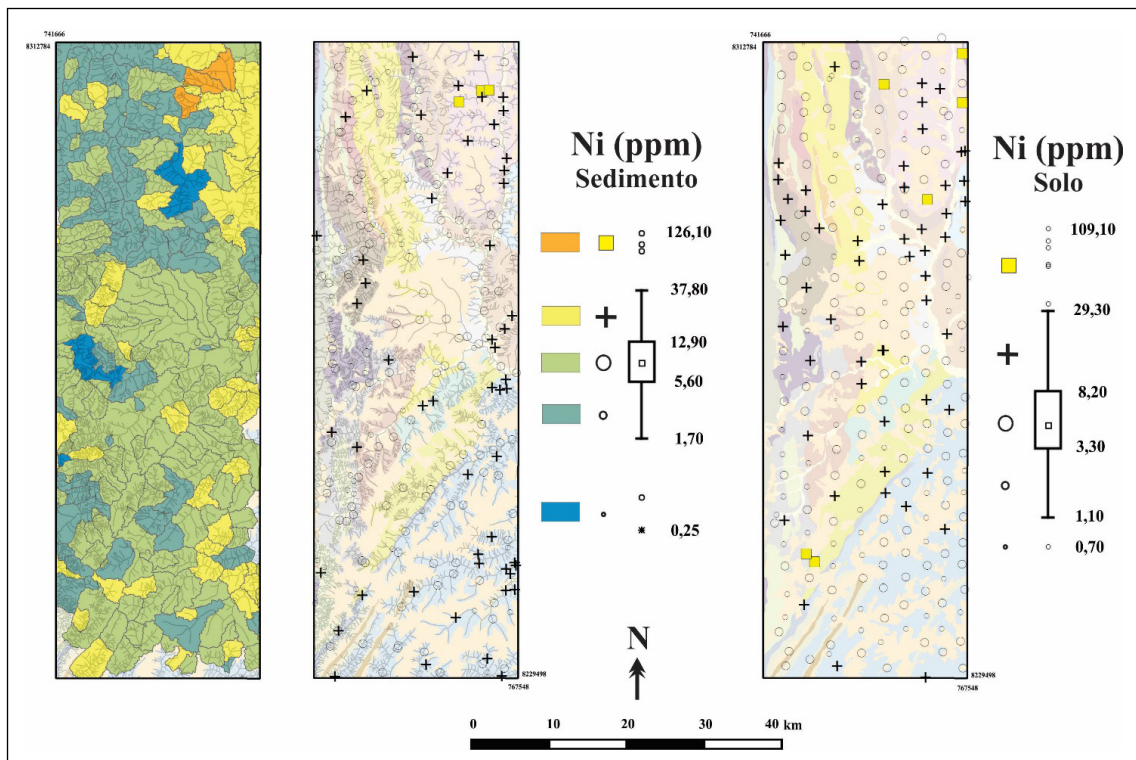


Figura 5.6 - Distribuição espacial do Ni em sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) e solo (mapa de pontos) ao longo da área de estudo.

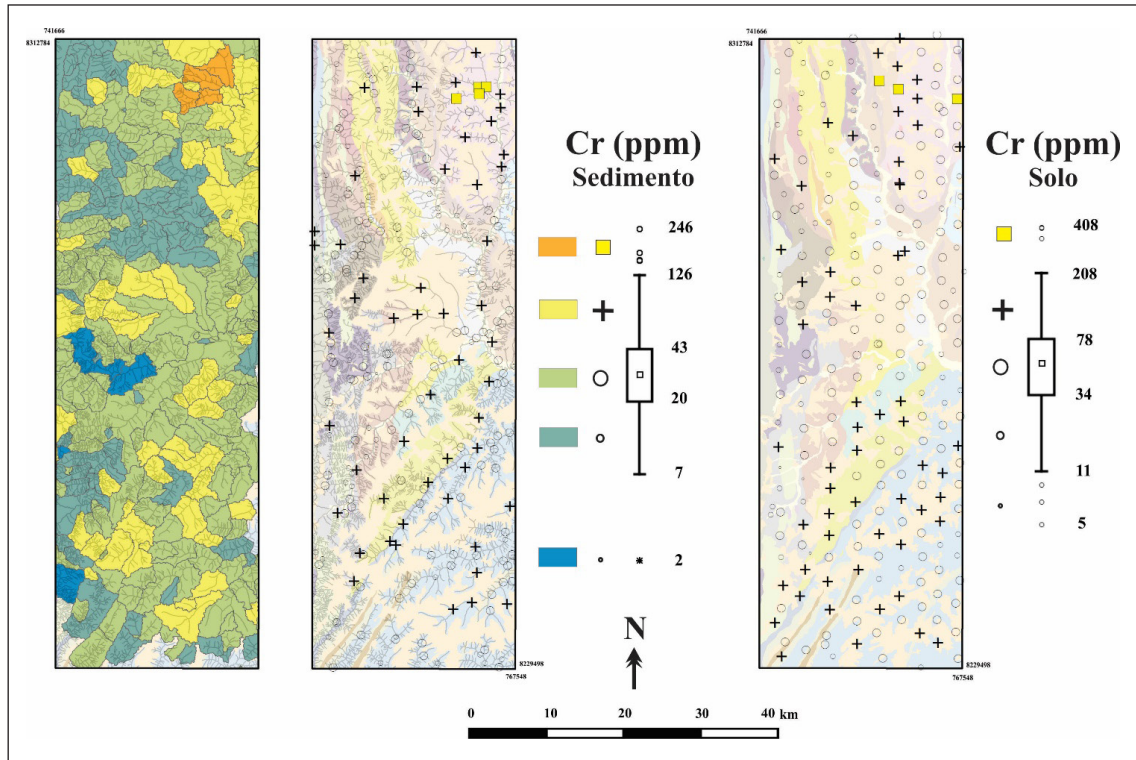


Figura 5.7 - Distribuição espacial do Cr em sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) e solo (mapa de pontos) ao longo da área de estudo.

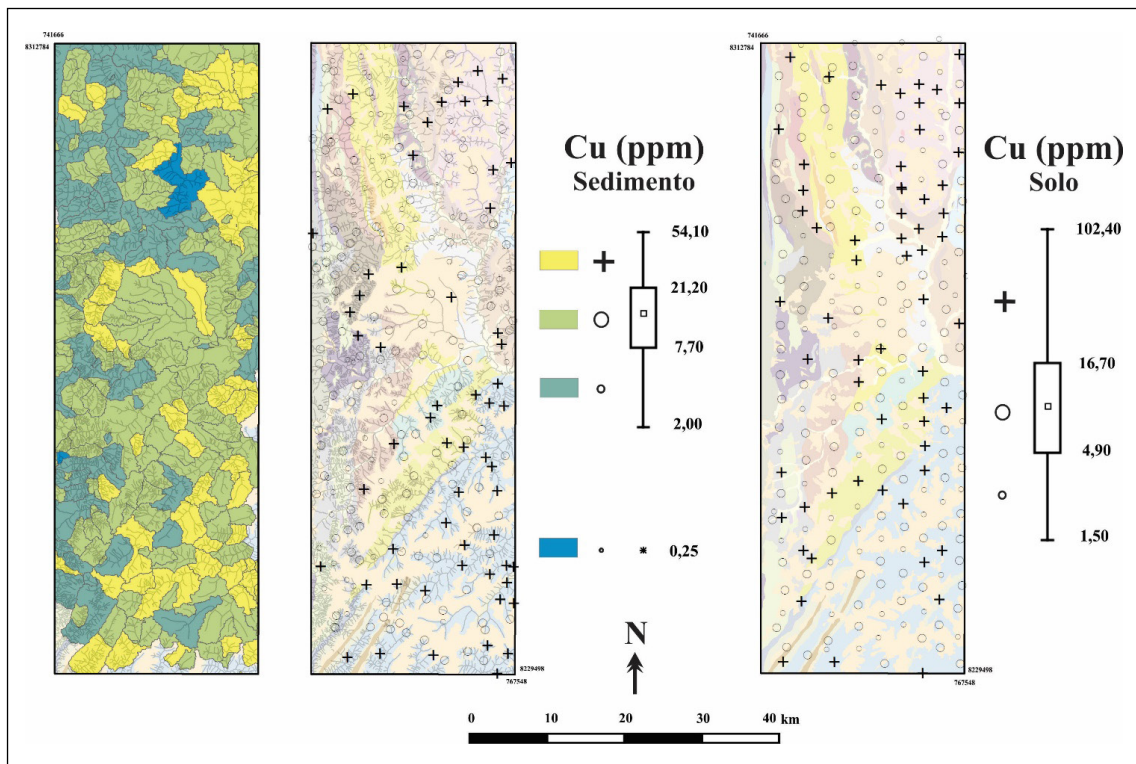


Figura 5.8 - Distribuição espacial do Cu em sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) e solo (mapa de pontos) ao longo da área de estudo.

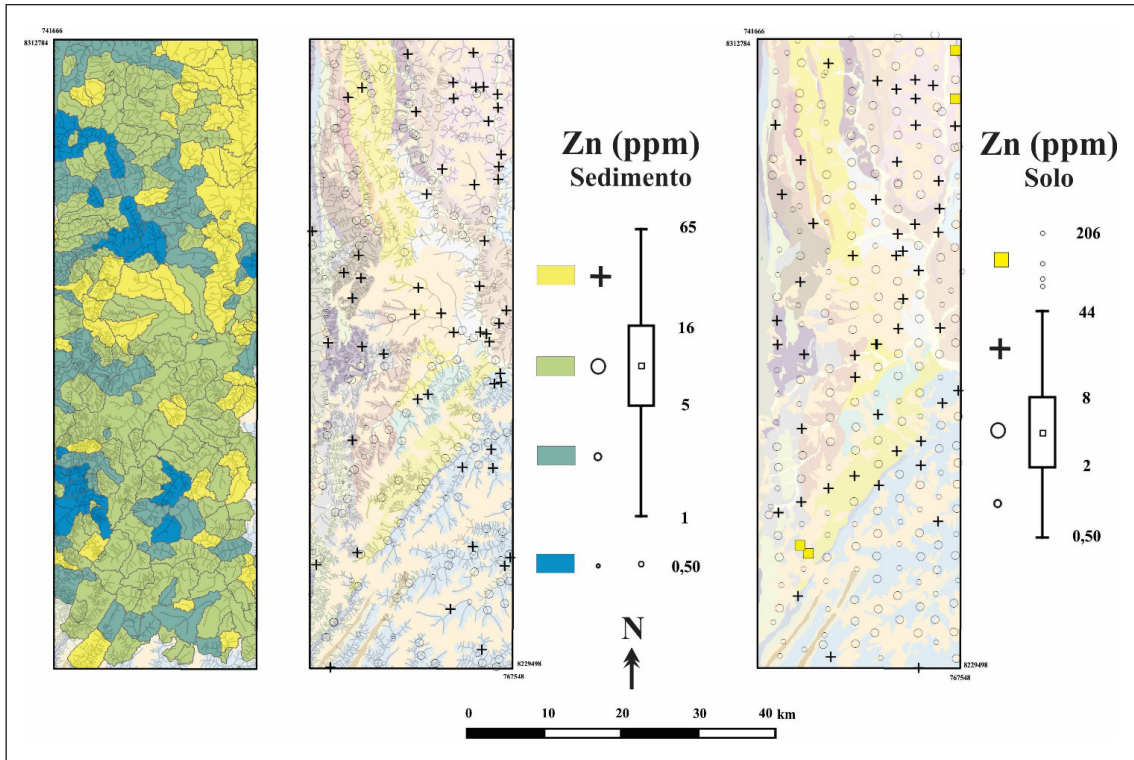


Figura 5.9 - Distribuição espacial do Zn em sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) e solo (mapa de pontos) ao longo da área de estudo.

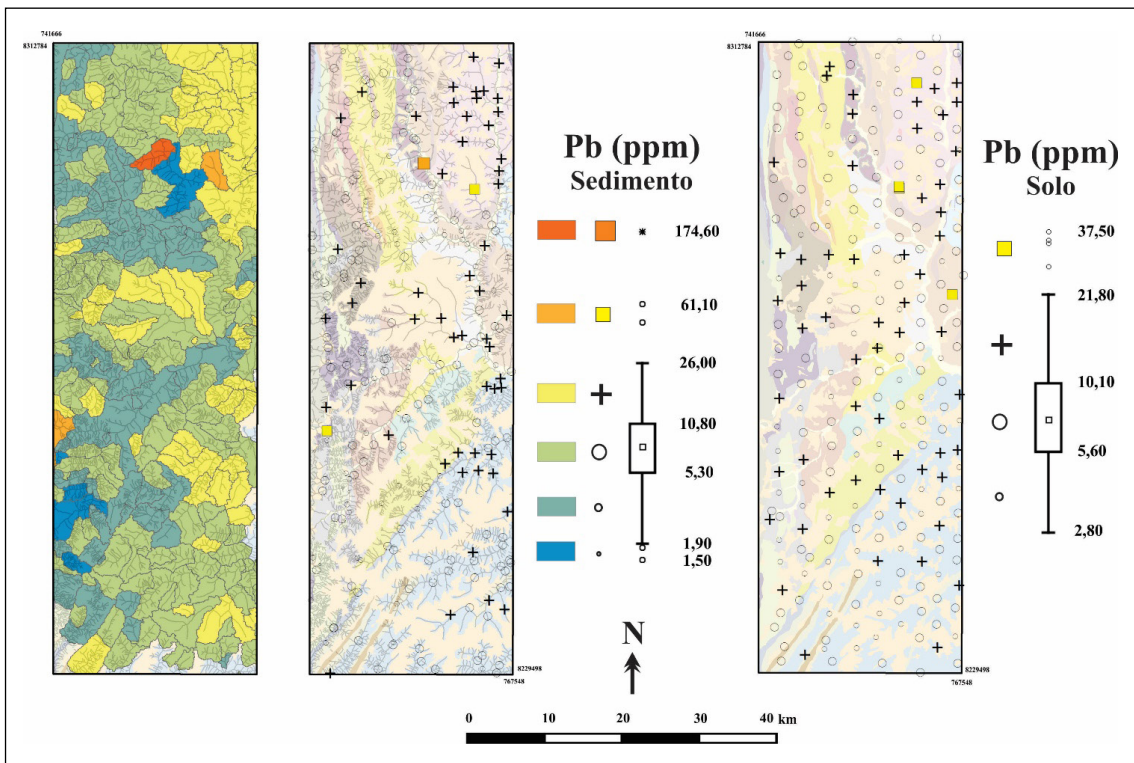


Figura 5.10 - Distribuição espacial do Pb em sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) e solo (mapa de pontos) ao longo da área de estudo.

5.3.1. Elementos Maiores (Sedimento de Corrente)

Os sedimentos de corrente apresentam faixas de *background* (aqui consideradas entre os quartis 25 e 75%, porém, representadas pelo valor mediano) de Al, Ca, Mg, K, Ti e Mn mais elevadas nas amostras do Embasamento em relação as amostras das unidades metassedimentares. Contudo, os maiores teores para alguns destes elementos se encontram nas unidades metassedimentares, tais quais Al (12.71%) no Grupo Macaúbas, Ca (0.2%) e Ti (0.21%) no Grupo Sítio Novo e Mn (4113 ppm) no Grupo Santo Onofre. A exceção ao comportamento apresentado pelos demais elementos maiores é o Fe, que possui sua faixa de *background* mais elevada nas formações do Grupo Macaúbas. Entretanto, a maior concentração para Fe não se encontra na área do Grupo Macaúbas onde ocorre a mineralização de Ferro (metadiamicrito hematítico), localizada na Formação Nova Aurora, e sim no Grupo Santo Onofre.

Ao comparar as concentrações medianas e mesmo as maiores concentrações de Ca, Mg, K e Ti nos sedimentos em cada unidade geológica com as concentrações médias da crosta superior *UCC* (Tabela 5.2) estes se apresentam empobrecidos. Tal comportamento dos valores medianos em relação ao *UCC* também é apresentado para Fe, Al e Mn, porém, ao se comparar com as maiores concentrações, nota-se que estes elementos possuem enriquecimento notável. Com relação ao Al, estes possuem altos teores em amostras próximas e dentro de bacias que englobam as coberturas lateríticas, as quais estão presentes em considerável parte da área de estudo (~30% da área). Para Fe, como antes mencionado, as concentrações mais significativas para sedimentos de corrente não se encontram no Grupo Macaúbas, tal fato pode ser justificado pela presença de cobertura lateríticas (enriquecimento supergênico) sobre todas as unidades da área.

5.3.2. Elementos Maiores (Solo)

Os elementos maiores Fe, Al e Mn em amostras de solos possuem faixas de *background* mais elevadas nos metassedimentos do Grupo Macaúbas, além de mostrar suas maiores concentrações nesta unidade, diferindo do comportamento do Ti, que apresenta a faixa de *background* mais elevada no Grupo Macaúbas, contudo, apresentando maiores concentrações em amostras do Embasamento. Ca possui maiores concentrações de *background* e maiores concentrações no Embasamento cristalino, enquanto que o K possui a maior faixa de *background* entre os Grupos Santo Onofre e Sítio Novo (valores das medianas equiparados), porém, com as maiores concentrações em amostras do Embasamento.

Mg está entre os elementos que possuem baixo grau de detecção do método, portanto, apresentando valores medianos iguais a todas as unidades geológicas (< 0,01 ppm). Entretanto, é possível notar que suas maiores concentrações se encontram em amostras provenientes do Embasamento Cristalino.

Al e Mn nas amostras de solos repetem o comportamento das concentrações de sedimentos de corrente comparadas a *UCC*, com as concentrações de *background* empobrecidas, porém, bastante enriquecidas em relação às maiores concentrações. Em contrapartida, o Fe apresenta tanto o valor de *background* como as maiores concentrações expressivamente enriquecidas, principalmente as amostras próximas aos metadiamicritos hematíticos. Ca, Mg, K e Ti também reproduzem o comportamento para sedimentos de corrente, onde estes se encontram empobrecidos até mesmo para as maiores concentrações. A distribuição das concentrações mais expressivas para Al difere dos sedimentos de corrente, contudo, mostra como principal fonte deste elemento as coberturas lateríticas, assim como indicado para as amostras de sedimentos. Fato interessante ocorre em duas amostras localizadas no Embasamento, onde estas possuem as maiores concentrações de Ca, Mg, K e Ti, que pode representar fácies do metagranitoide com baixo grau intempérico.

5.3.3. Elementos menores e traços (Sedimento de Corrente e Solo)

Os elementos com grandes raios iônicos (*Large-Ion Lithophile Elements - LILE*), Ba, Cs, Rb e Sr, apresentam suas maiores faixas de *background* e suas maiores concentrações nos domínios do Embasamento para as amostras de sedimentos de corrente. Estes mesmos elementos em amostras de solos possuem suas maiores faixas de *background* no Grupo Santo Onofre, contudo, apresentando suas maiores concentrações no Embasamento. A comparação das concentrações destes elementos com *UCC* refletem um empobrecimento por parte dos sedimentos de corrente, tanto para as faixas de *background* quanto para as suas maiores concentrações. Em amostras de solo, esses elementos seguem a tendência dos sedimentos, excetuando o valor máximo para Rb. Em amostras de solo, Ba, Cs, Rb e Sr apresentam suas concentrações máximas em duas amostras a extremo nordeste da área de estudo, no domínio do Embasamento, que também apresentam maiores concentrações de Ca, Mg, K e Ti. Esta informação corrobora que porções do Metagranitoide Córrego do Tingui possui baixa maturidade intempérica. Ao se comparar as concentrações de Ba, Cs, Rb e Sr nos sedimentos e nos solos, é observado que os sedimentos possuem maiores concentrações medianas e menores concentrações máximas. Isto pode se dever

ao fato destes elementos possuírem alta solubilidade em águas naturais, fazendo com que os sedimentos de corrente, que representam a área de uma bacia, podem ter contribuição de mais de uma unidade geológica, logo, tende a aumentar as concentrações de *background* e diminuir as concentrações máximas.

Os elementos com grandes valências iônicas (*High Field Strength Elements – HFSE*) Zr, Nb e Hf para sedimentos de corrente apresentam suas maiores faixas de *background* e suas maiores concentrações no Grupo Macaúbas; U apresenta sua maior faixa de *background* e maiores concentrações no Embasamento, entretanto, Th apresenta suas maiores concentrações no Grupo Macaúbas. Em amostras de solo, Zr, Nb, Hf e U apresentam comportamento semelhante às amostras de sedimento, enquanto que Th apresenta maior faixa de *background* no Grupo Macaúbas e sua maior concentração no Embasamento. Comparando-se tais elementos com o *UCC*, percebe-se que todos os elementos possuem concentrações medianas empobrecidas. Em contrapartida, U e Th apresentam suas maiores concentrações enriquecidas. As maiores faixas de *background* destes elementos se apresentando no Embasamento, tanto para sedimentos como para solos, é esperado para esta unidade, pois se trata de fonte primária. Contudo, as maiores concentrações se apresentando no Grupo Macaúbas.

Os elementos terras-raras leves (La e Ce) e Y apresentam suas maiores faixas de *background* para sedimentos provenientes do Embasamento, porém, mostrando suas maiores concentrações no Grupo Macaúbas. Para as amostras de solo, La e Ce apresentam suas maiores faixas de *background* no Grupo Santo Onofre. Entretanto, as maiores concentrações se apresentam no Embasamento para La e no Grupo Sítio Novo para Ce. O comportamento do Y se assemelha ao de sedimento de corrente, com maiores concentrações de *background* no Embasamento, assim como a maior concentração. Estes elementos comparados às concentrações *UCC* se mostram empobrecidos para faixa de *background*, enquanto as maiores concentrações se mostram enriquecidas tanto para as amostras de sedimento quanto para as de solo.

Os metais Ni, Cr e Zn apresentam suas maiores faixas de *background* nos domínios do Embasamento e também suas maiores concentrações para sedimentos de corrente. Pb também mostra concentrações de *background* mais elevadas no Embasamento, contudo, apresenta sua maior concentração no Grupo Sítio Novo. Cu apresenta sua maior faixa de *background* e maior concentração no Grupo Macaúbas, enquanto As mostra sua maior faixa de *background* e maior concentração no Grupo Santo Onofre. Em amostras de solo, Cr e Pb apresentam suas maiores faixas de *background* e maiores concentrações no Embasamento. Ni, Cu e Zn mostram as maiores faixas de *background* também no Embasamento, contudo, as

maiores concentrações para Ni e Zn se encontram nos Grupos Macaúbas e Santo Onofre, enquanto Cu mostra sua concentração máxima no Grupo Sítio Novo. Assim como para sedimento, As mostra suas maiores concentrações de *background* no Grupo Santo Onofre, porém, com maior concentração no Grupo Sítio Novo.

As comparações com as concentrações *UCC* mostram enriquecimento desde as faixas de *background* para Cr, Cu e As e nas concentrações máximas para Ni, Pb e Zn tanto em sedimentos de corrente quanto em solos. A distribuição destes elementos tanto em amostras de sedimentos quanto de solos sugere proveniência de fontes difusas, ou seja, contribuição tanto da geologia regional quanto de atividades antrópicas. Um exemplo de influência pela geologia é verificado nas maiores concentrações de *background* destes elementos no Embasamento cristalino, corroborando a baixa maturidade intempérica desta unidade. Contudo, a região estudada possui significativas e extensas plantações de eucaliptos e outras culturas e estão localizadas principalmente nas regiões de coberturas lateríticas. Tais atividades podem contribuir com o enriquecimento destes elementos nas matrizes amostradas, visto que estes elementos possuem grande mobilidade em ambiente secundário.

5.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA BIVARIADA

A Figura 5.11 mostra a matriz resumida com os melhores valores de correlação (em vermelho) entre os 50 elementos analisados para as amostras de sedimentos de corrente e solos e as Figuras 5.12 e 5.13 mostram em gráficos as correlações dos elementos com os maiores valores significativos de correlação para sedimento de corrente e solo, respectivamente, nas quatro unidades geológicas da área de estudo.

Observam-se correlações altamente significativas ($\geq 0,80$; $p < 0,05$) entre Al e os elementos Ga, Cr e V; Ba e Rb; entre os ETR Ce, La e Y; Cr e V; entre Ga e Cr e V; Cu e Ni; Ni e Zn; Sc e U; Sc e V em sedimentos de corrente. Para solos, as correlações mais significativas se deram entre Al, Ga e In; Ba e Rb; Ba e Sr; Ce e La; La e Y; Co e Ni; Cr e V; Ga e Hf. Altas correlações entre os elementos supracitados são coincidentes entre as matrizes analisadas, sugerindo, uma vez mais, que a dispersão predominante na área de estudo é clástica. Além disso, várias correlações entre elementos podem indicar processos geológicos (de ambientes supergênicos e hipogênicos) bem como influência de rochas e minerais.

Os elementos que apresentaram correlações pouco ou moderadamente significativas (entre 0,60 e 0,69; $p < 0,05$) foram excluídos da análise multivariada, como forma de melhor selecionar as variáveis para resultados mais satisfatórios da análise fatorial.



Figura 5.11 - Matrizes de correlação resumidas dos elementos analisados para sedimentos de corrente (A) e solos (B). Em vermelho as correlações consideradas significantes.

5.4.1. Análise estatística multivariada

As Tabelas 5.8 e 5.9 mostram a segregação dos elementos pela análise de principais fatores, mostrando fatores responsáveis pela variância do agrupamento dos elementos analisados nas amostras de sedimento de corrente e solo.

Para a determinação da quantidade de fatores que são relevantes para esta análise nas amostras, foi utilizada o teste *Scree*, onde este mostra um gráfico com os auto-valores (*eigenvalues* - valor representativo da variância) de cada fator gerado (Figura 5.14). A partir deste gráfico, foi utilizado o critério de Kaiser, onde este considera autovalores relevantes maiores que 1.

Os elementos disponíveis para esta análise são aqueles que possuem somente 5% das amostras abaixo do limite de detecção do método analítico, além da triagem de elementos ocorrida na análise de correlação, explicada no item anterior. O número de variáveis a ser utilizada nesta análise (dimensionalidade) foi definido pelo algoritmo $n > p^2$, uma variável tolerante do algoritmo proposto por Le Maitre (1982), onde n é o número de amostras e p o número de variáveis.

A utilização da transformação CLR permite que alguns fatores apresentem informações sobre duas associações geoquímicas, uma com coeficientes (*loadings*) positivos significativos com o fator ($> 0,5$) e outra com coeficientes negativos significativos com o fator ($< -0,5$). A simbologia utilizada para os mapas de *scores* de pontos e de bacias de proveniência para sedimento de corrente e de pontos para solo também foram baseados nos quartis de *box-plot*. Nestes mapas, a associação geoquímica será destacada em (+) quando esta representar coeficientes positivos significativos (nos mapas de pontos esta associação terá quadrados como símbolos e cores quentes no mapa de bacias) e (-) quando representar coeficientes negativos significativos (nos mapas de pontos, esta associação terá círculos como símbolos e cores frias no mapa de bacias). É válido ressaltar que um fator que apresente somente uma associação geoquímica, seja ela com coeficientes positivos ou negativos, terá apenas uma simbologia em mapa para melhor compreensão.

Os mapas de *scores* das associações geoquímicas para sedimento de corrente se apresentam nas Figuras 5.15 a 5.19, enquanto os mapas de *scores* para as associações geoquímicas de solo se encontram na Figura 5.20. As

amostras de sedimento de corrente apresentaram 5 fatores, responsáveis por 79,67% da variância do sistema. Para as amostras de solo, foram segregados 3 fatores,

responsáveis por 76,07% da variância do sistema. Foi considerado valor significativo de correlação dos elementos com o fator a partir de 0,50.

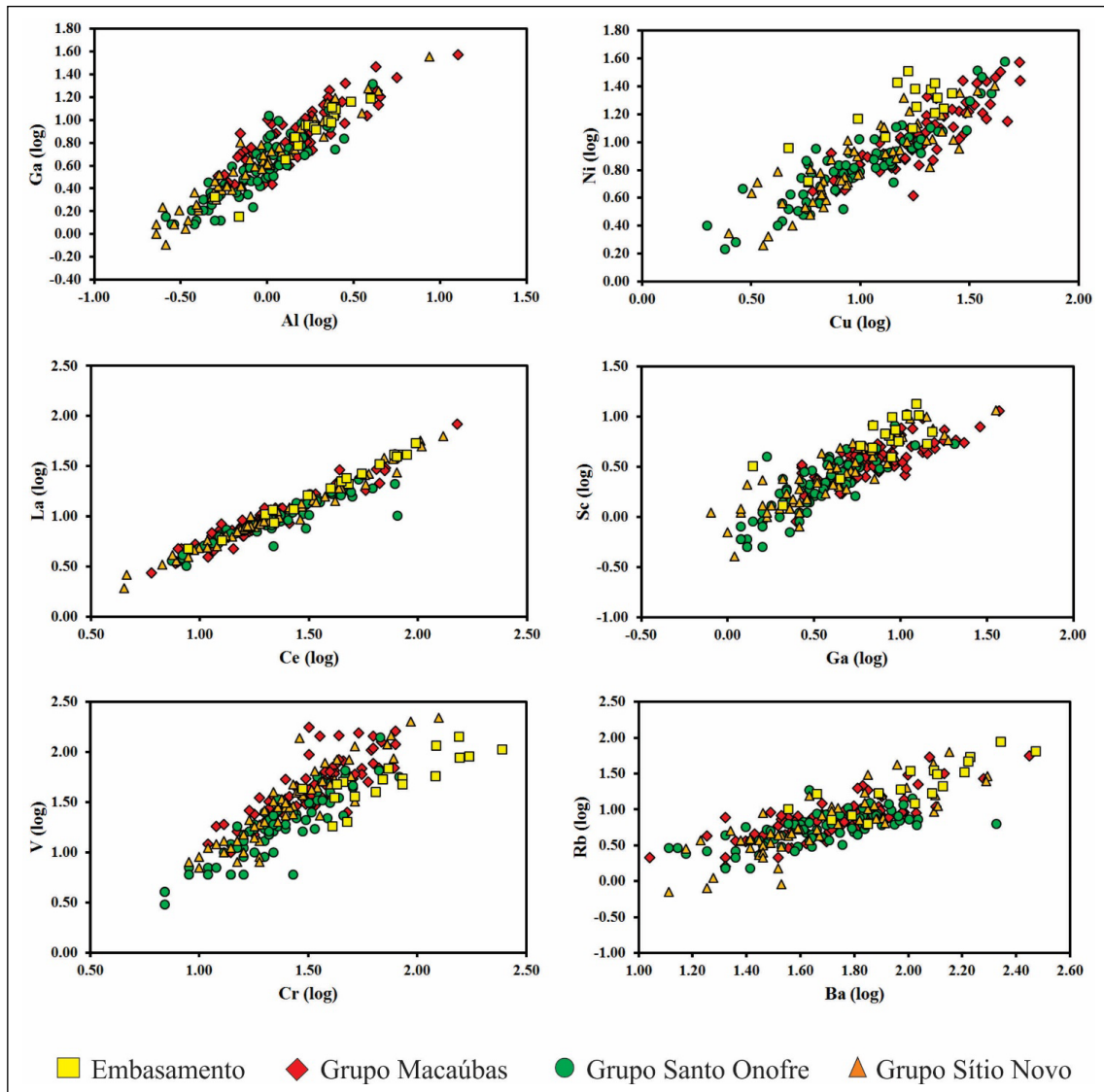


Figura 5.12 - Gráficos representando as melhores correlações entre elementos para as amostras de sedimento de corrente.

Tabela 5.5 - Segregação de fatores pela análise de principais fatores para amostras de sedimentos de corrente e solos. Os valores em vermelho mostram as melhores correlações das variáveis com o fator.

SEDIMENTO DE CORRENTE					
	F1	F2	F3	F4	F5
Al (%)	0.44	-0.60	0.23	-0.28	-0.27
Ce (ppm)	-0.94	0.10	-0.07	-0.10	-0.14
Co (ppm)	-0.27	0.75	-0.02	0.37	0.25
Cr (ppm)	0.72	-0.06	0.36	-0.02	-0.33
Cu (ppm)	0.03	0.01	0.26	-0.04	0.88
Fe (%)	0.28	-0.18	0.01	0.72	-0.12
K (%)	-0.18	0.03	-0.88	-0.06	-0.19

SOLOS			
	F1	F2	F3
Al (%)	-0.81	-0.44	-0.09
Ba (ppm)	0.86	0.25	-0.16
Ce (ppm)	0.74	-0.39	-0.20
Co (ppm)	0.26	0.59	0.64
Cr (ppm)	-0.90	-0.19	-0.14
Cu (ppm)	0.26	0.76	-0.20
Fe (%)	-0.77	-0.09	0.26

Tabela 5.5 - Segregação de fatores pela análise de principais fatores para amostras de sedimentos de corrente e solos. Os valores em vermelho mostram as melhores correlações das variáveis com o fator. (Continuação)

SEDIMENTO DE CORRENTE						SOLOS			
	F1	F2	F3	F4	F5		F1	F2	F3
La (ppm)	-0.91	0.09	-0.17	-0.20	-0.16	La (ppm)	0.84	-0.26	-0.08
Mn (ppm)	0.01	0.44	-0.22	0.71	-0.33	Mn (ppm)	-0.20	-0.03	0.91
Ni (ppm)	0.17	0.63	-0.03	-0.03	0.64	Ni (ppm)	0.01	0.83	0.18
P (ppm)	0.08	-0.81	0.06	0.31	0.17	Rb (ppm)	0.78	0.22	-0.34
Pb (ppm)	0.10	-0.09	0.08	-0.63	-0.34	Sc (ppm)	-0.84	-0.19	-0.16
Rb (ppm)	-0.25	0.14	-0.67	-0.57	0.12	Sn (ppm)	-0.69	-0.43	0.05
Sc (ppm)	0.13	-0.04	0.77	-0.36	0.16	Sr (ppm)	0.73	0.10	-0.09
V (ppm)	0.53	-0.30	0.53	-0.29	-0.03	V (ppm)	-0.86	-0.28	-0.07

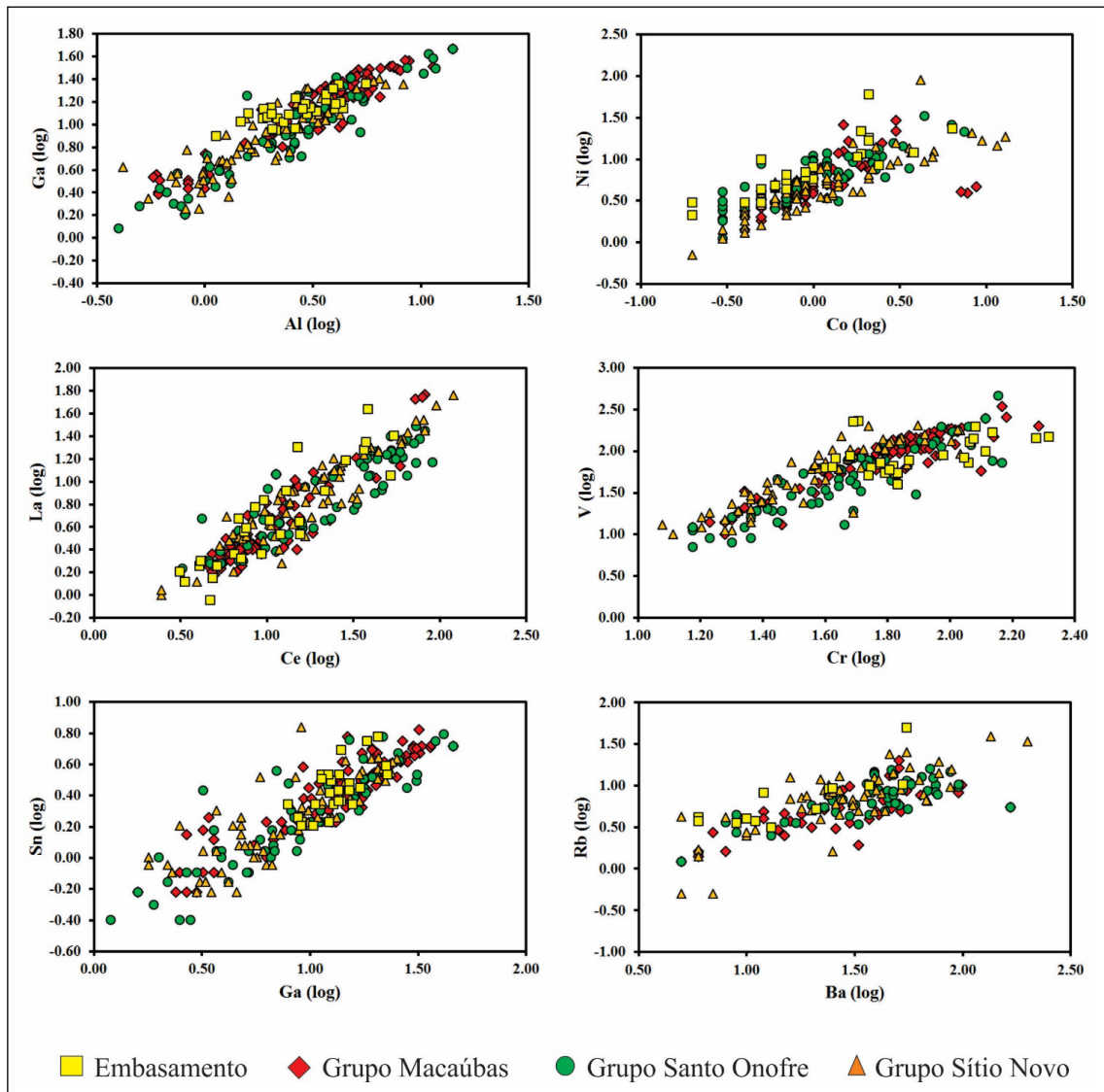


Figura 5.13 - Gráficos representando as melhores correlações entre elementos para as amostras de solos.

Tabela 5.6 - Autovalores e suas respectivas porcentagens de variância para cada fator segregado da análises de principais fatores em amostras de sedimentos de corrente e solos.

SEDIMENTOS DE CORRENTE			
FATORES	ASSOCIAÇÃO GEOQUÍMICA	AUTOVALORES	VARIÂNCIA (%)
1	Cr-V (+)/La-Ce(-)	4,66	31,06
2	Co-Ni (+)/Al-P (-)	2,59	17,29
3	Sc-V (+)/K-Rb (-)	2,28	15,19
4	Fe-Mn (+)/Pb-Rb (-)	1,30	8,65
5	Cu-Ni (+)	1,12	7,48
	Total	11,95	79,67
SOLOS			
FATORES	ASSOCIAÇÃO GEOQUÍMICA	AUTOVALORES	VARIÂNCIA (%)
1	Ba-La-Rb-Ce-Sr (+)/Cr-V-Sc-Al-Fe-Sn (-)	7,80	51,97
2	Ni-Cu-Co (+)	2,39	15,96
3	Mn-Co (+)	1,22	8,14
	Total	11,41	76,07

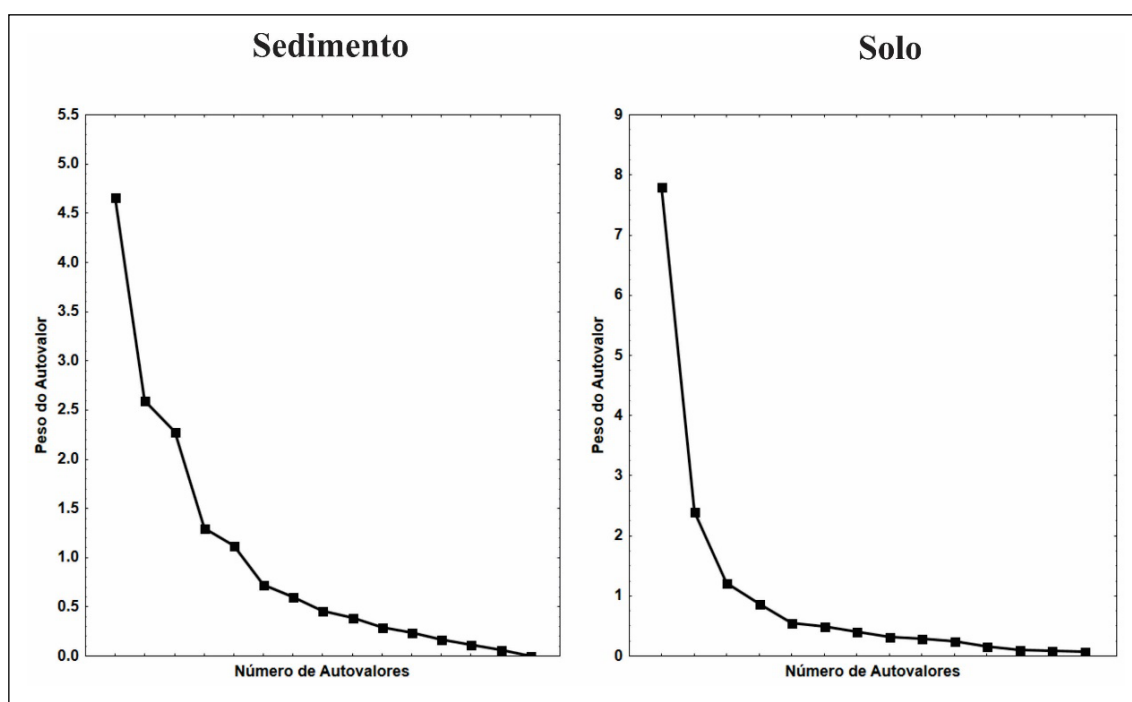


Figura 5.14 - Gráfico do tipo Scree para determinação da quantidade de fatores relevantes para a análise (critério de Kaiser) para as amostras de sedimentos de corrente e solos.

5.4.2. Fatores 1-5 (sedimentos de corrente)

O Fator 1 (Figura 5.15), responsável por 31.06% da variância do sistema, possui *loadings* positivos significativos de Cr e V, que predominam sobre as vastas coberturas lateríticas, principalmente a sul da área de estudo. Esta associação geoquímica representa exatamente uma peculiaridade química do processo de laterização, onde estes elementos são corriqueiramente adsorvidos ou co-precipitados nas fases de óxidos/hidróxidos de Fe

(Yariv & Cross, 1979). Além disso, esta associação também pode indicar a presença de magnetita. Os coeficientes significantes negativos deste fator se apresentam para La e Ce, representativos dos elementos terras-raras (ETR). Esta associação geoquímica predomina na parte norte da área de estudo, principalmente em zonas de cisalhamento e contatos entre os Grupos Santo Onofre e Sítio Novo. Esta associação pode representar a existência de percolação de fluidos nessas zonas de cisalhamento (Robb, 2005).

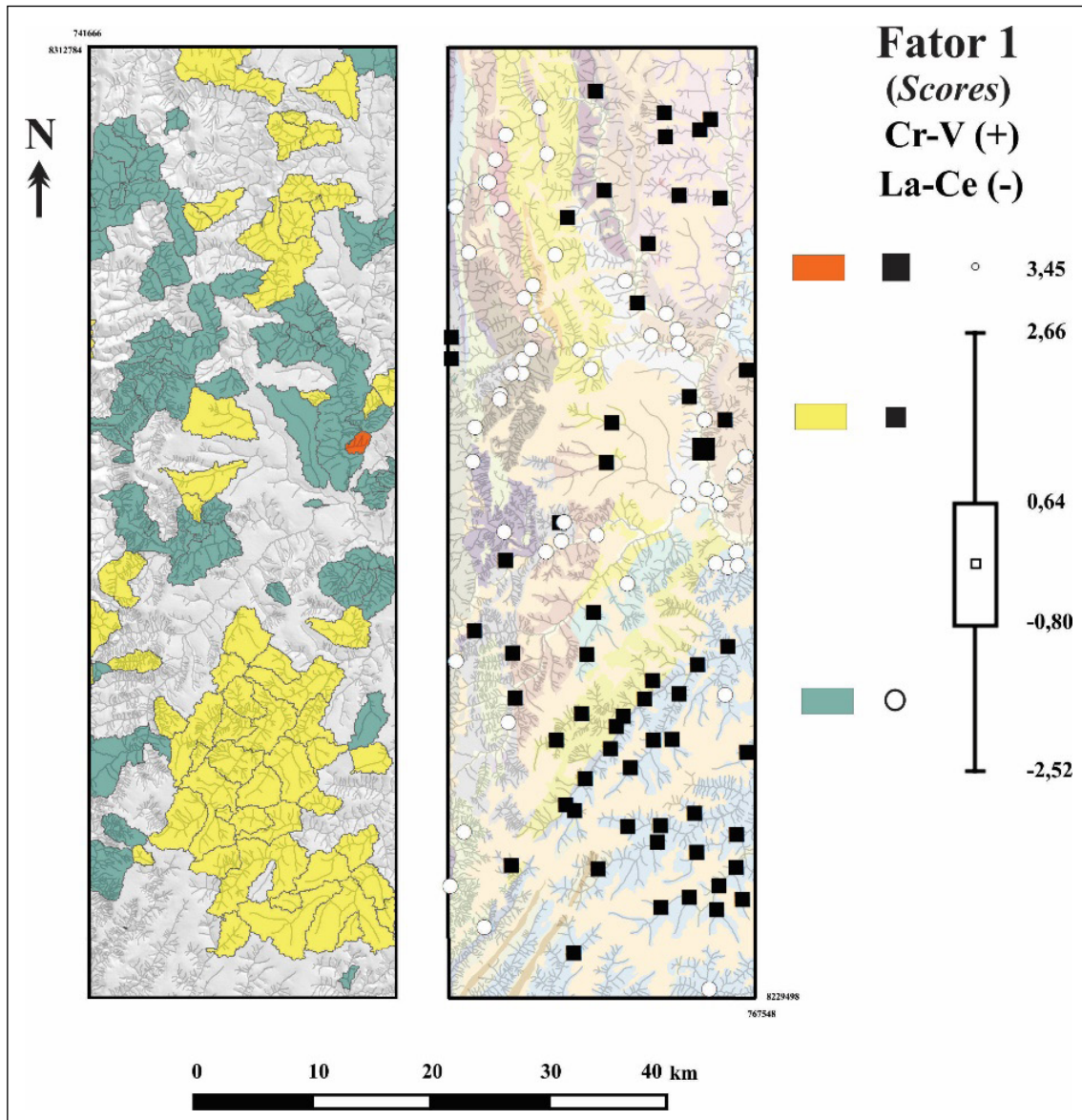


Figura 5.15 - Distribuição espacial do Fator 1 para sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.

O Fator 2 (Figura 5.16), que explica 17.29% da variância do sistema, apresenta coeficientes positivos significativos para Ni e Co, representando uma associação de elementos típicos de rochas máficas. Contudo, a área de estudo não possui ocorrências significantes de rochas máficas (apenas uma pequena ocorrência de rocha metabásica entre o Grupo Sítio Novo e o Embasamento). Esta associação possui ocorrência marcante na parte norte da área estudada, incidindo principalmente sobre o Embasamento, no contato entre os Grupos Macaúbas e Sítio Novo e entre os Grupos Sítio Novo e Santo Onofre. Tal qual a distribuição da associação de ETR, essa associação parece refletir a percolação de fluidos em zonas de cisalhamento na parte norte da área. Os coeficientes significantes negativos deste fator se apresentam para Al e P e, mais uma vez, há coincidência entre a ocorrência

desta associação geoquímica e a associação entre Cr e V, incidindo sobre as coberturas lateríticas, principalmente na parte sul da área de estudo. O alumínio pode representar um componente importante nas fases minerais presentes nestas coberturas (provavelmente argilominerais e óxidos/hidróxidos de Al, tais como gibbsita), indicando que esta unidade possui um grau de maturidade intempérica não tão elevado (Yariv & Cross, 1979). Quanto ao P, este pode ser indicado como representante das atividades antrópicas na região, pois as coberturas detrito lateríticas na área de estudo possuem as extensas plantações de eucaliptos e algumas de milho, café e cana-de-açúcar. Logo, o P desta associação este pode estar vinculado aos insumos agrícolas, além sugerir a adsorção do P, provavelmente sob a forma de fosfato, pelos argilominerais.

O Fator 3 (15,19% da variância do sistema - Figura 5.17) apresenta coeficientes positivos significativos para Sc e V, sugerindo, assim como para a associação Cr e V (Fator 1), a presença destes elementos nas coberturas lateríticas, sendo estes adsorvidos ou co-precipitados com óxidos/hidróxidos de Fe. Esta associação incide sobre as coberturas nos Grupos Macaúbas e Sítio Novo, além de possuir altos *scores* nos contatos entre os Grupos Macaúbas e Sítio Novo, entre Grupos Santo Onofre e Sítio Novo (porção NW da área), e entre o Grupo Santo Onofre e o Embasamento. A associação K-Rb, elementos que dominam os coeficientes negativos significativos deste fator. A ocorrência desta associação se dá principalmente em parte do Grupo Macaúbas, a parte sul do Grupo Santo Onofre e a porção leste do Embasamento.

O Fator 4 (Figura 5.18), que corresponde a 8,65% da variância do sistema, apresenta coeficientes positivos significativos para Fe e Mn, onde seus maiores *scores* se apresentam nas porções sul e norte do Grupo Santo Onofre, em parte do Grupo Macaúbas, e em parte do contato entre o Grupo Sítio Novo e o Embasamento. A distribuição desta associação sugere processos supergênicos com a formação de óxidos/hidróxidos de Fe e Mn nas bacias. Pode-se, ainda, conjecturar o vínculo desta associação com atividade hidrotermal, com percolação hidrotermal em rochas enriquecidas com Fe (a exemplo de depósitos a SW da área de estudo), se vinculando ao manganês e se colocando em zonas de cisalhamento, como no caso de falhas E-W a sul do Grupo Santo Onofre e o *trend* NE-SW no Grupo Macaúbas, semelhante

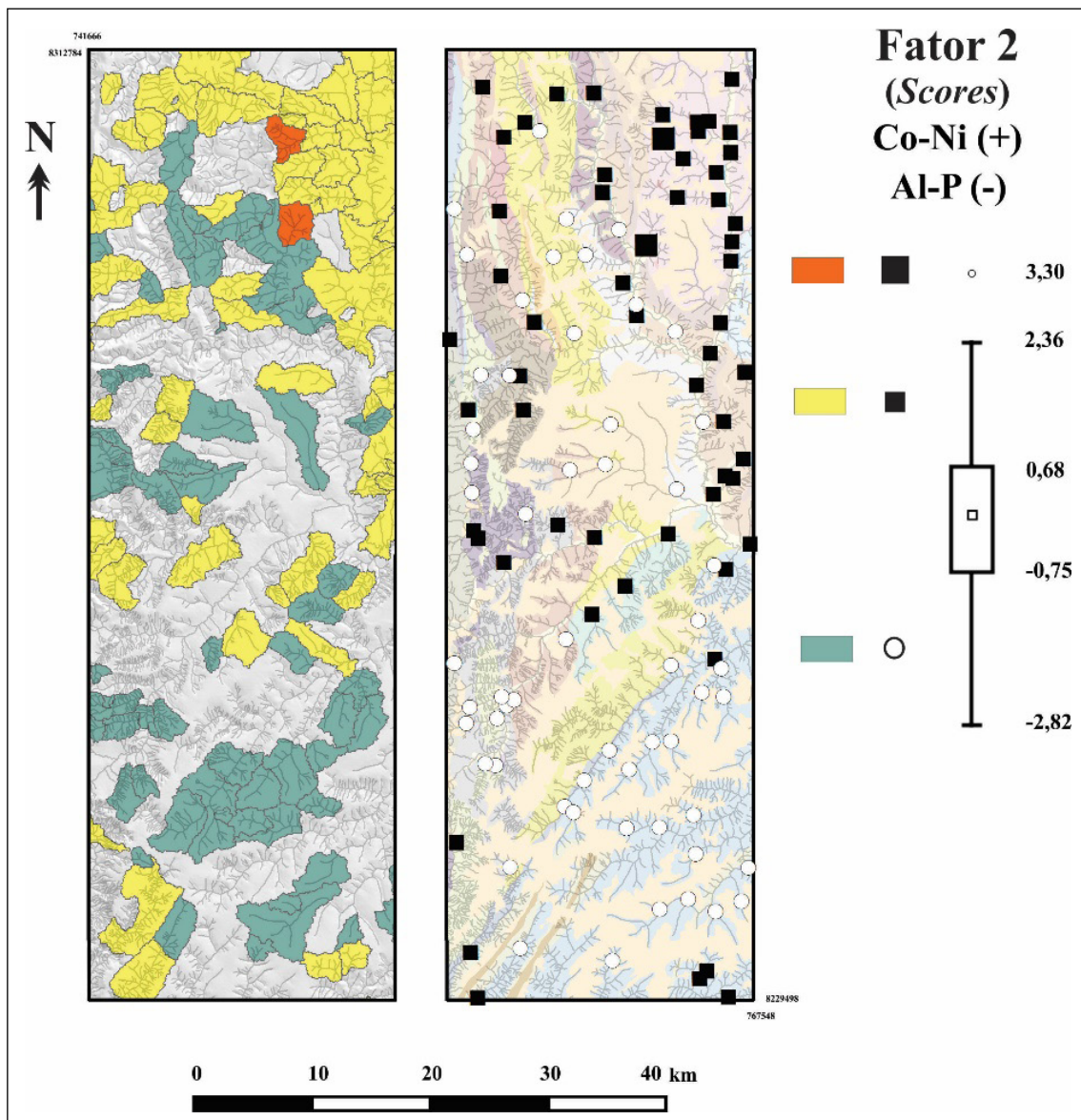


Figura 5.16 - Distribuição espacial do Fator 2 para sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.

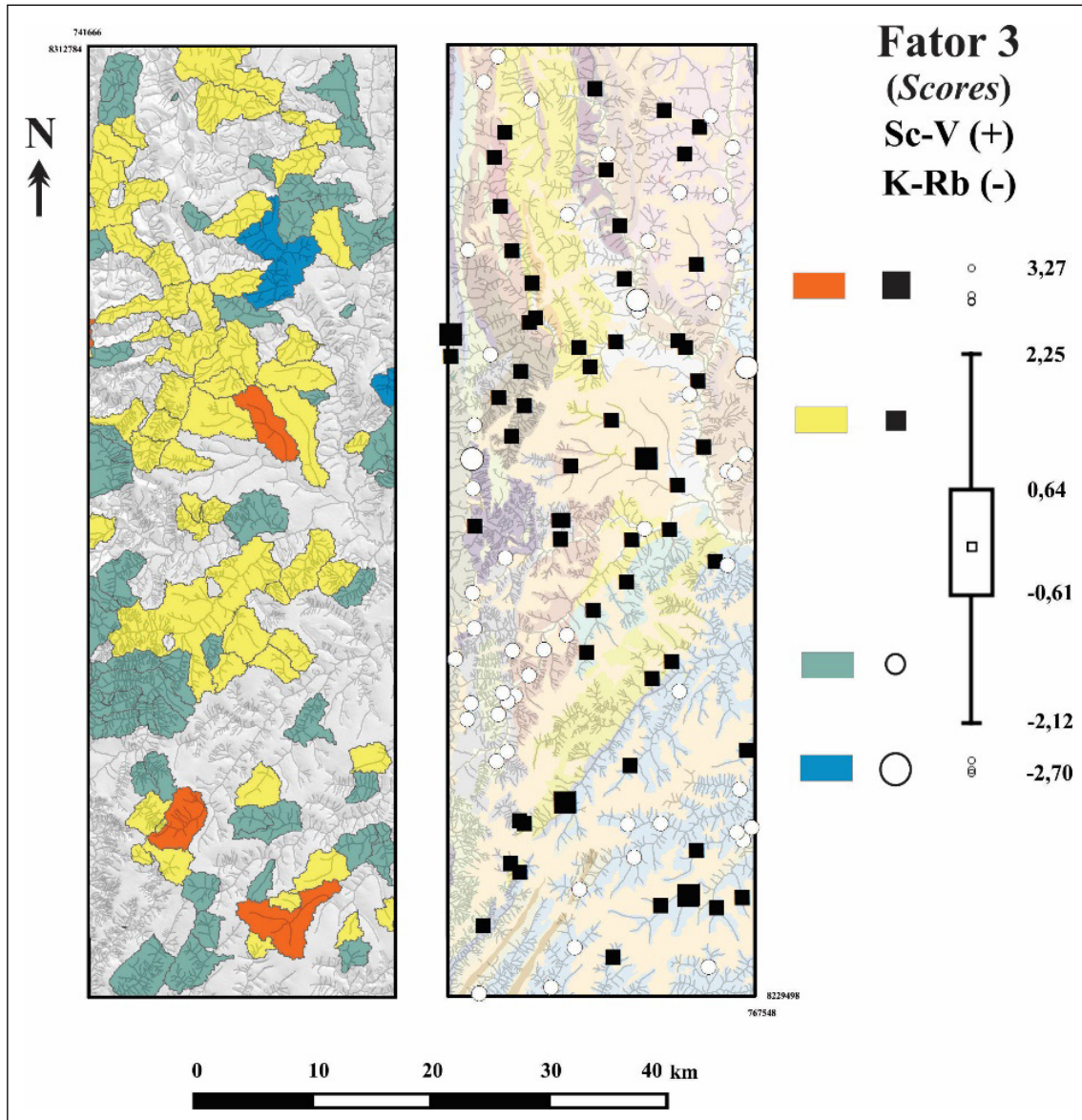


Figura 5.17 - Distribuição espacial do Fator 3 para sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.

à disposição dos *scores* da associação K-Rb do Fator 2. Com coeficientes negativos significativos, os elementos Pb e Rb predominam nas coberturas lateríticas, principalmente nos domínios do Embasamento. O Rb é um dos metais que podem ser adsorvidos e co-precipitados por argilominerais e óxidos/hidróxidos de Fe nas coberturas. Já o Pb pode estar vinculado a processos antrópicos na região de estudo, tais como defensivos agrícolas, utilizados justamente nas culturas supracitadas localizadas nas coberturas detrito-lateríticas.

O Fator 5 (7,48% da variância do sistema - Figura 5.19), apresenta coeficientes positivos significantes para Cu e Ni que, a exemplo do Fator 2, normalmente sugerem ocorrências de rochas básicas a ultrabásicas. A distribuição desta associação se dá principalmente no Grupo Macaúbas, destacando os altos *scores* com *trend* NE-SW, também observado para a associação K-Rb (Fator 3).

5.4.3. Fatores 1-3 (solo)

Para as amostras de solo, o Fator 1 (Figura 5.20A), que representa 51,97% da variância do sistema, mostra coeficientes positivos significantes para Ba, La, Rb, Ce e Sr, compondo os ETR e elementos com grandes raios iônicos. Os *scores* desta associação plotados ao mapa não mostra estruturação regional significativa, ou seja, possui distribuição bastante aleatória. Contudo, esta apresenta no Grupo Sítio Novo uma sequência de amostras com disposição N-S marcante. Esta associação sugere a influência de minerais tais como k-feldspato e micas. Além disso, pode-se aventar grau de maturidade dos solos incipiente para estas amostras, com pouca lixiviação destes elementos. Os elementos Cr, V, Sc, Al, Fe e Sn apresentam coeficientes negativos significantes neste fator e, assim como a associação geoquímica supracitada,

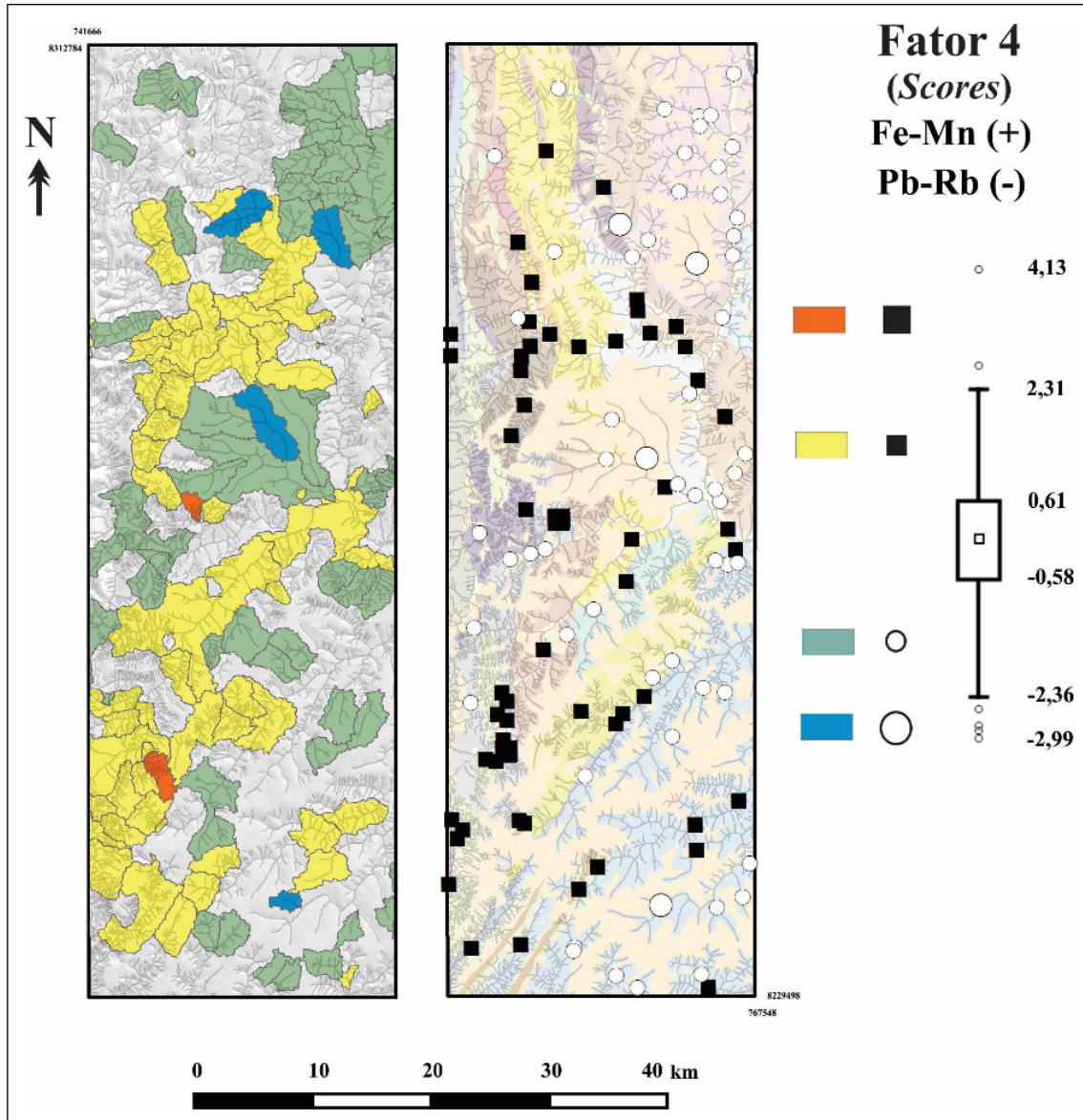


Figura 5.18 - Distribuição espacial do Fator 4 para sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.

possui distribuição aleatória ao longo da área estudada. Entretanto, existe uma disposição NW-SE bem marcada no Grupo Macaúbas. Esta associação geoquímica indica influência de argilominerais e óxidos/hidróxidos de ferro na adsorção e co-precipitação dos demais metais, além de sugerir a presença de minerais pesados, tais como magnetita e ilmenita.

O Fator 2 (Figura 5.20B), responsável por 15,96% da variância do sistema, apresenta coeficientes positivos significativos para Ni, Cu e Co, onde os scores possuem distribuição aleatória, com maiores scores presentes no Embasamento, enquanto que a unidade geológica com maior número de amostras com scores significativos para esta associação é o Grupo Santo Onofre. Esta associação geoquímica sugere influência de rochas básicas/ultrabásicas, que possui somente um pequeno corpo básico entre os contatos do Grupo Sítio Novo e o Embasamento. Logo, a interpretação para

esta associação seria a possível presença de sulfetos em zonas de cisalhamento, geradas pela percolação de fluidos. Como supracitado, o Grupo Santo Onofre possui o maior número de scores significativos para esta associação, o que pode sugerir contribuição de rochas (coluviões) do Supergrupo Espinhaço com estes elementos.

O Fator 3 (8,14% da variância do sistema - Figura 5.20C) possui coeficientes positivos significativos para Mn e Co, associação geoquímica que, ao contrário dos demais fatores, mostram uma estruturação nas unidades geológicas da área de estudo, como, por exemplo, scores significativos no contato dos Grupos Macaúbas e Santo Onofre, no contato ao norte entre os Grupos Santo Onofre e Sítio Novo, além da zona de cisalhamento com disposição N-S a leste do Embasamento. Tal característica sugere que esta associação represente de percolação de fluidos em zonas de cisalhamento.

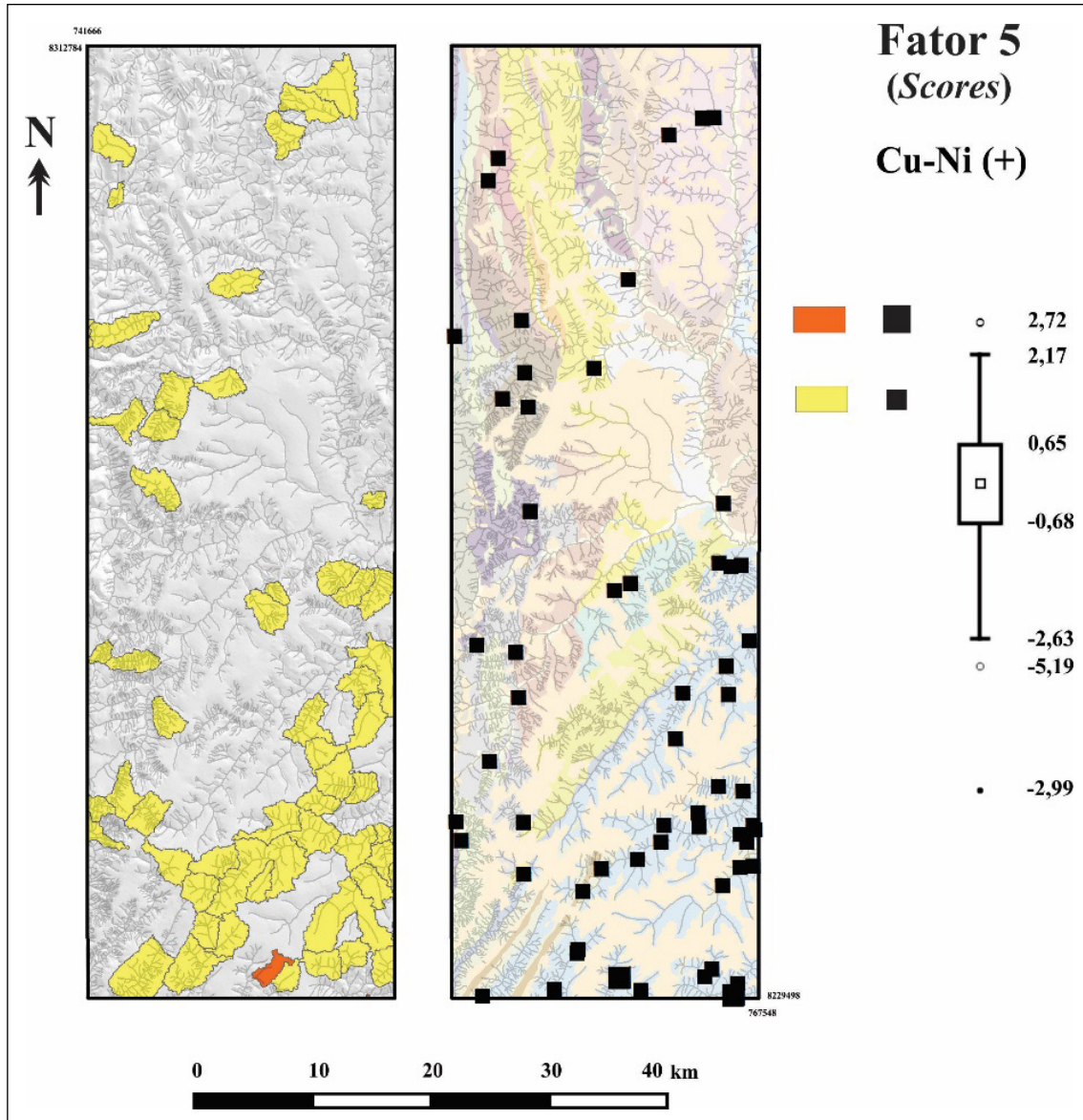


Figura 5.19 - Distribuição espacial do Fator 5 para sedimentos de corrente (mapa de bacias e pontos) ao longo da área de estudo.

5.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento geoquímico prospectivo por sedimentos de corrente e solos realizado para a região do Projeto Rio Pardo de Minas forneceu diversas informações importantes. A análise estatística de determinados elementos e das possíveis associações geoquímicas são cruciais também para a gestão das atividades agropecuárias da região, bem como para saúde e meio ambiente.

A análise de principais fatores tem sido aplicada a exploração dos dados analíticos para a compreensão de processos fundamentais que controlam a variabilidade geoquímica dos elementos, seguindo transformações e procedimentos estatísticos adequados aplicados aos dados. É possível verificar que a maioria dos processos

e variações geoquímicas dos elementos são controlados pela geologia regional, tais como processos supergênicos (influência de óxidos/hidróxidos de Fe e argilominerais no acúmulo de metais) e processos primários (influência de percolação de fluidos em estruturas regionais), enquanto que atividades antrópicas, principalmente agricultura, são responsáveis por algumas associações, tal qual a influência de P em áreas de plantio.

Apesar de não mostrar fortes indicações para ocorrências de recursos minerais da região, este mapeamento geoquímico poderá ser útil em estudos futuros relacionados à compreensão de processos geológicos e distribuição geoquímica dos elementos, dando subsídios para a agricultura, meio-ambiente e saúde na região e em terrenos geologicamente similares.

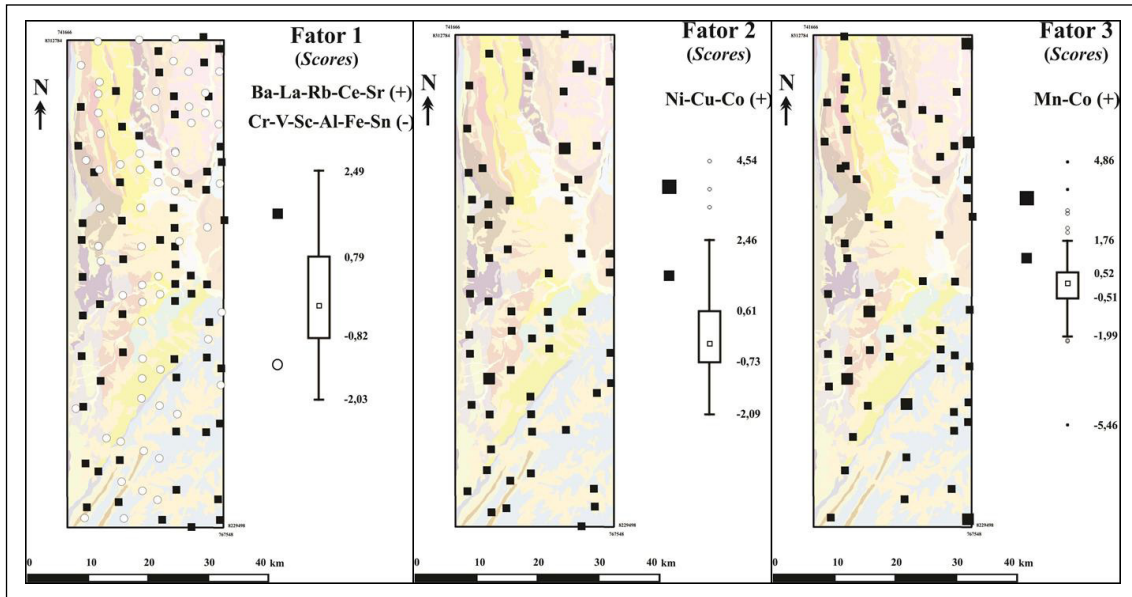


Figura 5.20 - A) Distribuição espacial do Fator 1 para solos (mapa de pontos) ao longo da área de estudo. B) Distribuição espacial do Fator 2 para solos (mapa de pontos) ao longo da área de estudo. C) Distribuição espacial do Fator 3 para solos (mapa de pontos) ao longo da área de estudo.

6. RECURSOS MINERAIS

6.1. INTRODUÇÃO

O banco de dados de recursos minerais foi construído através do cadastro de ocorrências e depósitos minerais encontrados durante os trabalhos de campo e pelo recadastramento de dados compilados de diferentes projetos do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) entre outros. A compilação de dados forneceu diversos registros de depósitos e ocorrências minerais, os quais foram verificados em trabalhos de campo e recadastrados. Os cadastros inéditos foram adicionados e atualizados ao banco de dados de recursos minerais de cada folha.

O trabalho resultou em 143 bens minerais cadastrados, dos quais 56 na folha Nova Aurora, 21 na folha Rio Pardo de Minas e 66 na folha Santo Antônio do Retiro. As informações básicas de cada ponto estão disponíveis na versão SIG (Sistema de Informação Geográfica) através do GeoSGB, acessado pelo sítio eletrônico <http://geosgb.cprm.gov.br/>.

6.2. MATERIAIS DE USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

6.2.1 Argila

Os depósitos de argila são formados por sedimentos associados a cobertura aluvionar (Q2a) e a produtos de alteração da matriz dos metadiamicritos da Formação Nova Aurora (NP12nad). Os principais locais de ocorrência são várzeas e terraços aluviais e a composição da argila varia de acordo com as rochas do substrato (Fig. 6.1 A e B).

As extrações de argila no âmbito da área do projeto ocorrem próximas às áreas urbanas e associadas à indústria de cerâmica de tijolos (Fig. 6.1 C). Os empreendimentos são todos de pequeno porte e a produção é artesanal (Fig. 6.1 D), quase restrita a fabricação de tijolos maciços, onde normalmente a atividade exploratória é intermitente e restrita aos meses de estiagem.

Os depósitos de argila estão associados a dois garimpos (Fig. 6.1), sendo os depósitos mais expressivos



Figura 6.1 - A) Secagem de tijolo após confecção manual, ponto SQ-320. B) Argila sendo moldada em formas manualmente e posteriormente secagem ao sol, ponto SQ-320. C) Empilhamento dos tijolos de argila, ponto SQ-331. D) Empilhamento e queima dos tijolos, ponto SQ-331.

resultantes de sedimentação nas planícies aluviais dos afluentes do rio Pardo, um localizado próximo ao córrego do Sobrado e o outro no córrego Japure, situados a sul do município de Rio Pardo de Minas. Esses depósitos abastecem a produção de tijolos da população local, e a exploração desses depósitos ocorre de forma rudimentar e manual. Estas extrações irregulares acarretam forte impacto ambiental por não possuírem o emprego de técnicas de manejo sustentável e extração racional, porém se fazem necessárias por serem muitas vezes a única forma de sustento das famílias locais.

6.2.2 Areia e Cascalho

Os principais depósitos e ocorrências destes materiais, de emprego imediato na construção civil, estão localizados nas coberturas aluvionares (Q2a) (Fig. 6.2 A e B) do rio do Cedro, rio Pardo de Minas e nos meta-arenitos alterados da Formação Viramundo (NP2nv). As coberturas aluvionares são expressivas na folha Santo Antônio do Retiro, no âmbito dos rios Pardo, Traçadão, Cedro e seus afluentes, e na folha Rio Pardo estão associadas ao Rio Preto, Água Boa e ribeirão São Gonçalo. Esses depósitos abastecem a demanda da população local, e a exploração ocorre de forma rudimentar e manual.

As ocorrências de cascalho estão localizadas em depósitos eluvio-coluvionares caracterizados por fragmentos de quartzo de veio (Fig. 6.2 C). As suas extrações estão situadas principalmente nas imediações das cidades de Rio Pardo de Minas e Santo Antônio do Retiro e é efetuada mediante técnicas simples e rudimentares, sem orientação sobre o impacto ambiental.

6.2.3 Pedras para pavimentação (pedras de talher, meio fio e calçada)

A exploração e o beneficiamento desses bens são feitos em pequenos empreendimentos. É comum à existência de marteleiros que realizam pequenas lavras para atender demandas locais. Os principais produtos confeccionados são pedras para calçada (“pedras de talhe”), pedras de meio-fio e “chapas” (pedras de calçamento). Os blocos são retirados com talhadeiras e marretas e moldados manualmente para obter as dimensões

desejadas. As lavras artesanais são efetuadas a céu aberto em lajedos e áreas com pouca cobertura de solo. As matérias-primas são predominantemente quartzitos de granulação fina a média associadas ao Supergrupo Espinhaço Indiviso (PP4NP1e).

Os quartzitos representam bom potencial econômico na Folha Rio Pardo de Minas, podendo ser utilizados como pedras para pavimentação (meio fio e calçada) até como rochas para revestimento na construção civil. Foram cadastradas 7 ocorrências e 2 garimpos paralisados. Os dois garimpos paralisados encontram-se hoje em uma área de preservação ambiental conhecida Parque Serra Nova (Fig. 6.3 A, B e C), as demais ocorrências possui uma maior viabilidade por não fazer parte de nenhuma área de preservação. Os quartzitos em questão são referentes principalmente ao Supergrupo Espinhaço indiviso (PP4NP1e), setor extremo leste da folha Rio Pardo de Minas.

6.2.4 Brita

O potencial para a produção de brita na área do projeto é significativo no âmbito do setor aflorante referente ao metagranitóide Córrego do Tingui. Poucas empresas exploram esse agregado dentro dos limites do projeto, e de acordo com demandas do setor de construção civil local os fornecedores são em sua maioria de outros municípios a leste e a sul da área do projeto.

A principal extração de brita para a região é feita pela empresa EXTRATAÇÃO PATATIVA, localizada na rodovia LMG 404, km 12, Fazenda Matrona Varjota, localizada entre Taiobeiras e Salinas. A rocha explorada é um metadiamicrito da Formação Salinas. Entretanto a abertura de novas minas é um empreendimento que necessita estudo de mercado bem elaborado para avaliar a viabilidade de exploração do agregado próximo a outros centros urbanos, como Santo Antônio do Retiro e Rio Pardo de Minas, além de vilarejos relacionados.

Vários tipos de rochas podem ser explorados como brita na Folha Santo Antônio do Retiro. Neste contexto foram cadastradas cinco ocorrências, todas elas incluídas em rochas do embasamento, relacionadas ao Metagranitóide Córrego Tingui (PP2ygt), que ocorre restrito a porção oriental da folha Santo Antônio do



Figura 6.2 - A) Areal com exploração inativa, ponto PP- 228; B) Garimpo em atividade de areia, ponto SQ-166; C) Cobertura eluvio coluvionar com fragmentos de quartzo de veio em cascalhal; PP-229.

Retiro sob a forma de grandes lajedos de metatonalitos e leucogranitóides (Fig. 6.4 A, B, C).

6.2.5. Laterita

As coberturas detrito lateríticas associadas à alteração dos metadiamicctitos ferruginosos Nova Aurora (NP12narppf) ocupam platôs aplainados de grande extensão, e são caracterizados com extensões de até 50 m por 250 m. Apresentam coloração vermelho a amarelado, com uma macroestrutura aparentemente homogênea, maciça e isotrópica (Fig. 6.5 A e B). Sua constituição mineralógica é caracterizada pela presença de quartzo e

de outros minerais resistentes mecânica e quimicamente, e de argilo minerais, geralmente a caulinita, óxido e hidróxido de ferro e alumínio.

Na região do vilarejo de Nova Aurora a laterita apresenta-se como um solo concrecionado, rico em óxidos hidratados de ferro, de maneira geral, com coloração vermelha, amarela, marrom ou alaranjada. Devido à escassez de jazidas de brita de rocha granítica no setor, e pelo alto custo de transporte, esse material laterítico tem sido usado largamente como assoalho das viciniais e estradas secundárias na região do vilarejo de Nova Aurora e dos municípios de Rio Pardo e Santo Antônio do Retiro.



Figura 6.3 - A) Quartzito branco, em garimpo abandonado de extração, hoje local de preservação ambiental, ponto SQ-235; B) Placas de quartzito, a norte da cidade de Rio Pardo de Minas, fora da área de preservação, ponto SQ-193 e C) Exposição de quartzito ao longo do córrego da Velha, antigo local de extração, SQ-135.



Figura 6.4 - A) Exposição em grande lajedado de tonalito biotítico referente ao Metagranitóide Córrego Tingui, ponto PP-140; B) Tonalito creme acastanhado com tonalidades acinzentadas e caráter melanocrático, biotítico (25%); TC-176; C) Afloramento em lajedado do tonalito biotítico do Metagranitóide Córrego Tingui, ponto TC-176.

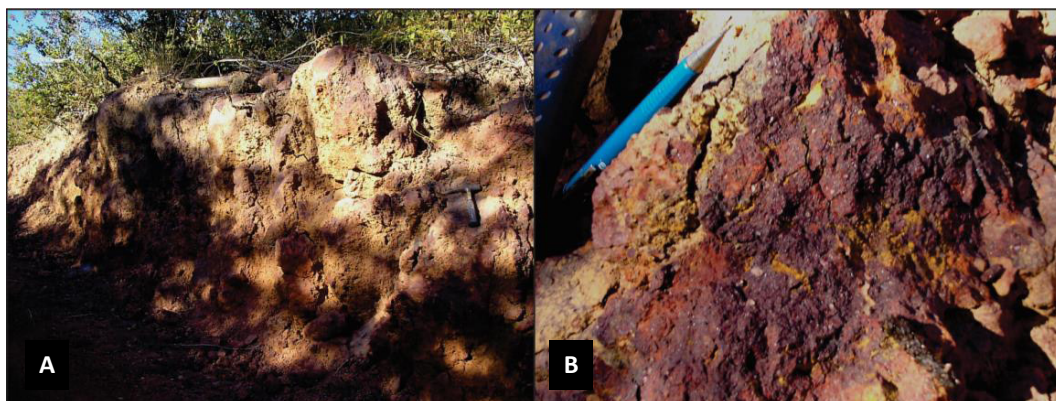


Figura 6.5 - A) Local de extração de capa laterítica ferruginosa para uso na pavimentação de ramais e viciniais, ponto SQ-133 e B) Detalhe da laterita ferruginosa arenosa avermelhada, ponto SQ-133.

6.3. ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

6.3.1. Caulim

O caulim pode ser utilizado na indústria de cerâmica branca e na indústria de papel, tendo, no entanto, outras aplicações, tais como nas indústrias de tintas, de inseticidas e de artefatos de borracha. No contexto da área do projeto as ocorrências de caulim estão situadas na porção oriental da folha Santo Antônio do Retiro, associadas aos leucogranitóides do Metagranitóide Córrego Tingui (PP2ygtl). Essa fácies é composta por leucogranitóides quartzo-feldspáticos pegmatóides à 2 micas ricos em feldspatos. Foram cadastradas 6 ocorrências,

que apresentam no máximo 10 m de largura situadas nas proximidades do riacho Seco, do córrego Poções e do córrego Areão, setor leste do município de Santo Antônio do Retiro (Fig. 6.6).

6.3.2. Filito Carbonoso

As ocorrências de filitos carbonosos cadastradas estão relacionadas ao membro Canatiba, Formação Serra da Garapa do Grupo Santo Onofre. São caracterizados em cortes de estrada, assoalho de ramais e quando alterados geram solo cinza a cinza escuro (Fig. 6.7). Foram cadastradas três ocorrências na folha Nova Aurora, sete na folha Rio Pardo de Minas e quatorze

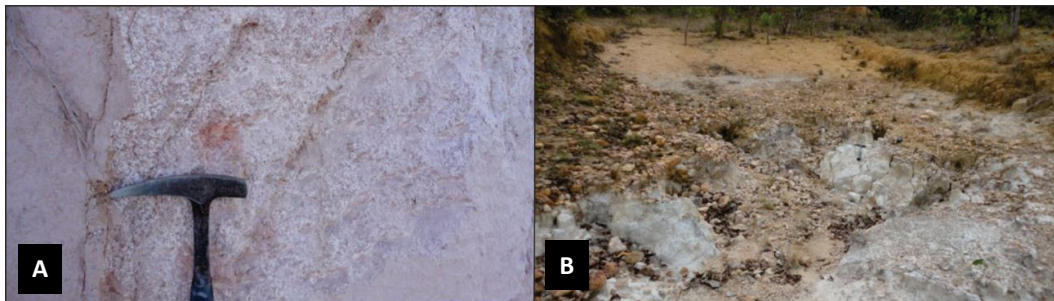


Figura 6.6 - A) Sapolito de leucogranitoide a 2 micas, ponto PP-001 e B) Exposição de argila caulinitica, ponto PP-126.

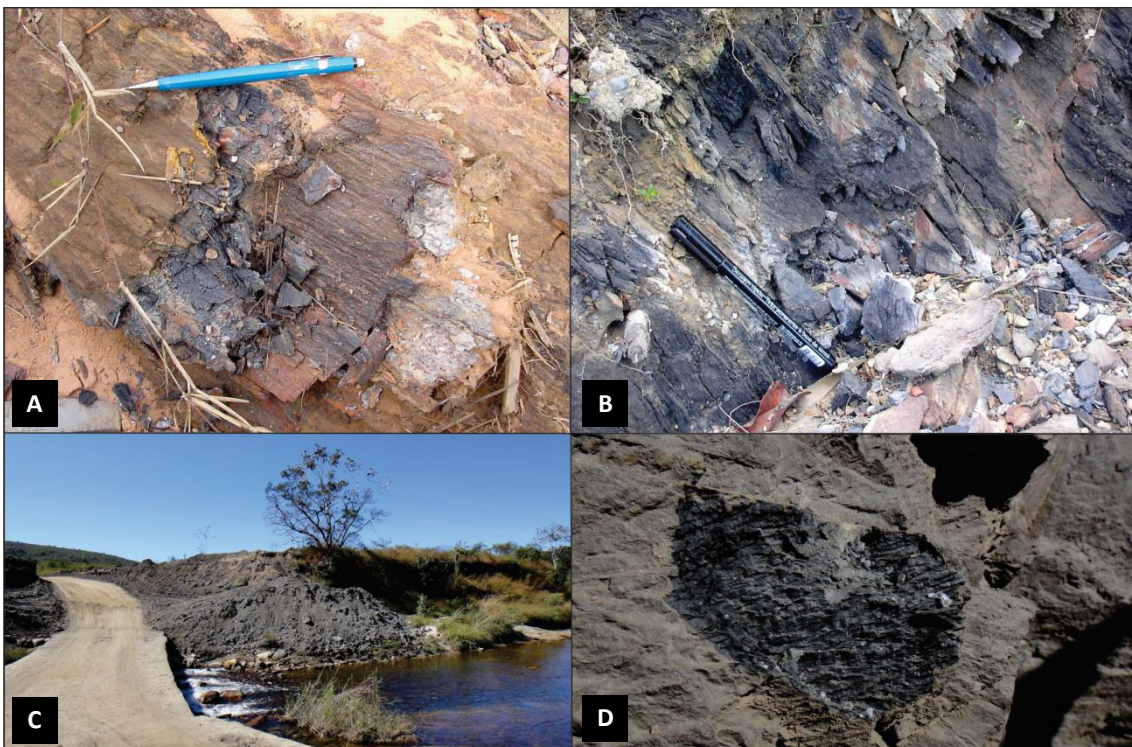


Figura 6.7 - A) Filito carbonoso com teor de 3,23% de carbono elementar, ponto SQ-091; B) Exposição de filito carbonoso em corte de estrada, ponto SQ-094; C) Solo preto originado do filito carbonoso e utilizado em assoalho de ramal, ponto SQ-114 (X,Y) e D) Detalhe do filito carbonoso exposto em corte de estrada muito alterado, ponto SQ-114.

ocorrências na folha Santo Antônio do Retiro. As principais ocorrências estão situadas nas proximidades da Fazenda Bonito Velho, da comunidade de Serra Nova e do ribeirão São Gonçalo, todas localizadas no âmbito da Formação Serra da Garapa, setor extremo oeste da folha Rio Pardo de Minas.

Os filitos carbonosos da Formação Serra da Garapa tem composição quartzo-sericítica carbonosa com minerais opacos, dentre magnetita, hematita e, localmente pirita limonitizada. Plagioclásio detrítico ocorre em conteúdo subordinado, com zircão e turmalina acessórios. Localmente grãos tabulares/aciculares, sub- a idioblásticos, decussados inequigranulares finos, ocorrem alterados e sugerem a pré-existência de cloritóide. A sericita é lamelar fina e compõe trama lepidoblástica definindo a foliação da rocha, juntamente com grãos e agregados de quartzo estirados. Apresenta uma distribuição irregular e heterogênea com seu conteúdo de quartzo variando desde acessório, nos termos mais arenosos; à praticamente monominerálico em alguns filitos e filonitos. O quartzo ocorre em grãos detríticos finos e mal selecionados, com porfiroclastos médio a grosso (<> 1mm) esparsos no arcaço.

Foram enviadas 14 amostras de rocha (filito carbonoso), para análise de carbono grafítico/elementar, pelo método analítico da GEOSOL CSA20V, cujos resultados analíticos são apresentados na Tabela 6.1. As amostras SQ-R-091, SQ-R-114 e SQ-R-113 foram as que apresentaram maior teor de carbono elementar, com resultados de 3,23% a 1,04%. As demais amostras variam de 0,51% a menor que 0,5% de carbono elementar.

Tabela 6.1 - Resultados analíticos para teores de grafita para amostras do Projeto Rio Pardo de Minas.

	CSA20V % C (ELEMENTAR)	CSA20V % C (ORGÂNICO)
4145-SQ-R-113	1,04	<0,05
4145-SQ-R-091	3,23	<0,05
4145-SQ-R-114	1,37	<0,05
4145-TC-R-003	0,47	0,13
4145-PP-R-116	0,41	0,13
4145-JL-R-187	0,1	0,13
4145-PP-R-119	0,51	0,12
4145-JL-R-190	0,06	0,07
4145-SQ-R-369	<0,05	0,18
4145-JL-R-062	0,09	<0,05
4145-JL-R-062A	0,06	0,13
4145-JL-R-063A	0,07	<0,05
4145-JL-R-063B	<0,05	0,07
4145-JR-R-051	<0,05	0,1

6.4. METAIS FERROSOS

6.4.1. Ferro

A área do Projeto Rio Pardo de Minas hospeda importantes depósitos de Ferro referentes à Formação Nova Aurora do Grupo Macaúbas. A região tem sido um importante foco de estudo desde o início dos anos 70 do século passado.

Velasco & Costa (1970) em projeto da CPRM denominaram inicialmente estes depósitos de Três Rios e caracterizaram as formações ferríferas em duas faixas bem definidas próximas ao vilarejo de Nova Aurora. Em relação a tipologia do minério, estes autores caracterizam estes depósitos em hematita lamelar de textura grossa, rolamento de hematita lamelar grossa e canga. Velasco & Costa (1970) relacionaram a gênese destes depósitos às formações ferríferas de mar profundo, calmo, com sedimentos originais homogêneos e compostos por arenitos argilosos e paraconglomeráticos (diamictitos). Duas amostras do minério denominado de hematítico lamelar de textura grossa foram analisados por Velasco & Costa (1970) e são apresentados na tabela abaixo:

AMOSTRAS	RP-AI-B7	RP-AI-B22
Fe	68,08	68,73
SiO ₂	1	1,05
Al ₂ O ₃	0,71	0,5
P	0,074	0,05
PF	0,3	0

Schobbenhaus (1972) caracteriza a unidade ferrífera aflorante próximo ao vilarejo de Nova Aurora numa extensão de aproximadamente 64 km. Neste trabalho a unidade ferrífera é caracterizada com espessura entre 500m a 600m. Os depósitos residuais de canga estão relacionados a superfície de aplainamento sulamericana, apresentando um desnível topográfico da ordem de 200m em relação ao vale do rio Peixe Bravo.

Schobbenhaus (1972) caracterizou o minério hematítico (minério em potencial) com teores Fe entre 64% a 68%. Entretanto valores de 50%, em minérios mais ricos em quartzo também foram caracterizados. A composição mineralógica do minério hematítico é quase que exclusivamente, à hematita com proporções variáveis de quartzo e esporadicamente magnetita. Este autor caracterizou dois tipos estruturais de minério; um finamente laminado (minério micáceo) e outro homogêneo e compacto.

Companhia Vale do Rio Doce (CVRD – hoje VALE), no âmbito do Projeto Porteira, realizou trabalhos de

pesquisa nos depósitos de ferro hospedados nas rochas da Formação Nova Aurora na região dos vales dos rios Peixe Bravo e Alto Vacaria. Esses estudos, publicados por Viveiros *et al.* (1978), quantificaram em 3,5 bilhões de toneladas os depósitos referentes a Formação Nova Aurora, com teor médio de 35% de ferro, em uma área de 575km². Estes autores subdividiram o Grupo Macaúbas na região em duas unidades litoestratigráficas: na base a Formação Rio Peixe Bravo e no topo a Formação Nova Aurora, na qual foi individualizado e caracterizado o Membro Riacho Poções, portador dos depósitos de ferro.

Vilela (2010) em dissertação de mestrado com foco na Formação Nova Aurora, indica que as mineralizações de ferro na região do vilarejo de Nova Aurora encontram-se hospedadas em metadiamictitos com matriz rica em hematita e/ou magnetita. Caracteriza o metadiamictito estéril (encaixante do minério), referente ao membro metadiamictítico da Formação Nova Aurora (NP12nad), com matriz argilosa, contendo sulfeto, que grada para metadiamictito hematítico com matriz rica em muscovita e com magnetita (<1%) disseminada, passando para metadiamictito hematítico muscovítico, com enriquecimento progressivo de hematita para a base, até o predomínio de metadiamictito hematítico.

Entretanto este autor ressalta que em algumas regiões ocorre metadiamictito magnetítico de granulação fina a grossa, e localmente a base da sequência mineralizada é marcada por zona de cisalhamento onde a quantidade de especularita pode alcançar até 60% (em volume) da matriz do metadiamictito hematítico. Vilela (2010) caracteriza os corpos mineralizados em formas aproximadamente tabulares, controladas por uma fase principal de deformação (D1), com mergulho para leste. Este autor relata que o pacote mineralizado em hematita tem entre 15% e 60% deste óxido na matriz do metadiamictito.

Em caracterização petrográfica, Vilela (2010) indica que o metadiamictito hematítico possui matriz de granulação média variando desde menor que 0,01mm até 0,5mm, e é composta por quartzo, hematita, muscovita, biotita e/ou clorita, com carbonato e feldspato subordinados. O quartzo está geralmente recristalizado, com formas poligonais a estiradas e a hematita ocorre disseminada na matriz do metadiamictito, se concentrando em lâminas, bandas e lentes. A hematita é relativamente fina na matriz de lentes e camadas que corresponderiam à estratificação original, mas apresenta maior granulação nas lâminas e bandas resultantes das fases de deformação e metamorfismo. A hematita especular fina raramente excede 0,1mm de comprimento e ocorre na matriz do metadiamictito. Esta hematita especular fina materializa, juntamente com as micas, a foliação (S1) da matriz, na qual forma arranjos anastomosados, envolvendo grãos de quartzo, feldspato e carbonato. Quartzo, carbonato e micas ocorrem estirados paralelamente às lâminas ricas

em especularita. Hematita granular também ocorre na matriz do metadiamictito, mas em quantidades muito inferiores às demais variedades. De acordo com Vilela (2010) a apatita é predominantemente detrítica, pois se apresenta em grãos arredondados e fraturados. Apatita metamórfica é rara, tem hábito prismático com seção basal euédrica e está orientada segundo a foliação.

Em relação ao metadiamictito magnetítico, Vilela (2010) caracteriza esses litotipos com tonalidade cinza mais escura que o metadiamictito hematítico e se distingue pelo aumento na quantidade de magnetita em relação à de hematita. Ao microscópio a magnetita é geralmente porfiroblástica e pode atingir 2 mm de diâmetro, predominando granulação maior que 0,7mm. Apesar da deformação da matriz, a magnetita geralmente se apresenta pouco ou nada deformada. Quando deformada, a magnetita orienta-se paralelamente à foliação (S1) que é materializada por quartzo estirado, mica e hematita fina. Este autor ressalta que o metadiamictito magnetítico pode ser bandado, com bandas de cor cinza, ricas em magnetita, intercaladas com bandas mais ricas em quartzo e muscovita. A quantidade de hematita especular aumenta nas bandas ricas em magnetita. Atualmente quatro grandes projetos são desenvolvidos na região com foco nos depósitos ferríferos relacionados à Formação Nova Aurora:

- Projeto Jibóia – MIBA – Bahia Mineração
- Projeto Vale do Rio Pardo – SAM
- Projeto Nova Aurora – Mtransminas
- Projeto PRT – VALE

O projeto Jibóia da MIBA - Bahia Mineração localiza-se próximo a comunidade de Nova Aurora e está relacionado aos metadiamictitos ferruginosos de baixo teor referentes aos depósitos de Fe da Formação Nova Aurora e o Membro Riacho Poções (Viveiros *et al.* 1978). Este projeto estima em 20 bilhões de toneladas de minério de ferro, distribuídas em aproximadamente 20 municípios da região. A MIBA tem previsão de investimentos em torno R\$ 3,6 bilhões para a instalação de um complexo minerador com capacidade de produção para 25 milhões de toneladas/ano de minério de ferro concentrado, entre os municípios de Grão Mogol e Rio Pardo de Minas.

O Projeto Vale do Rio Pardo, da empresa Sul Americana de Metais S/A (SAM), é um empreendimento integrado (mina, planta, duto e porto), com foco no minério de ferro de baixo teor, cujas rochas hospedeiras são metadiamictitos com matriz rica em hematita da Formação Nova Aurora. O projeto prevê uma produção de 25 milhões de toneladas de minério do tipo concentrado (pellet feed) durante uma vida útil mínima de 25 anos.

O Projeto Nova Aurora da Mtransminas tem foco na extração de ferro de baixo teor em metadiamictitos ferruginosos na região do vilarejo de Nova Aurora. Caracterizaram uma espessura média da camada mineralizada

entre 300 e 500m, com largura de aproximadamente 1km. Os recursos estimados para o Projeto Nova Aurora são de 1.851,67 milhões de toneladas de minério com teor médio de 22% Fe.

O Projeto PRT da Vale é localizado nos vales dos rios Peixe Bravo e Alto Vacaria, e teve início na década de 70 do século passado através do Projeto Porteirinha. Neste projeto foram quantificados 3,5 bilhões de toneladas de minério com teor médio de 35% de ferro. A camada mineralizada apresenta cerca de 900m e é composta por meta-arenitos conglomeráticos, metadiamicctitos e quartzito hematítico bandado. Atualmente o Projeto PRT tem estimado aproximadamente 5 bilhões de toneladas de minério com teor médio de 35% de Fe.

No âmbito do projeto os depósitos de ferro estão relacionados ao membro Riacho Poções, expostos no setor sudoeste da folha Nova Aurora (Fig. 6.8). Neste local é caracterizado um sinforme invertido, com eixo apresentando orientação NE-SW e leve caimento para SW (3 a 5°). Apresenta anomalias magnetométricas

expressivas, e sua morfologia corrobora a existência da estrutura regional.

Os metadiamicctitos ferruginosos (NP12narp) são diagnosticados em elevado estado de alteração e apresentam matriz de coloração acinzentada (Fig. 6.9 A). Exibem grande diversidade de clastos, desde quartzitos finos a grossos, filitos carbonosos, granitoides e gnaisses saprolitizados, comumente estirados em zonas de cisalhamento (Fig. 6.9 A-B-C).

A formação ferrífera (NPnaff) é caracterizada por metadiamicctitos com matriz rica em hematita, por vezes com presença de magnetita (Fig. 6.9 D-E). Os metadiamicctitos hematíticos apresentam enriquecimento progressivo de hematita do topo para a base, até o predomínio completo do metadiamicctito hematítico (NP12naff). Em algumas regiões ocorre metadiamicctito hematítico/magnetítico de granulação fina a grossa e por vezes é possível observar acamadamento (S0) transposto caracterizado por S0//S1 e por clastos extremamente estirados, dando falsa impressão de camada arenosa (Fig. 6.9 F).

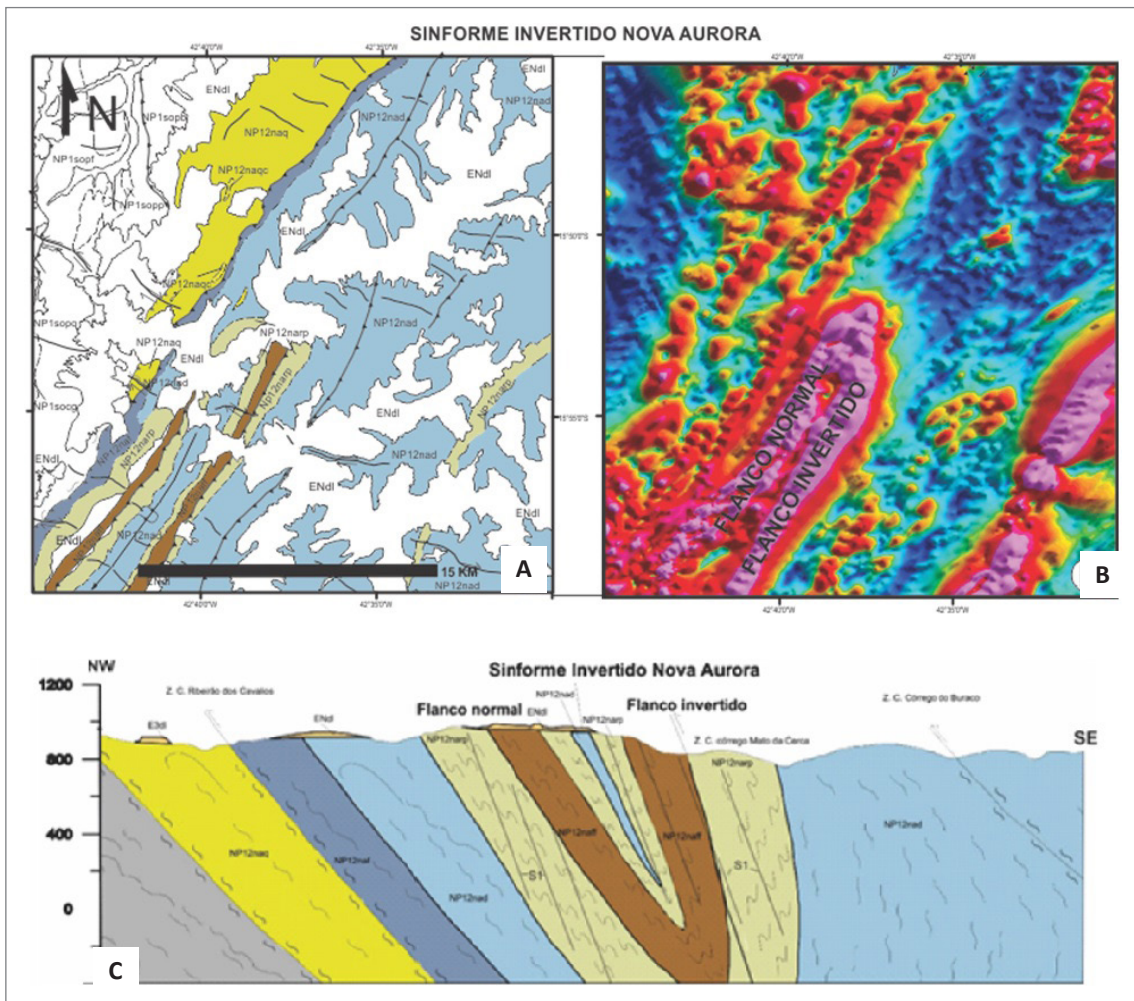


Figura 6.8 - A) Mapa geológico simplificado com destaque para a Formação Nova Aurora do Grupo Macaúbas; B) Mapa aerogeofísico magnetométrico com destaque para o sinforme invertido Nova Aurora, com indicação de flanco normal e flanco invertido; C) Perfil geológico esquemático do Sinforme Invertido Nova Aurora.

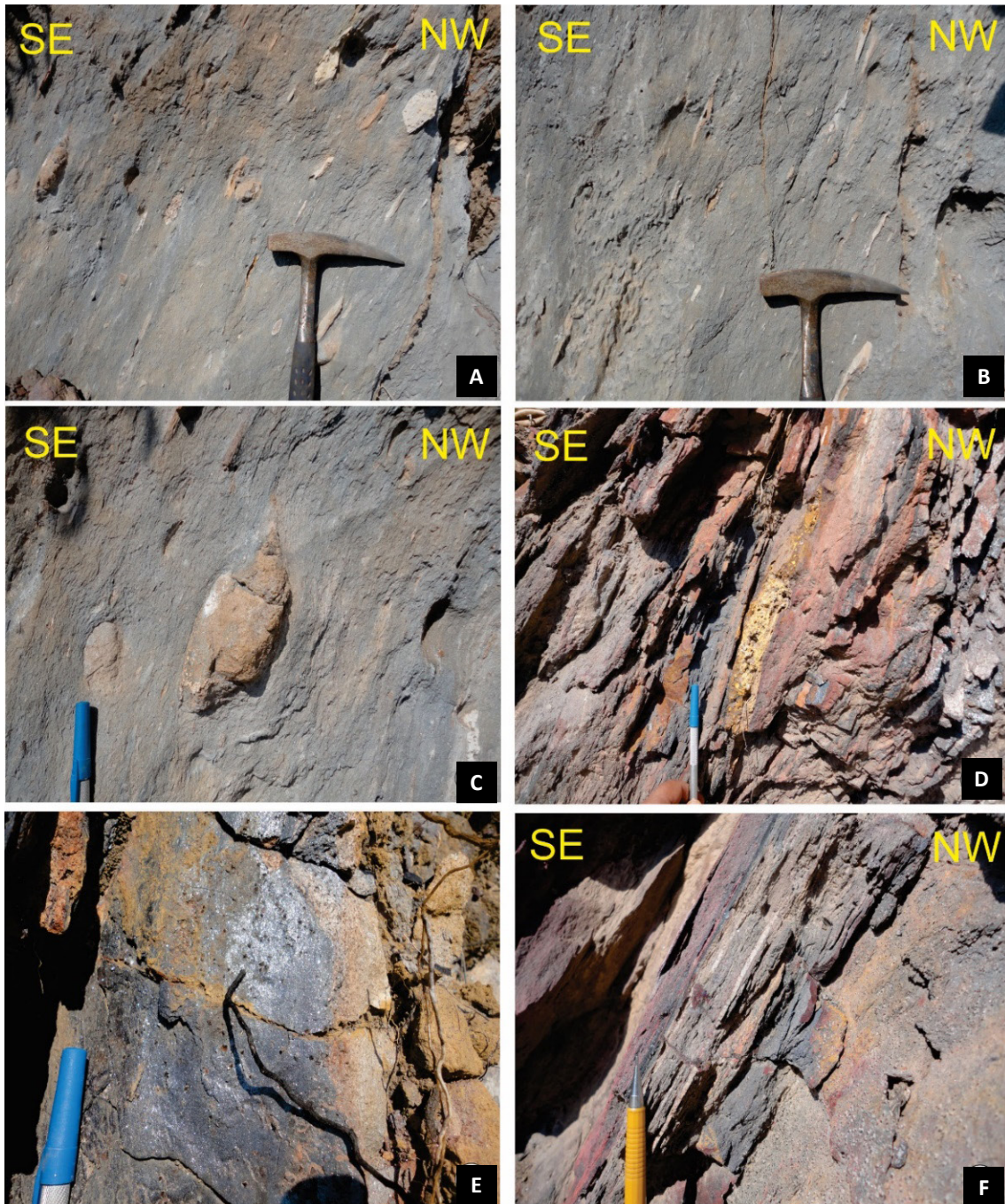


Figura 6.9 - A) Metadiamicrito ferruginoso da unidade Membro riacho Poços (NP12narp) apresentando matriz acinzentada ferruginosa envolvendo diversos clastos de quartzitos e saprólitos graníticos; B) Metadiamicrito ferruginoso da unidade Membro riacho Poços (NP12narp) apresentando clastos estirados compondo uma lineação de estiramento 'downdip' em zona de cisalhamento localizada no sinforme invertido Nova Aurora; C) Detalhe de clasto quartzítico em meio a matriz acinzentada em metadiamicrito ferruginoso do Membro riacho Poços; D) Metadiamicrito hematítico apresentando alto grau de deformação, notar clasto estirado saprolitizado no centro da foto; E) Magnetitas compondo matriz de metadiamicrito hematítico da formação ferrífera NP12naff; F) Acamamento transposto caracterizado por S_0/S_1 e por clastos extremamente estirados.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1. EVOLUÇÃO GEODINÂMICA

A evolução geodinâmica do terreno estudado remete inicialmente ao Riaciano, com a geração de crosta continental associada ao metagranitoide Córrego Tinguí. Essa unidade representa o embasamento da área estudada, sendo caracterizada por metagranitos, metagranodioritos, subordinados metatonalitos, de composição quartzo feldspática e assinatura geoquímica peraluminosa.

Sua composição petrográfica à duas micas (biotita e muscovita primária), e seu caráter francamente peraluminoso, indicam afinidade com protólitos graníticos tipo S. Além disto, o corídon normativo com teores entre 1,7%, e 4,0%, seus altos teores de Rb (104,6 a 49,1 PPM), e SiO₂ (>70%); e seus baixos teores de Sr (8,7 a 3,1 PPM), reforçam esse caráter.

Os dados isotópicos obtidos para o metagranitoide Córrego Tinguí, sugerem um retrabalhamento crustal paleoproterozóico riaciano, indicado pelas idades de cristalização em zircão, (U-Pb/LA-ICPMS; 2060 +/-48 Ma.; e 2072 +/-14 Ma.); com interceptos inferiores entre 559 Ma.; e 515 Ma., respectivamente, demonstrando reflexos metamórficos da orogênese Brasileira (Fig. 7.1 A e B).

No âmbito do Mesoproterozóico, um rifte ensiálico é gerado, dando início à deposição dos sedimentos relacionados ao Supergrupo Espinhaço Indiviso. Dados geocronológicos obtidos por este projeto indicam uma idade máxima de deposição calimiana, com importante contribuição riaciana, estateriana e neoarqueana (Fig. 7.2 A e B).

No início do Toniano, concomitantemente à aglutinação final do supercontinente Rodínia, esforços tectônicos extensionais foram deflagrados na paleoplaca São Francisco – Congo (Brito Neves *et al.* 2003; Li *et al.* 2008; Johansson 2014). Estes esforços contribuíram para o início da construção do paleo-oceano Perifranciscano/Adamastor (Brito Neves *et al.* 1999; Campos Neto 2000; Brito Neves 2003), resultando na abertura de um futuro golfo confinado (Trompette *et al.* 1993; Brito Neves *et al.* 1999, 2003; Campos Neto 2000; Alkmim *et al.* 2007; Li *et al.* 2008); associado à gênese das paleobacias Santo Onofre/Sítio Novo e Macaúbas.

Este regime extensivo Toniano 1 (T1), responsável pelo início da deposição de sedimentos dos Grupos Santo Onofre e Sítio novo, é sugerido por uma granitogênese de caráter anorogênico referente à suíte Salto da Divisa (Silva *et al.* 2002, 2008); por diques máficos da suíte Pedro Lessa, (Machado *et al.* 1989; Chaves *et al.* 2014) e por granitos anorogênicos alcalinos a subalcalinos caracterizados na região sul do estado da Bahia (Menezes *et al.* 2012) (tabela 7.1); (Fig. 7.5 a).

A ocorrência de metabasaltos toleíticos, situados na costa oeste africana, tipo CFB (basaltos de derrames continentais), denominados Gangila (Grupo Zadinian), com idade entre 999 a 920 Ma. (Tack *et al.* 2001), indica e reafirma um processo tafrogenético no início do Toniano (T1). Além disto, no setor africano/congolês, magmatismo ácido alcalino associado a riolitos, rochas piroclásticas, vulcanoclásticas e microgranitos corroboram uma tectônica extensional (Tack *et al.* 2001).

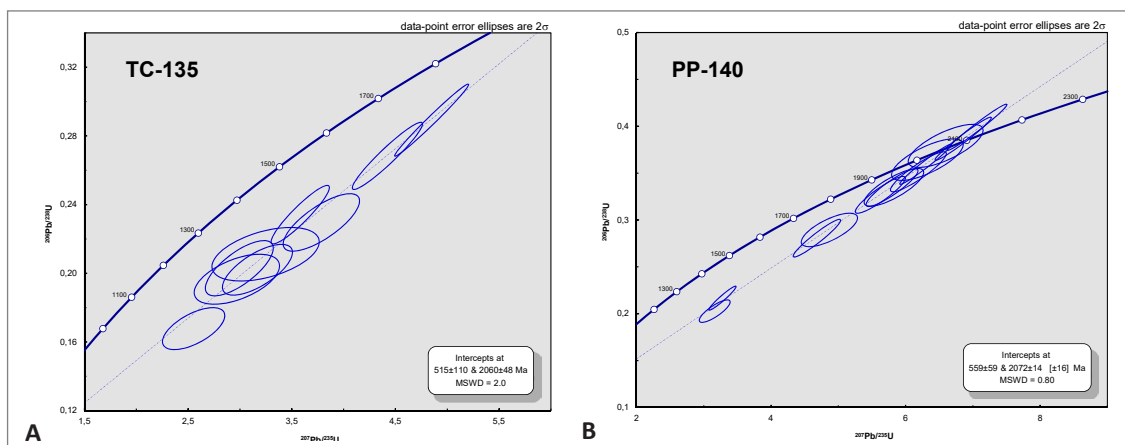


Figura 7.1 - Diagrama de concórdia de análises de zircão do metagranitoide Tinguí nos pontos: A) TC-135, com intercepto superior em 2060±48 Ma e inferior em 515±110 Ma e B) PP-140, com intercepto superior em 2072±14 Ma e inferior em 559±59 Ma.

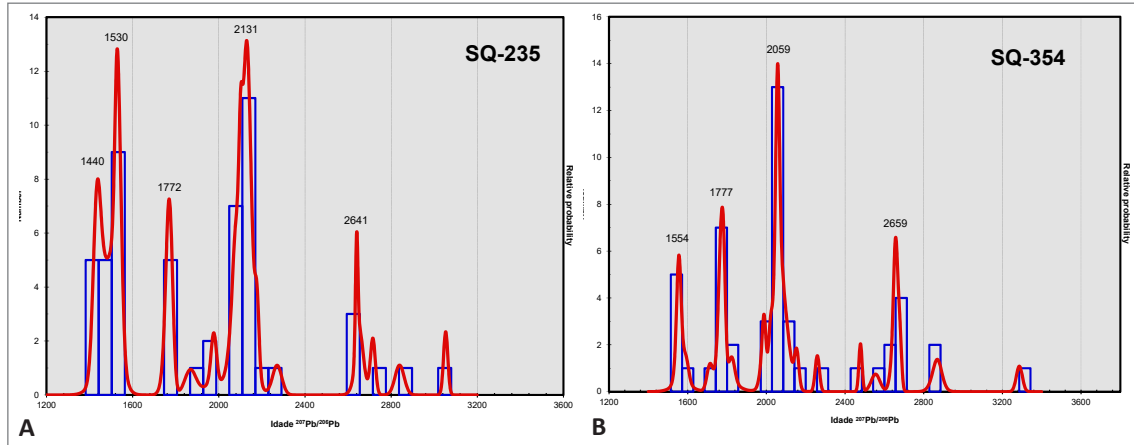


Figura 7.2 - Diagramas de distribuição probabilística das determinações U/Pb (U/Pb-LA-ICP) de grãos de zircão da: A) amostra SQ-235 e B) amostra SQ-354 para o Supergrupo Espinhaço Indiviso.

Tabela 7.1 - Magmatismos tonianos relacionados à 1ª fase rifte toniana (T1).

MAGMATISMO TONIANO - 1ª FASE RIFTE	IDADE	MÉTODO	ROCHA	QUIMISMO	GEOTECTÔNICA	REFERÊNCIA
SUITE SALTO DA DIVISA	875 +/- 9 m.a.	U-Pb	GRANITOS METALUMINOSOS	ALCALINO	ANOROGÊNICO	SILVA ET AL 2002, 2008
PEDRO LESSA	906 +/- 2 m.a.	U-Pb	DIQUES MÁFICOS	TOLEÍTICO	RIFTE CONTINENTAL	MACHADO ET AL. 1989
SUITE GRANITICA TINIANA SIL DA BAHIA	914 A 899 m.a	Pb-Pb	GRANITOS PERA A META	ALCALINO	ANOROGÊNICO	MENEZES ET AL. 2012a
GRANITO NHOQUI	999 +/- 7 m.a	U-Pb	GRANITOS	PERALCALINOS	ANOROGÊNICO	TACK ET AL. 2001
GRUPO MAYUMBIAN	920 +/- 3 m.a	U-Pb	RIOLITOS	ALCALINO	ANOROGÊNICO	TACK ET AL. 2001
GRUPO MAYUMBIAN	904 +/- 6 m.a	U-Pb	GABRO	TOLEÍTICO	RIFTE CONTINENTAL	THIEBLEMONT ET AL. 2012
GANGILA	999 A 920 m.a	RELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA	BASALTOS	TOLEÍTICO	RIFTE CONTINENTAL	TACK ET AL. 2001

Dados estratigráficos e sedimentológicos do Grupo Santo Onofre sugerem um ambiente deposicional marinho profundo a lacustre, associado a sistemas turbidíticos de baixa e alta densidade, gerado em uma bacia tipo *strike-slip* (Danderfer & Dardenne 2002). Sua predominância siliciclástica associada a pelitos carbonosos e a associações pelítica-psamíticas rítmicas indicam tal sistema deposicional. Dados geocronológicos obtidos em metapelitos carbonosos da Formação Serra da Garapa (Grupo Santo Onofre), sugerem idade máxima de deposição ao início do toniano, com importante contribuição neoarquena. (Fig. 7.3).

Dados estratigráficos e sedimentológicos caracterizados para o Grupo Sítio Novo indicam um ambiente deposicional marinho raso a continental com sistema deltáico arenoso associado. Estratos cruzados acanalados, tangenciais na base e “*festoon*”, associados localmente a estratificação bidirecional tipo espinha de peixe “*herring bone structure*” e paleocanais preservados caracterizados em meta-arenitos da Formação Viramundo corroboram

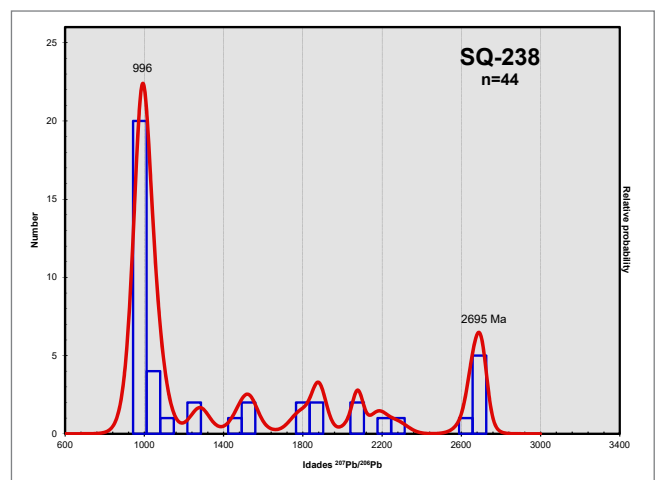


Figura 7.3 - Diagrama de distribuição probabilística das determinações de grãos de zircão da amostra SQ-238. (U/Pb-LA-ICP), Grupo Santo Onofre.

tal interpretação. Além disto, estratos cruzados tabulares de médio e grande porte, granulometria bimodal e alta esfericidade caracterizados em quartzitos suportam um

sistema relacionado a dunas eólicas. Idades geocronológicas averiguadas em meta-arenitos finos deltaicos indicam idade máxima de deposição toniana, com destacada contribuição neoarquena (Fig. 7.4).

Magmatismos alcalinos caracterizados no sul do estado da Bahia (Rosa *et al.* 2005, 2007; Menezes *et al.* 2012) indicam um segundo evento extensional ao final

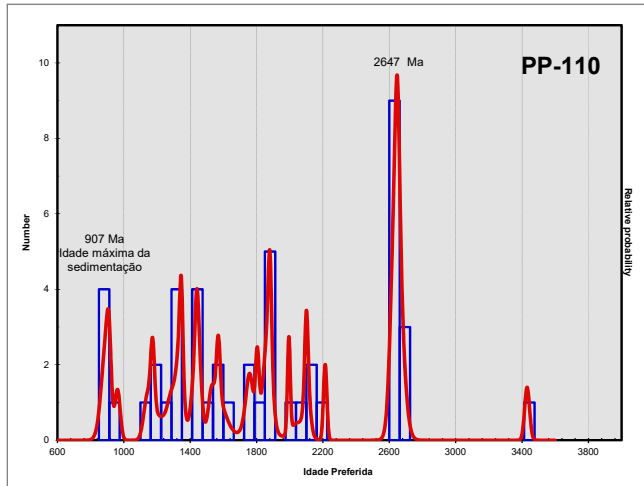


Figura 7.4 - Diagrama de distribuição probabilística de idades de cristalização para grãos de zircão da amostra PP-110; (U-Pb-LA-ICP), para a Formação Viramundo, Grupo Sítio Novo.

do Toniano (T2). Este processo tafrogenético é também sugerido por rochas tufáceas referentes à unidade Loila, situadas no setor setentrional na Faixa Congo Ocidental, no Gabão (Thieblemont *et al.* 2012) (Tabela 7.2).

O Neoproterozoico é marcado por drásticas mudanças climáticas, representadas por três eventos glaciais. Estas glaciações estão expostas na literatura como Sturtiana (740 Ma; Brasier *et al.*, 2000), Criogeniana Superior ou Marinoana (635 Ma; Hoffmann *et al.*, 2004) e Gaskeriana no final do Ediacarano (580 Ma; Bowring *et al.*, 2003). Hoffman & Li (2009) relatam que registros geológicos de glaciações no Neoproterozóico, tanto sturtianas como marinoanas foram reconhecidos em pelo menos 14 paleocontinentes. Glaciações neoproterozóicas são intimamente associadas a processos extensivos e consequentemente a eventos de rifteamento durante a

fragmentação do supercontinente Rodínia no Neoproterozóico (Li *et al.* 2013).

Neste contexto, a Formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas) é caracterizada por metadiamicititos polimícticos, seixos pingados, facetados e estriados, sugerindo uma ambiência glaciomarinha para a unidade. Dados geocronológicos obtidos em zircões detríticos de metadiamicititos ferruginosos indicam expressiva contribuição orosiriana. Associa-se esta unidade ao evento glacial Sturtiano (Halverson 2006; Hoffman & Li 2009), relacionando-a a uma 2ª fase rifte (T2), deflagrada ao final do Toniano, aproximadamente em 750 a 740 Ma. (Fig. 7.5b).

Zircões detríticos obtidos em meta-arenitos da Formação Chapada Acauã do Grupo Macaúbas, com idade máxima de deposição entorno de 750 ma. (Kuchenbecker *et al.* 2015), sustentam uma segunda fase rifte toniana no âmbito da paleoplaca São Francisco-Congo. Além disto, diversos trabalhos sugerem um ambiente glaciogênico sturtiano para o Grupo Macaúbas (Formações Serra do Catuni e Nova Aurora), (Uhlein *et al.* 1998; Martins *et al.* 2008, Babinski *et al.* 2012).

Dados geocronológicos U-Pb de zircões detríticos obtidos em diamicititos (Buchwaldt *et al.*, 1999; Pimentel *et al.*, 2002), datações Pb/Pb em calcários pós-glaciais (Babinski & Kaufman, 2003), e isotópicos de Sr, C, O em carbonatos (Santos *et al.*, 2000) corroboram a existência de uma glaciação neoproterozóica sturtiana na paleoplaca São Francisco-Congo (Pimentel *et al.* 2002; Uhlein *et al.*, 2004; Cuckrov *et al.*, 2005).

Os depósitos de ferro tipo Rapitan, localizados no norte de Minas Gerais, no contexto da Formação Nova Aurora (Vilela 2010), sugerem tal interpretação, sendo o balizamento da deposição de formações ferríferas tipo Rapitan estimado em torno de 755 Ma e 730 Ma, através de datações U-Pb em zircões de clastos de granitos em diamicititos (Ross 1992 *in* Klein & Beukes 1993). Datações 207Pb/206Pb de conduto de brecha uranífera que corta as rochas acima do Grupo Rapitan corroboram o balizamento no Sturtiano (Archer *et al.* 1986 *in* Klein & Beukes 1993).

Com a evolução do processo extensivo, uma fase transicional é evidenciada pelos xistos verdes basálticos

Tabela 7.2 - Magmatismos relacionados ao final do toniano, 2ª fase rifte (T2).

MAGMATISMO TONIANO - 2ª FASE RIFTE	IDADE	MÉTODO	ROCHA	QUIMISMO	GEOTECTÔNICA	REFERÊNCIA
PROV. ALCALINA SUL BAHIA	725 +/- 2 m.a.	Pb-Pb	SIENITO	ALCALINO	ANOROGÊNICO	MENEZES ET AL 2012B
PROV. ALCALINA SUL BAHIA	732 +/- 8 m.a	U-Pb	SIENITO	ALCALINO	ANOROGÊNICO	ROSA ET AL. 2007
PROV. ALCALINA SUL BAHIA	714 +/- 8 m.a	U-Pb	NEFELINA SIENITO	ALCALINO	ANOROGÊNICO	ROSA ET AL. 2007
PROV. ALCALINA SUL BAHIA	722 +/- m.a	Pb-Pb	NEFELINA SIENITO	ALCALINO	ANOROGÊNICO	ROSA ET AL. 2007
PROV. ALCALINA SUL BAHIA	739 +/- 2 m.a	Pb-Pb	SIENITO	ALCALINO	ANOROGÊNICO	ROSA ET AL. 2005
LOUILA	713 +/- 49 m.a	U-Pb	TUFOS			THIEBLEMONT ET AL. 2012

da Formação Chapada Acauã (Gradim *et al.* 2005; Babinski *et al.* 2005; Martins 2006). Entretanto, a evolução para uma margem passiva e posterior geração de assoalho oceânico é indicada por uma associação vulcanossedimentar (Fig. 7.5c), (Queiroga *et al.* 2006). Neste contexto são caracterizadas rochas metamáficas, metaultamáficas, metaplagiogranitos, e lascas ofiolíticas; que sustentam a geração e construção de litosfera oceânica no âmbito da paleoplaca São Francisco-Congo (Queiroga *et al.* 2006; 2007).

A idade de 660 Ma. para plagiogranitos obtidas para a Formação Ribeirão da Folha, obtidas por Queiroga *et al.* (2007), caracterizam a idade de geração de crosta oceânica no criogeniano. Neste sentido, no âmbito das paleobacias Santo Onofre/Sítio Novo-Macaúbas, a construção do proto-oceano Perifranciscano/Adamastor é consolidado. Um ambiente marinho, tipo um golfo confinado, permanecendo ligado pela ponte cratônica Bahia-Gabão, é sugerido para a morfologia e seu contexto geotectônico (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2007; Alkmim *et al.* 2007).

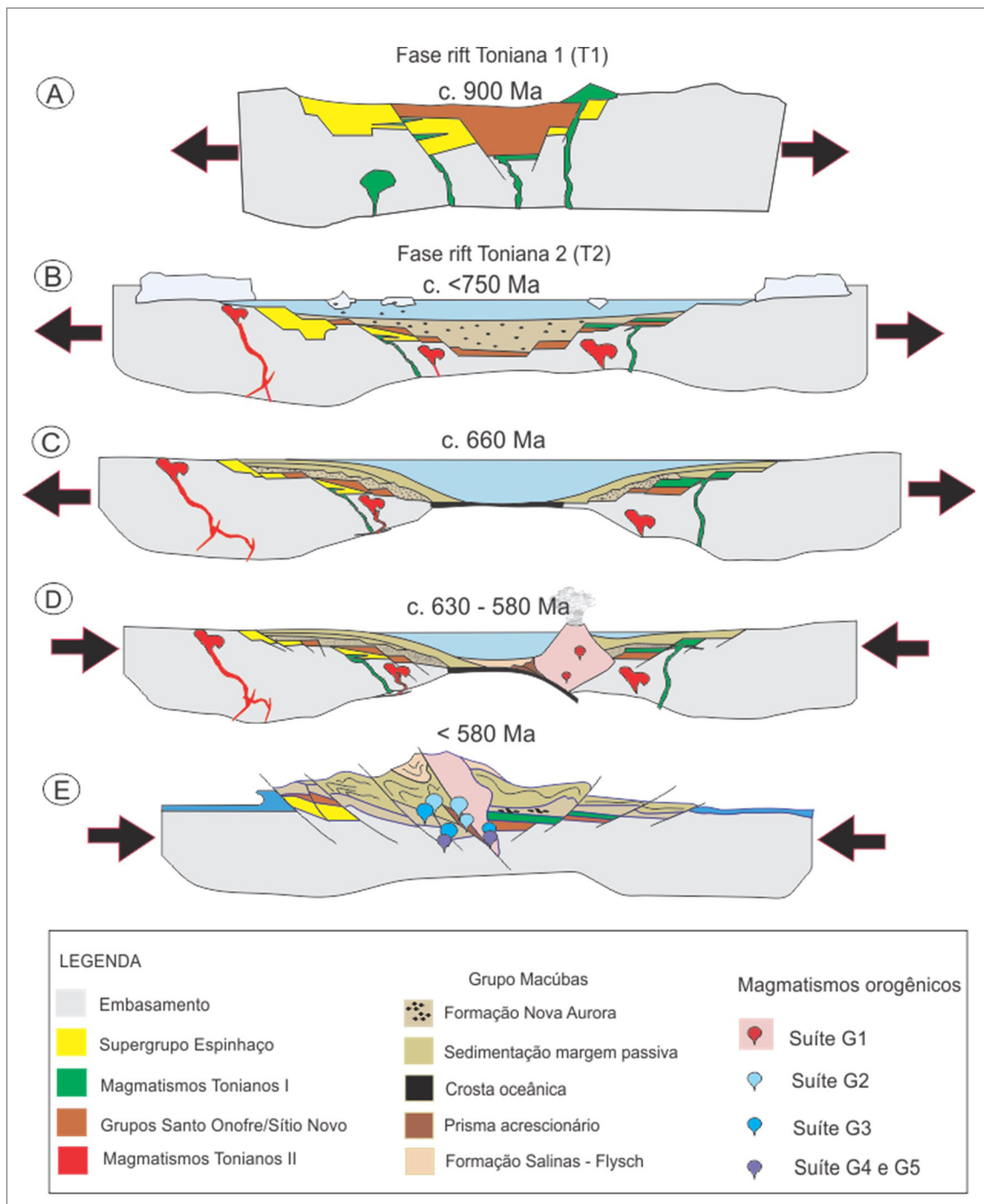


Figura 7.5 - Modelo evolutivo geodinâmico para a área do Projeto Rio Pardo de Minas (modificado de Kuchenbecker *et al.* 2015).

No Orógeno Araçuaí são reconhecidos quatro estágios de magmatismos orogênicos denominados de pré-colisional (ca. 630 - 580 Ma), sin-colisional (ca. 580 - 560 Ma), tardicolisional (ca. 560 - 530 Ma) e pós-colisional (ca. 530 - 490 Ma). Estes estágios são caracterizados com base nas relações estruturais, assinaturas litoquímicas, isotópicas, e idades U-Pb das rochas que os representam (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2008; Silva *et al.* 2005; Gonçalves *et al.* 2010).

O início da fase convergente é marcada por um estágio pré-colisional (acrescionário), associado à subducção de litosfera oceânica, responsável pela geração do arco magmático juvenil do Orógeno Araçuaí – Congo Ocidental, representado pela Suíte G1 (Fig. 7.5d). Os dados litoquímicos e isotópicos das rochas da Suíte G1 evidenciam uma suíte cálcio-alcalina expandida que representa um arco magmático de margem continental ativa, construído entre ca. 630 e 585 Ma (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, 2008; Silva *et al.* 2005; Gonçalves *et al.* 2010).

A geração de uma cunha acrescionária (Fig. 7.5d), no início do regime contracional é sugerida por Peixoto *et al.* (2014). Estes autores interpretam como protólitos de uma sequência xistosa, situada no setor central do orógeno Araçuaí-Congo Ocidental; sedimentos marinhos profundos, fatias de litosfera oceânica e depósitos de sedimentos orogênicos. Entretanto ressaltam, que o prisma acrescionário foi gerado em um sistema orogênico singular, onde uma bacia precursora tipo golfo foi gerada, esta, ligada ao paleo-oceano Adamastor (Pedrosa-Soares *et al.*, 1998; Cordani *et al.*, 2003).

Neste sentido a Formação Salinas (Santos *et al.* 2009), constituída de meta-arenitos, metapelitos e metaconglomerados representa uma bacia sin-orogênica (*flysch*), desenvolvida entre a margem passiva e frente orogênica em desenvolvimento. A constituição, idade, história deformacional e o cenário tectônico corroboram para tal interpretação.

O estágio sin-colisional (Fig. 7.5e) é caracterizado pela deformação supracrustal (foliações, dobras e lineações) e metamorfismo regional, além de extensiva granitogênese do tipo S, que ocorreram entre ca. 582 e 560 Ma (*e.g.*, Nalini *et al.* 2000, Pedrosa-Soares *et al.* 2001, Campos *et al.* 2004, Silva *et al.* 2005). Este estágio é representado pela Suíte G2, que engloba essencialmente granitóides peraluminosos (com granada onipresente e cordierita e/ou sillimanita frequentes), tendo granito a duas micas e granodiorito granatífero subordinados.

A fase tardi-colisional é representada pela suíte G3, e registra herança de fontes paragnáissicas envolvidas em processos de fusão parcial, evidenciada por cristais de zircão com núcleos herdados de idades entre 630 Ma e 580 Ma, além de componentes paleoproterozóicos e arqueanos (Silva *et al.* 2007).

No estágio pós-colisional formaram-se as suítes G4 e G5, representadas por plútons intrusivos, livres da foliação regional e plutonismo relacionado ao colapso gravitacional (extensional) do Orógeno Araçuaí (Pedrosa-Soares *et al.* 2001, Campos *et al.* 2004).

Uma fase relacionada ao colapso do orógeno é sugerida por Marshak *et al.* 2006, sendo indicada pela zona de cisalhamento Chapada Acauã. Este colapso orogênico é caracterizado por assimetrias em clivagens de crenulação, com mergulhos para oeste, clastos rotacionados de topo para base e veios extensionais sub-verticais.

7.2. ARQUITETURA E EVOLUÇÃO ESTRUTURAL

A arquitetura estrutural da área é típica de um cinturão de dobras e falhas (*fold-thrust belt*), feição característica das porções marginais dos cinturões orogênicos. O mapeamento geológico juntamente com o inventário das estruturas planares e lineares levantados na área de estudo levaram ao reconhecimento de três fases de deformação: duas compressivas (D_1 e D_2) e uma extensional final (D_e). Estas deformações foram superimpostas a sequências sedimentares com suas estruturas primárias características (S_0) e seu substrato cristalino previamente metamorfisado.

A fase deformacional (D_1) foi responsável pela geração de um cinturão de dobras e falhas de direção geral norte-sul com vergência para oeste. As estruturas planares relativas a esta deformação, uma foliação plano-axial (S_1) relacionada ao dobramento (dobras F_1) e transposição de S_0 e uma foliação milonítica nas zonas de cisalhamento, têm mergulhos baixos a medianos para leste.

A fase deformacional (D_2), de natureza também compressional e dirigida de leste para oeste, afeta as estruturas anteriores, redobrando-as coaxialmente (dobras F_2) e dando origem à foliação S_2 associada, em posição plano-axial deste redobramento. Diferentemente da fase anterior, as dobras da fase (D_2) são de ocorrência ampla, estando distribuídas por toda a área de estudo. Esta segunda fase está delineada pelo dobramento das superfícies de acamamento S_0 , clivagem filítica S_1 (paralelizadas - S_0/S_1) e foliação milonítica S_m , em um padrão de dobras abertas a fechadas, mas que podem localmente ser até isoclinais. As dobras F_2 têm eixos sub-horizontais, com leve caimento preferencialmente para sul. Podem ser classificadas como dobras desde quase normais e sub-horizontais simétricas, até dobras assimétricas com vergências tanto para leste quanto para oeste.

A fase deformacional (D_e) é indicada por dobras em cascata com envoltórias subverticais e a clivagens de crenulação assimétricas. Neste caso uma componente de esforço vertical, relacionado ao colapso orogênico, teria provocado o desenvolvimento de clivagens sub-horizontais, por achatamento e arrasto ao longo de

flancos subverticais de dobras F_2 , em sentido horário, em flanco com mergulho para leste, e sentido anti-horário em flancos mergulhando para oeste. Neste sentido teríamos localmente uma nova clivagem (foliação S_3), esta sim formada integralmente durante a extensão D_e .

A definição de duas fases de deformação compressional D_1 e D_2 , co-axiais compõe um evento deformacional relacionado a Orogênese Brasileira (630 Ma - 530 Ma); e a caracterização de um evento extensional tardio (D_e), originado durante o colapso do orógeno foi responsável por obliterar parcialmente as estruturas das fases anteriores e por exumar de blocos do embasamento.

A discordância estrutural e estratigráfica entre os domínios DE, de direção geral N-S, que é truncada tectonicamente pelo DM, nitidamente NE-SW, é uma feição de grande destaque no contexto da área de trabalho. Sugere-se aqui que essa discordância seja o efeito do transporte tectônico regional, dirigido regionalmente de leste para oeste, sobre o arranjo geométrico prévio. Essa trama estaria diretamente relacionada à evolução de bacias sedimentares Santo Onofre – Sítio Novo (fase rifte T1) e Macaúbas (fase rifte T2) precursoras ao fechamento do orógeno, que se desenvolveram desde o início do toniano até o seu final. Essas características

da trama extensional da bacia Macaúbas em relação às outras bacias seria suficiente para provocar reorientações locais do vetor de transporte tectônico ao longo de contrafortes e conseqüentemente mudanças significativas nas atitudes de camadas e foliações.

Ressalta-se que o forte controle tectônico-estrutural na distribuição das unidades litológicas cartografadas na área foi exercido pela própria geometria dos sítios deposicionais. Infere-se a abertura da bacia Santo Onofre-Sítio Novo, no início do Toniano, com a reativação de antigas estruturas ao longo da bacia Espinhaço (Mesoproterozoica), caracterizadas como bacias tipo *rift* e *rift-sag*, orientadas na direção norte-sul e implantadas no substrato Arqueano-Paleoproterozóico pré-existente. A bacia Santo Onofre Sítio Novo, iniciada no princípio do Toniano se desenvolveu ao longo da direção N-S, entretanto a bacia Macaúbas, relacionada ao do Toniano, teria se desenvolvido ao longo da direção N-S precocemente e posteriormente defletido ao longo da direção NW-SE e E-W. A inversão tectônica sobrepôs estes metassedimentos Macaúbas aos litotipos Santo Onofre-Sítio Novo, ao longo da zona de cisalhamento compressional Rio Preto I, formando uma nítida discordância estratigráfica-estrutural.

REFERÊNCIAS

- AITCHISON, J. **The Statistical Analysis of Compositional Data**. London: Chapman and Hall, 1986. 416 p.
- ALKMIM, Fernando Flecha; MARSHAK, Stephen; FONSECA, Marco A. Assembling West Gondwana in the Neoproterozoic: clues from the São Francisco Craton region, Brazil. **Geology**. Boulder, Colorado, US: Geological society of America, v. 29, n. 4, p. 319-322, abr. 2001. DOI 10.1130/0091-7613(2001)029<0319:AWGITN>2.0.CO;2. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geology/article-abstract/29/4/319/198466/Assembling-West-Gondwana-in-the-Neoproterozoic?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- ALKMIM, Fernando Flecha; NOCE, Carlos Maurício. Outline of the Geology of Quadrilátero Ferrífero. *In*: ALKMIM, Fernando Flecha; NOCE, Carlos Maurício. The Paleoproterozoic Record of the São Francisco Craton. IGCP 509 FIELD WORKSHOP, Bahia and Minas Gerais, Brazil. **Field guide abstracts**, p. 37-45, 17 set. 2006. [Congresso]. Disponível em: <https://earth.yale.edu/sites/default/files/files/IGCP/IGCP%20Brazil.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- ALKMIM, Fernando Flecha; PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos; NOCE, Carlos Maurício; CRUZ, Simone Cerqueira Pereira. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p. 25-43, jul. 2007. DOI <https://doi.org/10.18285/geonomos.v15i1.105> Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11630> Acesso em: 5 nov. 2019.
- ALMEIDA, F. F. M. O cráton de São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 349-364, dez. 1977. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11179/10638>. Acesso em: 5 nov. 2019
- ALMEIDA-ABREU, Pedro A. **A evolução geodinâmica da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil**. 1993. 150 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Freiburg, Freiburg, Alemanha, 1993.
- ALMEIDA-ABREU, Pedro A. O Supergrupo Espinhaço: o rifte, a bacia e o orógeno. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 1-18, jul. 1995. DOI <https://doi.org/10.18285/geonomos.v3i1.211>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11517> Acesso em: 6 nov. 2019.
- ALMEIDA-ABREU, P.A.; RENGER, F.E. Serra do Espinhaço Meridional: um Orógeno de colisão do Mesoproterozóico. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 1-14, mar. 2002. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/10389/9832>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- BABINSKI, Marly; GRADIM, Rafael Jaude; PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos; ALKMIM, Fernando Flecha; NOCE, Carlos Maurício; LIU, Dunyi. Geocronologia U–Pb (SHRIMP) e Sm–Nd de xistos verdes basálticos do Orógeno Araçuaí: implicações para a idade do Grupo Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 77-81, dez. 2005. Suplemento. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9403/9899>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- BABINSKI, Marly.; KAUFMAN, A.J. First direct dating of a Neoproterozoic post-glacial cap carbonate. 2003. *In*: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 4., Salvador. **Short Papers**. Salvador: CBPM; IRD, v.1, p. 321-323, 24-27 ago. 2003. Disponível em: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-05/010039206.pdf. Acesso em: 6 nov. 2019.
- BABINSKI, Marly; PEDROSA-SOARES, Antônio Carlos; TRINDADE, Ricardo Ivan Ferreira; MARTINS, Maximiliano; NOCE, Carlos Maurício; LIU, Dunyi. Neoproterozoic glacial deposits from the Araçuaí orogen, Brazil: age, provenance and correlations with the São Francisco craton and West Congo belt. **Gondwana Research**, Osaka, Japão, v. 21, n. 2/3, p. 451-465, mar. 2012. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/4167>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- BRITO NEVES, Benjamim Bley; KAWASHITA, Koji; CORDANI, Umberto G., DELHAL, J. A evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 71-85, mar. 1979. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/12368/11928>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- BRITO NEVES, Benjamim Bley de; CAMPOS NETO, Mario da Costa; FUCK, Reinhardt A. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African Cycle and orogenic collage. **Episodes-News magazine of the International Union of Geological Sciences**, Republic of Korea, v. 22, n. 3, p. 155-166, set. 1999. DOI <https://doi.org/10.18814/epiugs/1999/v22i3/002>. Disponível em: <http://www.episodes.org/journal/view.html?volume=22&number=3&spage=155&vmd=Full#1>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- BRITO NEVES, Benjamim Bley de; CAMPOS NETO, Mario da Costa; VAN SCHMUS, Williams Randall; SANTOS, Edilton José dos. O Sistema Pajeú-Paraíba e o Maciço São José de Campestre no Leste da Borborema. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 173-184, jun. 2001. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/10458/9883>. Acesso em: 6 nov. 2019.

- BRITO NEVES, Benjamim Bley de; PASSARELLI, Claudia R.; BASEI, Miguel A. Stipp; SANTOS, Edilton José dos. Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. **Geologia USP.**, São Paulo, v. 3, p. 25-38, ago. 2003. (Série Científica). DOI <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2003000100003>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/guspsc/article/view/27381>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- CAMPOS NETO, Mario da Costa. Orogenic Systems from Southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano-Pan African cycle and orogenic 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, v. 31, p. 335-365, jan. 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313687999_Orogenic_systems_from_Southwestern_Gondwana_an_approach_to_Brasiliano-Pan_African_cycle_and_orogenic_collage_in_southeastern_Brazil. Acesso em: 6 nov. 2019.
- CARRANZA, E. J. M. **Geochemical anomaly and mineral prospectivity mapping in GIS**. Handbook of exploration and environmental geochemistry, 11. Amsterdam: Elsevier, 2009. 351 p.
- CARRANZA, E. J. M. Analysis and mapping of geochemical anomalies using log ratio - transformed stream sediment data with censored values. **Journal of Geochemical Exploration**, Amsterdam: Elsevier, v. 110, p. 167-185, ago. 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2011.05.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375674211000860?via%3Dihub>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- CHEMALE JÚNIOR, F., ROSIÈRE, C. A., ENDO, I., The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Precambrian Research**, [Amsterdam: Elsevier Science Publishers], v. 65, n. 1/4, p. 25–54, jan. 1994. DOI [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(94\)90098-1](https://doi.org/10.1016/0301-9268(94)90098-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0301926894900981>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- COSTA, L. A. M. da; SILVA, W. G. da. **Projeto Santo Onofre: mapeamento geológico. Relatório Final**, Brasília: TRISERVICE, v. 1, Convênio DNPM/CPRM. 1980. 189 p.
- CRUZ, Simone C. P.; ALKMIM, Fernando Flecha. The tectonic interaction between the Paramirim Aulacogen and the Araçuaí belt, São Francisco Craton Region, Eastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 1, p. 151-173, mar. 2006. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652006000100014>. Disponível em: <http://ref.scielo.org/f2kz7h>. Acesso em 6 nov. 2019.
- DANDERFER, A. **Geologia sedimentar e evolução tectônica do Espinhaço Setentrional, Estado da Bahia**. 2000. 494 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.
- DANDERFER, A.; DE WAELE, B.; PEDREIRA, A. J.; NALINI, H. A. New geochronological constraints on the geological evolution of Espinhaço basin within the São Francisco Craton-Brazil. **Precambrian Research**, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, v. 170, n. 1-2, p. 116–128, abr. 2009. DOI <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2009.01.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301926809000163>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- DANDERFER, A.; COSTA, A. F. de Oliveira; LANA, Cristiano. O registro do vulcanismo calimiano no Espinhaço Central (MG): caracterização petrofaciológica, geoquímica e geocronológica. **Geociências**, São Paulo: UNESP, v. 33, n. 1, p. 119-135, mar. 2014. Disponível em: https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/33/volume33_1_files/33-1-artigo-9.pdf. Acesso em: 6 nov. 2019.
- DANDERFER, A.; DARDENNE, M. A. Sedimentologia, relações estratigráficas e significado geológico dos depósitos de rochas rudáceas da unidade João Dias, na borda oeste do Espinhaço Setentrional (Bahia). *In*: SIMP. GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 9., 5-9 nov. 1997, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: SBG-MG, 1997. p. 14-16. Disponível em: <http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2018/08/Boletim-14.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- DANDERFER, A.; DARDENNE, M. A. Tectonoestratigrafia da bacia Espinhaço na porção centro-norte do Cráton do São Francisco: registro de uma evolução polistórica descontínua. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 449-460, dez. 2002. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9830>. Acesso em: 6 nov. 2019.
- DAVIS, J. C. **Statistical and data analysis in geology**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1986, 150 p.
- DUSSIN I. A.; DUSSIN T. M. Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 19-26, jul. 1995. DOI <https://doi.org/10.18285/geonomos.v3i1.212>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11518>. Acesso em 6 nov. 2019.
- FILZMOSER, P.; HRON, K.; REIMANN, C. Univariate statistical analysis of environmental (compositional) data: problems and possibilities. **Science of the Total Environment**, Amsterdam: Elsevier Publishing, v. 407, n. 23, p. 6100-6108, 2009. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969709007475>. Acesso em 6 nov. 2019.
- FOSSEN, Haakon. **Structural geology**. New York: Cambridge University Press, 2010. 481 p.
- FROST, B. Ronald; BARNES, Calvin G.; COLLINS, William J.; ARCULUS, Richard J.; ELLIS, David J.; FROST, Carol D. A geochemical classification for granitic rocks. **Journal of petrology**, Oxford, Inglaterra: Oxford University Press, v. 42, n. 11, p. 2033-2048, nov. 2001. DOI <https://doi.org/10.1093/petrology/42.11.2033>. Disponível em: <https://academic.oup.com/petrology/article/42/11/2033/1480305>. Acesso em 7 nov. 2019.
- GRADIM, R. J.; ALKMIM, Fernando Flecha; PEDRO-SOARES, Antônio Carlos; BABINSKI, Marly; NOCE, Carlos

- Maurício. Xistos verdes do Alto Araçuaí, Minas Gerais: vulcanismo básico do Rifte neoproterozóico Macaúbas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 4 supl., 59-69, dez. 2005. Disponível em: <http://pgegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9401/9897>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- GREEN, J. Geochemical table of the elements for 1959. **Geological Society of America Bulletin**, New York, US, v. 70, p. 1127-1184, set. 1959. DOI [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1959\)70\[1127:GTOTEF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1959)70[1127:GTOTEF]2.0.CO;2). Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsa Bulletin/article-abstract/70/9/1127/5112/GEOCHEMICAL-TABLE-OF-THE-ELEMENTS-FOR-1959?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em 7 nov. 2019.
- GRUNSKY, E. C. The interpretation of geochemical survey data. **Geochemistry Exploration and Environmental Analysis**, London: The Geological Society of London, v. 10, p. 27-74, fev. 2010. DOI <http://dx.doi.org/10.1144/1467-7873/09-210>. Disponível em: <https://geea.lyellcollection.org/content/10/1/27>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- HASUI Y. A grande colisão pré-cambriana do Sudeste Brasileiro e a estruturação regional. **Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 141-169, jun. 2010. Disponível em: https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/29_2/Art_1_Hasui.pdf. Acesso em: 7 nov. 2019.
- HOFFMANN, K.-H.; CONDON, D. J.; BOWRING, S. A.; CROWLEY, J. L. U–Pb zircon date from the Neoproterozoic Ghaub Formation, Namibia: constraints on Marinoan glaciation. **Geology**, Boulder, Colorado, US: Geological Society of America, v. 32, p. 817-820, set. 2004. DOI <https://doi.org/10.1130/G20519.1>. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geology/article-abstract/32/9/817/103754/U-Pb-zircon-date-from-the-Neoproterozoic-Ghaub?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- HOFFMAN, Paul F.; LI, Z.-X. A palaeogeographic context for Neoproterozoic glaciation. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, NL: Elsevier Scientific Publishing, v. 277, p. 158-172, jun. 2009. DOI <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2009.03.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031018209001114>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- HOFFMAN, Paul F.; SCHRAG, Daniel P. The snowball earth. **Scientific American**, v. 9, n. 38, 1999.
- INDA, H. A. V.; BARBOSA, J. F. **Texto explicativo para o mapa geológico do Estado da Bahia**. Salvador: SME. 1978. 137 p. Escala 1:1.000.000.
- JOHANSSON, Å. From Rodinia to Gondwana with the ‘SAMBA’ model: a distant view from Baltica towards Amazonia and beyond. **Precambrian Research**, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, v. 244, p. 226-245, maio 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2013.10.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301926813003070?via%3Dihub>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- LAPWORTH, Dan J.; KNIGHTS, Katherine V.; KEY, Roger M.; JOHNSON, Christopher C.; AYOADE, Emmanuel; ADEKANMI, Michael A.; ARISEKOLA, Tunde M.; OKUNLOLA, Olugbenga A.; BACKMAN, Birgitta; EKLUND, Mikael; EVERETT, Paul A.; LISTER, Robert T.; RIDGWAY, John; WATTS, Michael J.; KEMP, Simon J.; PITFIELD, Peter E. J. Geochemical mapping using stream sediments in west-central Nigeria: implications for environmental studies and mineral exploration in West Africa. **Applied Geochemistry**, Oxford, Inglaterra, GB: Pergamon Press, v. 27, n. 6, p. 1035-1052, jun. 2012. DOI <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2012.02.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088329271200056X>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J. T.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2-diagram and major element analyses – its relationships with current nomenclature. **Chemical Geology**, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, v. 29, n. 1/4, p. 183-210, 1980. DOI [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(80\)90020-0](https://doi.org/10.1016/0009-2541(80)90020-0). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0009254180900200?via%3Dihub>. Acesso em 7 nov. 2019.
- KARFUNKEL, B.; KARFUNKEL, J. **Fazielle Entwicklung der mittleren Espinhaco- Zone rr'it besonderer Berücksichtigung des Tillit-Problems, Minas Gerais/ Brasilien**. 1975. 86 f. Dissertação (Doutorado em geociências) Geowissenschaftlichen – Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Alemanha, 1975.
- LE MAITRE, R. W., 1982. **Numerical Petrology. Elsevier developments in petrology**, v. 8. Amsterdam: Elsevier, jul. 1982. 281 p.
- LEVINSON A. A. **Introduction to exploration geochemistry**. Illinois: Maywood Applied Publishers, 1974. 605 p.
- LI, Zheng X.; BOGDANOVA, Svetlana V.; COLLINS, Alan S.; DAVIDSON, Anthony; De WAELE, Bert; ERNST, Richard E.; FITZSIMONS, Ian C. W.; FUCHS, Reinhardt A.; GLADKOCHUB, Dimitrii P.; JACOBS, Joachim.; KARLSTROM, Karl E.; LUL, Shansong; NATAPOVM, Lev M.; PEASE, Victoria L.; PISAREVSKY, Sergei A.; THRANE, Kristine; VERNIKOVSKY, Valery. Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: a synthesis. **Precambrian Research**, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, v. 160, n. 1/2, p. 179–210, jan. 2008. DOI <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301926807001635>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- MACHADO, Nuno; SCHRANK, Alfonso; ABREU, Francisco Robério; KNAUER, Luiz Guilherme; ALMEIDA ABREU, Pedro Angelo. Resultados preliminares da geocronologia U–Pb na Serra do Espinhaço Meridional. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA NÚCLEO MINAS GERAIS, 5.; SIMPÓSIO DE GEOLOGIA NÚCLEO BRASÍLIA, 1., 1989, **Anais** [...]. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Boletim 10, nov. 1989. p. 171–174. Disponível em: <http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2017/11/boletim-10-5-SGMG.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2019.

- MANLY, Bryan F. J. **Multivariate statistical methods: a primer**. London: Chapman Hall, 1986. 159 p.
- MARSHAK, Stephen; ALKMIM, Fernando Flecha; WHITTINGTON, Alan; PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos. Extensional collapse in the Neoproterozoic Araçuaí orogen, eastern Brazil: a setting for reactivation of asymmetric crenulation cleavage. **Journal of Structural Geology**, New York, US: Pergamon Press, v. 28, n. 1, p. 129–147, jan. 2006. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/1978>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- MARTINS-NETO Marcelo A. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: registro de uma bacia rift-sag do Paleó/Mesoproterozóico. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 151-168, jun. 1998. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11206/10668>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- NOCE, Carlos Maurício; TASSINARI, Colombo; LOBATO, Lydia Maria; Geochronological framework of the Quadrilátero Ferrífero, with emphasis on the age of gold mineralization hosted in Archean greenstone belts. **Ore Geology Reviews**, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, v. 32, p. 500-510, nov. 2007. DOI <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2005.03.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169136807000261?via%3Dihub>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- O'CONNOR, J. T. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. **U.S. Geological Survey Professional Paper - 525B**, Washington: United States Government Printing Office, p. 79-84, 1965. DOI <https://doi.org/10.3133/pp525B>. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/pp/0525b/report.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos. **Metamorfismo, granitogênese e mineralizações associadas na região de Coronel Murta, NE de Minas Gerais, Brasil**. 1984. 236 f. Dissertação (Mestrado em prospecção e geologia econômica) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1984.
- PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos; NOCE, Carlos Maurício; VIDAL, Philippe; MONTEIRO, Rui L.B.P.; LEONARDOS, Othon Henry. Toward a new tectonic model for the Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) – West Congolian (SW Africa) Belt. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, Inglaterra, GB: Pergamon Press, v. 6, n. 1/2, p. 33-47, jul./ago. 1992. DOI [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(92\)90015-Q](https://doi.org/10.1016/0895-9811(92)90015-Q). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S089598119290015Q>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos; VIDAL, Philippe; LEONARDOS, Othon Henry; BRITO-NEVES, Benjamim Bley. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: further evidence and refutation of an exclusively ensialic evolution for the Araçuaí-West Congo orogen. **Geology**, Boulder, Colorado, US: Geological Society of America, v. 26, n. 6, p. 519-522, jun. 1998. DOI [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1998\)026<0519:NORIEB>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1998)026<0519:NORIEB>2.3.CO;2). Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/geology/article-abstract/26/6/519/206869/Neoproterozoic-oceanic-remnants-in-eastern-Brazil?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos; NOCE, Carlos Maurício; WIEDEMANN, Cristina Maria; PINTO, Claiton Piva. The Araçuaí-West Congo orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. **Precambrian Research**, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, v. 110, p. 307-323, ago. 2001. DOI [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00174-7](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00174-7). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301926801001747>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos; NOCE, Carlos Maurício; ALKMIM, Fernando Flecha; SILVA Luiz Carlos da; BABINSKI, Marly; CORDANI, Umberto; CASTAÑEDA, Cristiane. Orógeno Araçuaí: uma síntese 30 anos após Almeida 1977. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p. 1-16, set. 2007. DOI <https://doi.org/10.18285/geonomos.v15i1.103>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11628>. Acesso em 7 nov. 2019.
- PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos; ALKMIM, Fernando Flecha; TACK, Luc; NOCE, Carlos Maurício; BABINSKI, Marly; SILVA, Luiz Carlos; MARTINS-NETO, Marcelo Augusto. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West Congo orogeny. **Geological Society**, London, Special Publications, v. 294, p. 153-172, jan. 2008. DOI <https://doi.org/10.1144/SP294.9>. Disponível em: <https://sp.lyellcollection.org/content/294/1/153.short>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- PFLUG, Reinhard; SCHOLL, Walter Uwe. Proterozoic glaciations in eastern Brazil: a review. **Geologisch Rundschau**, [s.l.] v. 64, n. 1, p. 287-299, 1975. DOI <https://doi.org/10.1007/BF01820669>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01820669>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- QUEIROGA, Gláucia Nascimento; PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos; QUÉMÉNEUR, Joel; CASTAÑEDA, Cristiane. A unidade metassedimentar do ofiolito de Ribeirão da Folha, Orógeno Araçuaí, Minas Gerais: petrografia, geotermobarometria e calcografia. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p. 25-35, jul. 2006. DOI <https://doi.org/10.18285/geonomos.v14i1.119>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11548>. Acesso em: 07 nov. 2019.
- QUEIROGA, Gláucia Nascimento; PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos; NOCE, Carlos Maurício; ALKMIM, Fernando Flecha; PIMENTEL, Márcio Martins; DANTAS, Elton; MARTINS, Maximiliano; CASTAÑEDA, Cristiane; SUITA, Marcos Tadeu de Freitas; PRICHARD, Hazel. Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí Orogen: the U-Pb zircon (LA-ICPMS) dating of a plagiogranite. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p. 61-65, jul. 2007. DOI <https://doi.org/10.18285/geonomos.v15i1.107>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11632>. Acesso em: 7 nov. 2019.

- REIMANN, Clemens; FILZMOSER, Peter; GARRETT, Robert Gilmer. Factor analysis applied to regional geochemical data: problems and possibilities. **Applied Geochemistry**, Oxford, Inglaterra, GB: Pergamon Press, v. 17, p. 185-206, mar. 2002. DOI [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(01\)00066-X](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(01)00066-X). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088329270100066X>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- REIMANN, Clemens; FILZMOSER, Peter; GARRETT, Robert Gilmer. Dutter, Rudolf. **Statistical data analysis explained: applied environmental statistics with r**. Chichester, England: John Wiley & Sons, Ltd, 2008. 362 p.
- RICE, C. M.; TREWIN, N. H. Preface. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: earth and environmental science. **Royal Society of Edinburgh Scotland Foundation**, Edinburgh, v. 94, n. 4, p. 283-284. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0263593300000687>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/earth-and-environmental-science-transactions-of-royal-society-of-edinburgh/article/preface/5D0339E2045954311E021015045B7F03>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- ROBB, Laurence. **Introduction to Ore-Forming processes**. Oxford: Blackwell Science Ltd, 2005. 373 p. Disponível em: https://kursatozcan.com/ders_notlari/Introduction_to_Ore_Forming_Processes.pdf. Acesso em: 7 nov. 2019.
- ROSE, Arthur. W.; HAWKES, Herbert Edwin; WEBB, John S. **Geochemistry in mineral exploration**. London: Academic Press, 1979. 657 p.
- SCHÖLL, W. U. Der südwestliche Randbereich der Espinhaço-Zone, Minas Gerais, Brasilien. **Geologisch Rundschau**, [s.l.], v. 61, p. 201-216, 1972.
- SCHOBENHAUS, Carlos. **Estudo Geotectônico preliminar do depósito de ferro do rio Peixe Bravo, Norte de Minas Gerais**. Recife: SUDENE-DRN, 1972. 36. p. (Série Geologia Econômica, 8)
- SCHOBENHAUS, Carlos. **O Proterozóico Médio no Brasil com ênfase à Região Centro-Leste: uma revisão**. 1993. 166 f. Tese (Doutorado, Geowissenschaftliche Fakultät) – Faculdade Geocientífica, Universidade de Freiburg, Freiburg im Breisgau, 1993.
- SCHOBENHAUS, Carlos; BRITO NEVES, Benjamim Bley de. A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana *In*: BIZZI, Luiz A.; SCHOBENHAUS, Carlos; VIDOTTI, Roberta M.; GONÇALVES, João H. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**, Brasília: CPRM, p. 5-25. 2003. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/1212>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- SCHOBENHAUS, Carlos. As tafrogêneses superpostas Espinhaço e Santo Onofre, Estado da Bahia: revisão e novas propostas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 265-276, dez. 1996. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11326/10792>. Acesso em: 7 nov. 2019.
- SHAND, Samuel James. **Eruptive rocks: their genesis, composition, and classification, with a chapter on meteorites**. New York: J. Willey & Sons, Inc. 1943
- SILVA, Luiz Carlos da; ARMSTRONG, Richard; NOCE, Carlos Maurício; CARNEIRO, Maurício Antônio; PIMENTEL, Márcio; PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos; LEITE, Carlos Augusto; VIEIRA, Válter Salino; PAES Vínicius José de Castro; CARDOSO FILHO, João Moraes. Reavaliação U-Pb SHRIMP em terrenos précambrianos brasileiros. Parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 513-528, dez. 2002. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9847/9821>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- SILVA, Luiz Carlos; PEDROSA-SOARES, Antonio Carlos; ARMSTRONG Richard. Tonian rift-related, A-type continental plutonism in the Araçuaí Orogen, eastern Brazil: new evidence for the breakup stage of the São Francisco Congo Paleo continent. **Gondwana Research**, [s.l.], v. 13, p. 527-537, jul. 2008. DOI <https://doi.org/10.1016/j.gr.2007.06.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1342937X07001281>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- SPEARMAN, C. E., “General intelligence” objectively determined and measured. **The American Journal of Psychology**, Oak Street, Champaign, IL: University of Illinois Press, v. 15, n. 2, p. 201-293, abr. 1904. DOI <http://dx.doi.org/10.2307/1412107>. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/1412107?origin=crossref&seq=1#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 8 nov. 2019.
- TABACHNICK, Barbara. G.; FIDELL, Linda S. **Using multivariate statistics**. London: Allyn and Bacon, 2001. 305 p.
- TAYLOR, S. R. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, GB: Pergamon Press, v. 28, p. 1273-1286, ago.1964. DOI [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(64\)90129-2](https://doi.org/10.1016/0016-7037(64)90129-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0016703764901292?via%3Dihub>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- THOMPSON, D. T. EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data. **Geophysics**, United States: SEG Library, v. 47, p.31-37, 1982. DOI <https://doi.org/10.1190/1.1441278>. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1964GeCoA..28.1273T/abstract>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- TROMPETTE, Roland R; UHLEIN, Alexandre, SILVA, Marcos E.; KARMANN, Ivo. O Cráton brasileiro do São Francisco: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 481-486, dez. 1993. Disponível em: <http://bjg.siteoficial.ws/1992/n.4/9.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- TROUW, R. A. J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A., PACIULLO, F.; VALERIANO, C. M., ALMEIDA, J. C. H.; TUPINAMBÁ, M.; ANDREIS, R. R. The central segment of the Ribeira Belt. Rio de Janeiro, *In*: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A. CAMPOS, D.A. (ed.), **Tectonic Evolution of South America**, INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 31., 2000, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro, 2000. p. 287-310. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19419>

- TURNER, F. J.; WEISS, L. E. **Structural analysis of metamorphic tectonites**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1963, 560 p.
- UHLEIN, Alexandre. **Transição cráton faixa dobrada:** exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuai (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais. Aspectos estratigráficos e estruturais. 1991. 295 p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, maio. 1991. DOI 10.11606/T.44.1991.tde-27102015-092630. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-27102015-092630/pt-br.php>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- UHLEIN, Alexandre; TROMPETTE, Roland R.; EGYDIO-SILVA, Marcos. Rifteamentos superpostos e tectônica de inversão na borda sudeste do Cráton do São Francisco. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 99-107, jul.1995. DOI <https://doi.org/10.18285/geonomos.v3i1.219>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11525>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- UHLEIN, Alexandre. **Paleogeografia e inversão tectônica da Faixa Araçuai e do Corredor do Paramirim, Minas Gerais-Bahia**. 2004. 130 p. Tese (Livre-Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- UHLEIN, Alexandre; TROMPETTE, Roland R.; EGYDIO-SILVA, Marcos. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, Oxford, Inglaterra, GB: Pergamon Press, v. 11, n. 2, p. 191-203, mar. 1998. DOI [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(98\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(98)00010-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895981198000108>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- VILELA, Francisco Teixeira. **Caracterização de metadiamictitos ferruginosos da Formação Nova Aurora (Grupo Macaúbas, Orógeno Araçuai) a oeste de Salinas, MG**. 2010. 135 p. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, jul.2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-8FEFPP>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- VIVEIROS, J. F. M.; SÁ, E. L.; VILELA, O. V.; SANTOS, O. M.; MOREIRA, J. M. P.; HOLDER-NETO, F.; VIEIRA, V. S. 1978. Geologia dos vales dos rios Peixe Bravo e Alto Vacaria, norte de Minas Gerais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. **Anais[...]** Recife: SBG, 1978, v.1, p. 243-250. Disponível em: <http://www.sbgeo.org.br/home/pages/44>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- WEDEPOHL, K. H. **Handbook of Geochemistry**. Berlin: Springer-Verlag, 1978. 1055 p.
- WEDEPOHL, K.H., The composition of the continental crust. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, London, GB: Pergamon Press, v. 59, p. 1217-1232, abr. 1995. DOI [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(95\)00038-2](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00038-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0016703795000382>. Acesso em: 8 nov. 2019.
- YARIV, S., & CROSS, H. **Geochemistry of colloids systems for earth scientists**. Berlin: Springer, 1979.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em três grandes linhas de atuação:

- Geologia e Recursos Minerais;
- Geologia Aplicada e Ordenamento Territorial;
- Hidrologia e Hidrogeologia.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.



Maiores informações: <http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Responsabilidade-Social/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel->
 ---ODS-319

Programa Geologia do Brasil

Levantamentos Geológicos Básicos

ISBN
978-85-7499-580-9

GEOLOGIA

E RECURSOS MINERAIS

FOLHAS NOVA AURORA – SD.23-Z-D-V-4,

RIO PARDO DE MINAS – SD.23-Z-D-V-2 E

SANTO ANTÔNIO DO RETIRO – SD.23-Z-D-II-4

O Projeto Rio Pardo de Minas (folhas Nova Aurora – SD.23-Z-D-V-4, Rio Pardo de Minas – SD.23-Z-D-V-2 e Santo Antônio do Retiro – SD.23-Z-D-I-4I), resulta de uma ação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, empresa pública vinculada à Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do Ministério de Minas e Energia.

Este projeto foi realizado no âmbito do Programa Geologia do Brasil e executado pela Superintendência de Belo Horizonte.

Apresenta o estado da arte do conhecimento geológico e de recursos minerais na escala 1:50.000 de uma área de de 2.250 km², localizada na região setentrional de Minas Gerais.

Os produtos deste projeto deverão auxiliar os órgãos de planejamento das esferas de governo federal, estadual e municipal, em especial ao governo do estado de Minas Gerais e seus respectivos municípios, no estabelecimento de políticas públicas de desenvolvimento regional, assim como a iniciativa privada, na medida em que serve de base para pesquisa mineral, além de, subsidiar estudos de zoneamento ecológico-econômico e de gestão ambiental do território.

ESTADO DE MINAS GERAIS



Escala: 1:50.000

PROJETO RIO PARDO DE MINAS



PAC

www.cprm.gov.br

SERVIÇO DE ATENDIMENTO AO USUÁRIO - SEUS

Tel: 21 2295-5997 – Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

OUIDORIA

Tel: 21 2295-4697 – Fax: 21 2295-0495
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL – CPRM

SECRETARIA DE
GEOLOGIA, MINERAÇÃO
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL