

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Geologia
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Programa Geologia do Brasil

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA
FOLHA MONTES CLAROS*
SE.23-X-A-VI

Escala 1:100.000

ESTADO DE MINAS GERAIS

***Parceria com**



Contrato Nº 010/PR/2010



BELO HORIZONTE
2014

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL – PGB
INTEGRAÇÃO, ATUALIZAÇÃO E DIFUSÃO DE DADOS DA GEOLOGIA DO BRASIL

CPRM - SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE
AV. BRASIL, 1731 – BAIRRO FUNCIONÁRIOS
BELO HORIZONTE – MG – 30.140-002
FAX: (31) 3878-0383
TEL: (31) 3878-0307
HTTP://WWW.CPRM.GOV.BR
BIBLIOTECABH@CPRM.GOV.BR

Chaves, Mario Luiz de Sá C.
Geologia e recursos minerais da folha Montes Claros
SE.23-X-A-VI: Estado de Minas Gerais / Mario Luiz de Sá
C. Chaves [e] Kerley W. Andrade. – Belo Horizonte : CPRM,
2014.
80 p. : il. : 30 cm

ISBN 978-85-7499-186-3

Programa Geologia do Brasil.

1. Geologia regional – Brasil – Minas Gerais. 2. Recursos
minerais – Brasil – Minas Gerais. I. Andrade, Kerley W. II. Título.

CDD 558.151

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA DIDOTE/SEUS POR
TERESA CRISTINA SAMPAIO ROSENHAYME - CRB7 / 5663

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil - CPRM
É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Geologia
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Programa Geologia do Brasil

**GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA
FOLHA MONTES CLAROS**

ESTADO DE MINAS GERAIS

Mario Luiz de Sá C. Chaves
Kerley W. Andrade



BELO HORIZONTE
2014

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Geologia
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Programa Geologia do Brasil

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA MONTES CLAROS

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
Edison Lobão
Ministro de Estado

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
Carlos Nogueira da Costa Junior
Secretário

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Manoel Barretto da Rocha Neto
Diretor-Presidente
Roberto Ventura Santos
Diretor de Geologia e Recursos Minerais
Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial
Antônio Carlos Bacelar Nunes
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento
Eduardo Santa Helena
Diretor de Administração e Finanças
Reginaldo Alves dos Santos
Chefe do Departamento de Geologia
Edilton José dos Santos
Chefe de Divisão de Geologia Básica
Patrícia Düringer Jacques
Chefe de Divisão de Geoprocessamento
Paulo Roberto Macedo Bastos
Chefe da Divisão de Cartografia
Ernesto von Sperling
Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação
José Márcio Henriques Soares
Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

Marco Antônio Fonseca
Superintendente Regional
Márcio Antônio da Silva
Gerente de Geologia e Recursos Minerais
Márcio de Oliveira Cândido
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial
Marcelo de Araújo Vieira
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento
Cléria Sebastiana Vieira
Gerente de Administração e Finanças

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Professor Jaime Arturo Ramírez
Reitor
Professora Maria Márcia Magela Machado
Diretora do Instituto de Geociências

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais
Departamento de Geologia
Superintendência Regional de Belo Horizonte

CRÉDITOS DE AUTORIA DO RELATÓRIO

Mario Luiz de Sá C. Chaves - UFMG
Kerley W. Andrade - UFMG /GEOMILTDA

COORDENAÇÃO - UFMG

Antônio Carlos Pedrosa Soares

APOIO TÉCNICO

Departamento de Geologia
Reginaldo Alves dos Santos
Divisão de Geologia Básica
Edilton José dos Santos
Divisão de Geoprocessamento
João Henrique Gonçalves
Superintendência Regional de Belo Horizonte
Marco Antônio Fonseca
Gerência de Recursos Minerais
Márcio Antônio da Silva
Gerência de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Marcelo de Araújo Vieira
Revisão preliminar do Texto
Valter Salino Vieira
Organização e Coordenação
Luiz Carlos da Silva
Colaboração - Estagiários de Geologia
Guilherme Cotta Gonçalves
Caroline Cibele Vieira Soares
Coordenação de Revisão Bibliográfica
Roberta Pereira da Silva de Paula
Organização, Preparo e Controle da Edição Final
Alan Düssel Schiros

Editoração para publicação
UNIKA Editora

EDIÇÃO DO PRODUTO DIGITAL

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento
Departamento de Relações Institucionais e Divulgação – DERID - Ernesto von Sperling
Divisão de Marketing e Divulgação – DIMARK - José Márcio Henriques Soares
Divisão de Geoprocessamento – DIGEOP/SA – Reginaldo Leão Neto – SIG/GEOBANK

APRESENTAÇÃO

O Programa Geologia do Brasil (PGB), desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, é responsável pela retomada em larga escala dos levantamentos geológicos básicos do país. Este programa tem por objetivo a ampliação acelerada do conhecimento geológico do território brasileiro, fornecendo subsídios para mais investimentos em pesquisa mineral e para a criação de novos empreendimentos mineiros, com a consequente geração de oportunidades de emprego e renda. Além disso, os dados obtidos no âmbito desse programa também são aplicados em projetos de águas subterrâneas, gestão territorial e em outras atividades de interesse social. Destaca-se, entre as ações mais importantes e inovadoras desse programa, a estratégia de implementação de parcerias com grupos de pesquisa de universidades públicas brasileiras, em trabalhos de cartografia geológica básica na escala 1:100.000. Trata-se de uma experiência que, embora de rotina em outros países, foi de caráter pioneiro no Brasil, representando uma importante quebra de paradigmas para as instituições envolvidas. Essa parceria representa assim, uma nova modalidade de interação com outros setores de geração de conhecimento geológico, à medida que abre espaço para a atuação de professores, em geral líderes de grupos de pesquisa, os quais respondem diretamente pela qualidade do trabalho e possibilitam a inserção de outros membros do universo acadêmico.

Esses grupos incluem também diversos pesquisadores associados, bolsistas de doutorado e mestrado, recém-doutores, bolsistas de graduação, estudantes em programas de iniciação científica, dentre outros. A sinergia entre a interação de parcela considerável do universo acadêmico com a excelência em cartografia geológica praticada pelo Serviço Geológico do Brasil resulta em enriquecedor processo de produção de conhecimento geológico, que beneficia não apenas a academia e a CPRM, mas também a comunidade geocientífica e à indústria mineral.

Os resultados obtidos mostram um importante avanço, tanto na cartografia geológica quanto no estudo da potencialidade mineral e do conhecimento territorial em amplas áreas do território. O refinamento da cartografia, na escala adotada, fornece aos potenciais usuários, uma ferramenta básica, indispensável aos futuros trabalhos de exploração mineral ou àqueles relacionados à gestão ambiental e à avaliação de potencialidades hídricas, dentre outras aplicações.

Além disso, o projeto foi totalmente desenvolvido em ambiente SIG e vinculado ao Banco de Dados Geológicos da CPRM (GEOBANK), incorporando o que existe de mais atualizado em técnicas de geoprocessamento aplicada à cartografia geológica básica. Este volume contém a Nota Explicativa da Folha Montes Claros (SE.23-X-A-VI), juntamente com o Mapa Geológico na escala 1:100.000 em ambiente SIG, executado pela UFMG, através do Contrato CPRM-UFMG No.010/PR/2010.

Esse conjunto também está disponível no Portal da CPRM na Internet, no endereço www.cprm.gov.br.

MANOEL BARRETTO DA ROCHA NETO
Diretor - Presidente
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

ROBERTO VENTURA SANTOS
Diretor de Geologia e Recursos Minerais
Serviço Geológico do Brasil - CPRM

RESUMO

Na região abrangida pela Folha Montes Claros (1:100.000), no centro-norte de Minas Gerais, identificou-se uma sucessão de rochas neoproterozóicas, as quais são cobertas principalmente por sedimentos cenozóicos. Essas sequências se estruturam em dois domínios tectônicos distintos: (1) no extremo sudeste da folha, encontra-se pequeno trecho da borda oeste do Orógeno Araçuaí, onde afloram metassedimentos do Grupo Macaúbas (formações Duas Barras e Serra do Catuni), mais antigos, empurrados sobre o Cráton São Francisco e nivelados ao topo por coberturas detrítico-lateríticas, provavelmente terciárias; (2) um segundo domínio tectônico desenvolve-se largamente por todo setor centro-ocidental da folha, constituído por amplas áreas suavemente dobradas, de cobertura cratônica, onde alternam-se metassedimentos das formações Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade (Grupo Bambuí), sobrepostos localmente por sedimentos holocênicos, dos tipos colúvio-eluviais e aluvionares.

No Grupo Macaúbas, sua formação basal (Duas Barras) é constituída na área por quartzitos e quartzitos ferruginosos, enquanto no topo ocorre a Formação Serra do Catuni, formada por metadiamicritos. Em termos cartográficos, evidenciou-se a larga presença de litotipos do Grupo Bambuí, o qual constitui a mais espessa cobertura cratônica ao nível regional. Essa sequência, de natureza pelito-carbonática, é formada por metassiltitos na base (Formação Serra de Santa Helena), por calcários e metassiltitos rítmicos na porção intermediária (Formação Lagoa do Jacaré), e por metargilitos e metassiltitos no topo (Formação Serra da Saudade). As sequências pré-cambrianas anteriormente descritas são cobertas por sedimentos holocênicos de três tipos: (1) Depósitos detrítico-lateríticos; (2) Depósitos colúvio-eluviais e; (3) Depósitos aluvionares.

A mais importante característica geoeconômica da região é representada pelos imponentes horizontes de rochas calcárias do Grupo Bambuí (Formação Lagoa do Jacaré), além de depósitos menores de quartzo e/ou ouro em veios hidrotermais, e de areia quartzosa. Somente o calcário é lavrado na região regularmente, onde existem quatro minas em atividade nos arredores da cidade de Montes Claros, que abastecem a indústria cimenteira local e também fornecem brita para o município, em franca expansão. Esses bens minerais ainda carecem de estudos detalhados para definir seus reais potenciais, embora o potencial de aproveitamento de rochas calcárias seja evidente pela larga expressão das suas duas faixas de ocorrência.

ABSTRACT

In the region of the Montes Claros sheet (1:100,000 scale), in central-north region of the Minas Gerais State, we identified a succession of Neoproterozoic rocks, which are mostly covered by Cenozoic sediments. These sequences are structured in two distinct tectonic domains: (1) on the southeastern occurs a small part of the Araçuaí orogen, where older metasedimentary rocks of the Macaúbas Group (Duas Barras and Serra do Catuni formations) are thrust on the São Francisco Craton, and at top are covered by a detrital lateritic level, probably of Tertiary age; (2) a second tectonic domain develops widely throughout west-central sector of the sheet, consisting of large areas slightly folded of cratonic cover, with metasedimentary rocks of the Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré and Serra da Saudade formations (Bambuí Group), locally covered by Holocene sediments of the eluvial-colluvial and alluvial types.

In Macaúbas Group, their basal unit (Duas Barras Formation) in this area consists of quartzite and ferruginous quartzite, while in the top unit occur metadiamicrites of the Serra do Catuni Formation. In cartographic terms, is observed the large presence of Bambuí Group rocks, which is the thicker cratonic cover at regional level. This sequence of pelitic-carbonate nature, consists of metasilstones at the base (Serra de Santa Helena Formation), for limestone and rhythmic metasilstones in the intermediate portion (Lagoa do Jacaré Formation), and metargilaceous rocks and minor metasilstones at the top (Serra da Saudade Formation). The Precambrian sequences are covered by Holocene sediments of three types: (1) detritical lateritic deposits, (2) colluvial-eluvial deposits, and (3) alluvial deposits.

The most important geoeconomic feature of this region is represented by the large limestone levels in the Bambuí Group (Lagoa do Jacaré Formation). And smaller deposits of hydrothermal vein deposits of quartz and/or gold, and quartz sand. Only the limestone is mined regularly in the region, where there are four mines in operation near the town of Montes Claros, which supply the local cement industry and also provides gravel for the city in frank expansion. These mineral commodities still require detailed studies to define its real potential, although the potential use of limestone is evident by the wide expression of its two occurrence areas.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	17
1.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	17
1.2 - DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO	17
1.3 - AGRADECIMENTOS.....	18
2 – ASPECTOS FISIOGRAFICOS	21
2.1 - CLIMA E VEGETAÇÃO	21
2.2 - HIDROGRAFIA E GEOMORFOLOGIA.....	21
3 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	23
3.1 - PRINCIPAIS MAPEAMENTOS E ESTUDOS ANTERIORES	23
3.2 - SUPERGRUPO ESPINHAÇO	23
3.3 - SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO	25
3.4 - COBERTURAS FANEROZÓICAS.....	25
4 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.....	27
4.1 - SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO	27
4.1.1 - Grupo Macaúbas	27
4.1.2 - Grupo Bambuí.....	32
4.2 - GRUPO AREADO	37
4.2.1 - Formação Abaeté (K1ab).....	37
4.3 - FORMAÇÃO URUCUIA (K2U)	38
4.4 - DEPÓSITOS DETRÍTICO-LATERÍTICOS (N1DL)	39
4.5 - DEPÓSITOS COLÚVIO-ELUVIAIS (N34EC).....	39
4.6 - DEPÓSITOS ALUVIONARES (N4A)	40
5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL	41
6 – PETROGRAFIA E LITOGEOQUÍMICA.....	45
6.1 - PETROGRAFIA.....	45
6.1.1 - Formação Duas Barras	45
6.1.2 - Formação Serra do Catuni (Grupo Macaúbas).....	45
6.1.3 - Formação Serra de Santa Helena (Grupo Bambuí)	45
6.1.4 - Formação Lagoa do Jacaré - Metassiltitos Rítmicos (Grupo Bambuí)	49
6.1.5 - Formação Lagoa do Jacaré - Calcários (Grupo Bambuí).....	49
6.1.6 - Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí)	55
6.1.7 - Formação Urucua	58
6.2 - LITOGEOQUÍMICA.....	58
7 – GEOCRONOLOGIA E EVOLUÇÃO GEOLÓGICA.....	65
7.1 - GEOCRONOLOGIA	65
7.2 - EVOLUÇÃO GEOLÓGICA.....	67
8 – RECURSOS MINERAIS.....	69
8.1 - CALCÁRIO	69
8.1.1 - Aspectos Econômicos	69
8.2 - QUARTZO	72
8.3 - OUTROS RECURSOS MINERAIS	72
9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA MONTES CLAROS

ESTADO DE MINAS GERAIS

1 – INTRODUÇÃO

A região norte de Minas Gerais foi colonizada durante a primeira metade do século XIX, como parte da rota Diamantina – Montes Claros – Chapada Diamantina, que integrava o longo percurso de ligação entre as zonas mineradoras de diamantes (e ouro, em menor escala) de Minas Gerais e da Bahia, bem como servia de abastecedora de carnes e de alguns produtos agrícolas às mesmas. Na atualidade, a cidade de Montes Claros constitui a sexta cidade mais populosa do Estado, com cerca de 360.000 habitantes, apresentando um imponente parque industrial em plena expansão.

Os trabalhos de mapeamento geológico da Folha Montes Claros (SE23-X-A-VI) integram-se ao “Projeto Geologia do Brasil – Convênio CPRM/UFMG-IGC-CPMTC”, em sua terceira fase, tendo como principais objetivos a cartografia geológica da folha na escala 1:100.000, com base em sua estratigrafia atualizada e geologia estrutural, bem como cadastramento de seus recursos minerais. Constituem, ainda, uma extensão dos trabalhos desenvolvidos ao sul, nos âmbitos das folhas Jequitaiá (Chaves & Benitez, 2006) e Bocaiúva (Chaves & Andrade (2009).

1.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A Folha Montes Claros está situada na porção centro-norte de Minas Gerais (Figura 1.1), na faixa divisora entre os rios São Francisco (a oeste) e Jequitinhonha (a leste). O principal acesso desde Belo Horizonte é feito pela BR-040 até o trevo para Curvelo, onde se toma a BR-259 até esta última cidade. Daí, pela BR-135 até Corinto e, passando por Buenópolis e Bocaiúva, alcança-se a cidade de Montes Claros, na porção centro-oeste da folha.

A partir dessa cidade, diversas rodovias asfaltadas importantes acessam as porções noroeste (BR-135), norte (BR-122), nordeste (BR-251), leste/sudeste (ligação Montes Claros – Glaucilândia/Juramento) e sudoeste (BR-365) da folha, ressaltando a importante malha rodoviária local. Dezenas de estradas menores, encascalhadas, atingem vilarejos menores e grandes fazendas. Seis municípios são abrangidos pela folha: Montes Claros, Bocaiúva, Guaraciama, Glaucilândia, Juramento e Francisco Sá, sendo que a sede de três destes (Montes Claros, Glaucilândia e Juramento) encontra-se dentro dos seus limites (Figura 1.2).

A área mapeada na escala 1:100.000 compreende um polígono situado entre as coordenadas 43°30' e 44°00' de longitude oeste, e 16°30' e 17°00' de latitude sul, abrangendo uma superfície total com cerca de 2.500 km² (Figura 1.1).

1.2 - DADOS FÍSICOS DE PRODUÇÃO

Os trabalhos de campo na área compreendida pela Folha Montes Claros integram o Programa Geologia do Brasil, os quais culminaram na confecção do mapa geológico da região. Nesse contexto, foram realizadas quatro expedições de campo durante os meses de fevereiro, maio, junho e julho de 2010, os quais totalizaram 56 dias. Deve-se ressaltar, no entanto, que diversas incursões anteriores já haviam sido realizadas na área, durante os anos de 2007 e 2008, durante o mapeamento da Folha Bocaiúva, a sul, pelos mesmos presentes autores. Durante esses trabalhos, somados, foram identificadas 612 estações de afloramento, que constam em mapa específico. Sobre tais pontos, foram coletados 147

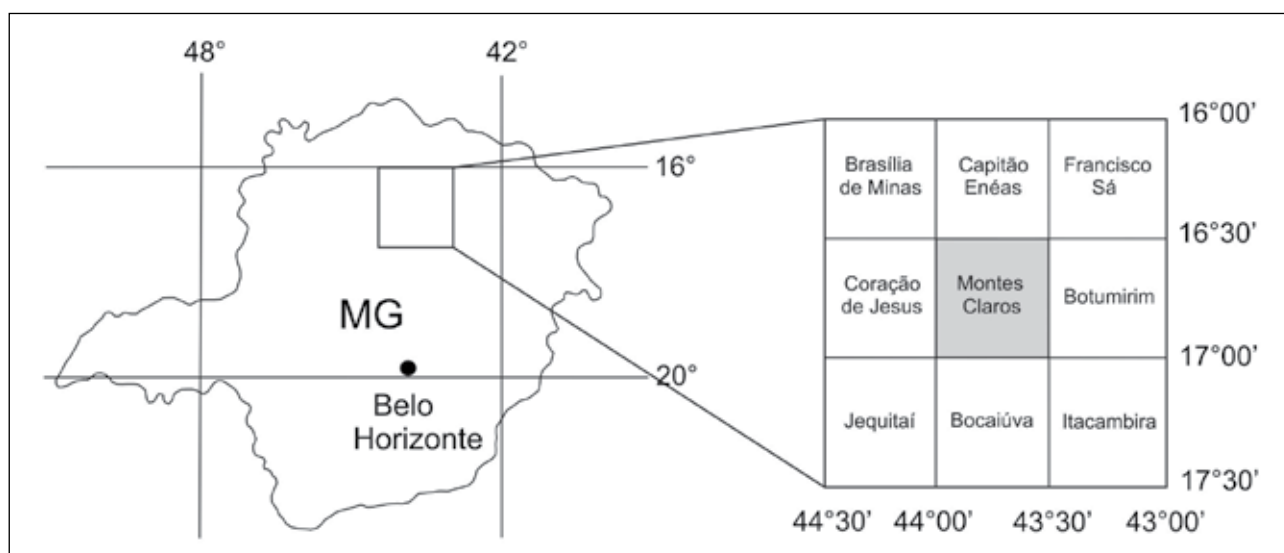


Figura 1.1 - Localização da Folha Montes Claros, incluindo suas articulações, na região centro-norte de Minas Gerais

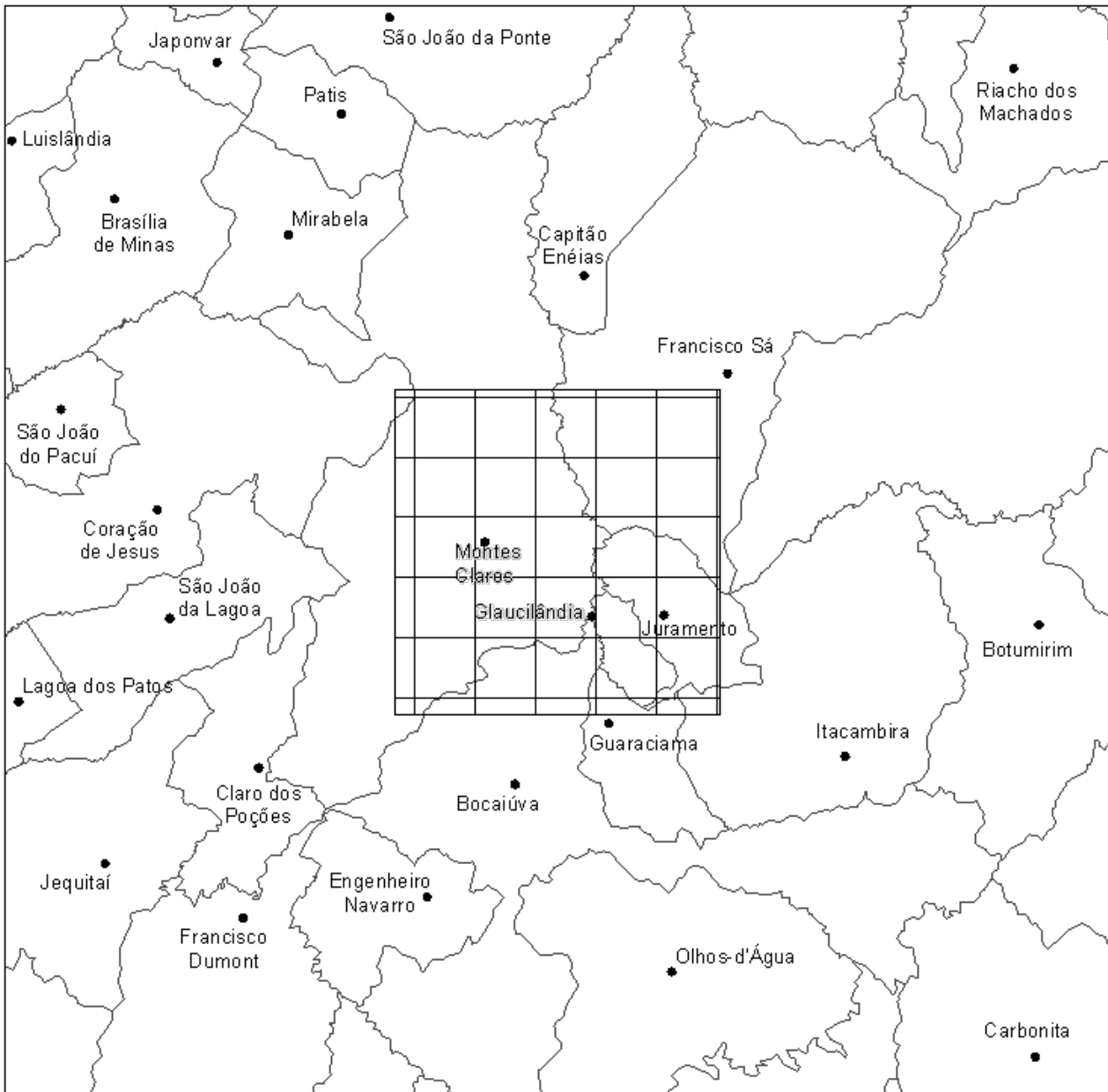


Figura 1.2 - Localização da área mapeada segundo a divisão política municipal, que inclui os municípios de Montes Claros, Francisco Sá, Juramento, Guaraciama, Bocaiúva e Glauclândia

amostras de rochas e/ou sedimentos, sendo que em 28 destas foram preparadas seções delgadas e examinadas ao microscópio petrográfico. Estes e outros dados relevantes de serem quantificados constam na tabela 1.1. Na Figura 1.3, ressalta-se imagem aérea da cidade sede dos trabalhos de mapeamento.

1.3 - AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar seus agradecimentos ao SGM-CPRM, que através do Programa Geologia do Brasil permitiu que tal trabalho fosse realizado, em especial às pessoas dos geólogos Luiz Carlos da Silva (Supervisor Geral, Brasília) e Fernando Antônio Rodrigues de Oliveira (Geremi, SUREG-BH). Aos dirigentes da Secretaria de Geologia, Mineração

e Transformação Mineral do MME, pela convicção e determinação que resultaram em mais uma profícua parceria com a Universidade Brasileira, em particular a Giles Carriconde, Cláudio Scliar, Roberto Ventura Santos, Agamenon Dantas e Manoel Barreto. Ao coordenador do projeto no âmbito do IGC/UFMG, Prof. Dr. Antônio Carlos Pedrosa Soares.

O primeiro autor deste trabalho (MLSCC) deseja também expressar seus agradecimentos aos colaboradores que participaram das diferentes etapas do mapeamento e/ou de apoio de escritório, a saber: geólogo Adolfo Baeta de Medeiros, geógrafa Dra. Leila Benitez, e estudantes de graduação em Geologia (Moisés Suleiman Oliveira) e de Engenharia de Minas da UFMG (Josué Mesquita de Souza Júnior, Paula Cristine Leal Oliveira e Leandro Seixas Bicalho), por suas muitas horas dedicadas ao projeto.

Tabela 1.1 - Principais dados de produção dos trabalhos de mapeamento da Folha Montes Claros

Dados de produção	Número
Pontos (estações) de campo	614
Amostras coletadas	147
Lâminas delgadas confeccionadas	28
Medidas de acamadamento	459
Medidas de foliação	337
Medidas de fratura	216
Quilometragem percorrida (aproximada)	1.150
Análises geoquímicas de rochas	10
Ocorrências/jazidas minerais cadastradas	29



Figura 1.3 - Imagem aérea da cidade de Montes Claros, a principal do norte do Estado de Minas Gerais, sede dos trabalhos de mapeamento geológico

2 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

2.1 - CLIMA E VEGETAÇÃO

Segundo dados do IBGE (1977), o clima predominante na região é o tropical, apresentando verões quentes e úmidos e invernos secos. A temperatura média anual é de 24° C, enquanto a média das mínimas varia em torno de 18° C, e a média das máximas em 32° C. A precipitação anual é de aproximadamente 900 mm. Nas porções mais elevadas da Serra do Espinhaço, a leste, os verões são relativamente menos intensos porém de maior umidade, com temperaturas médias em torno de 20° C. A cobertura vegetal que predomina nessa região em geral o cerrado, fortemente devastado pela criação de gado de corte, e ainda, nas partes de maior altitude, para o plantio de eucaliptos.

2.2 - HIDROGRAFIA E GEOMORFOLOGIA

A Folha Montes Claros situa-se quase integralmente no contexto da bacia do Rio São Francisco. No extremo sudeste da área, encontra-se a zona das cabeceiras do Rio Macaúbas, um afluente da bacia do Rio Jequitinhonha. Na porção central da folha, o vale do Rio Verde Grande constitui a principal drenagem a nível regional. Seu principal afluente é o Rio Juramento, que foi represado nas proximidades do vilarejo de Traçadal, servindo de reservatório para o abastecimento de água potável da cidade de Montes Claros.

Os principais aspectos geomorfológicos da Folha Montes Claros podem ser visualizados na imagem de modelo digital de terreno, apresentada na Figura 2.1. Nessa região predominam largamente

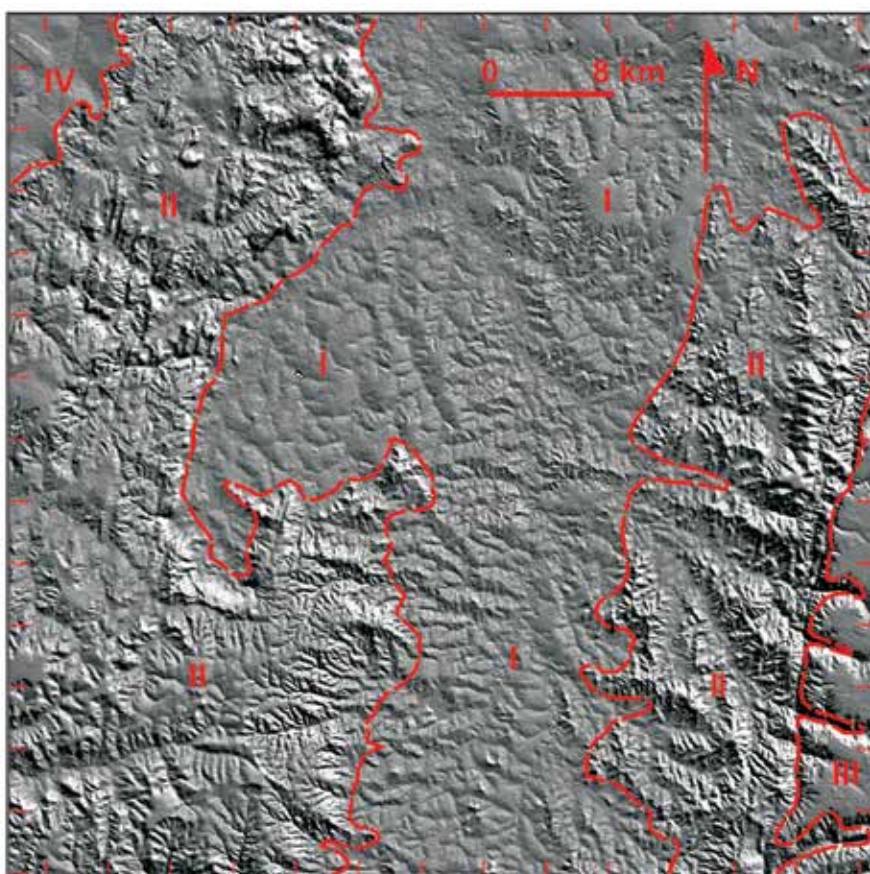


Figura 2.1 - Modelo digital do terreno no âmbito da Folha Montes Claros (Fonte: Projeto Shuttle Radar Topography Mission, NASA, disponível no site do United States Geologic Survey – USGS). Destacam-se na imagem, os domínios “I”, central, mais arrasado e esculpido em rochas da Formação Serra de Santa Helena (Grupo Bambuí); II, margeando o primeiro, mais “rugoso”, desenvolvido sobre as formações Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade; “III”, a sudeste da área, formando uma superfície de aplainamento (Superfície Sul-Americana) sobre rochas do Grupo Macaúbas, impermeáveis no relevo, e; “IV”, no extremo noroeste, uma outra superfície plana, mas baixa, possivelmente resultante do desmantelamento dos sedimentos arenosos da Formação Uruçuia

litologias proterozóicas suavemente dobradas, pertencentes ao Supergrupo São Francisco (Neoproterozóico), além de pequenas porções constituídas por unidades fanerozóicas representadas por rochas sedimentares cretácicas (formações Abaeté e Urucuia) e coberturas sedimentares inconsolidadas do Cenozóico. Tendo em vista os dobramentos muito suaves, com a fotointerpretação da imagem em associação às informações de controle de campo coletadas ao longo do projeto, foram identificados quatro domínios morfoestruturais característicos, ora designados de domínios “I”, “II”, “III” e “IV” (Figura 2.1).

O “Domínio I” encontra-se ressaltado na porção central da folha, caracterizando-se por sua expressão relativamente alisada e cotas mais baixas, resultante do trabalho de escavação erosiva do vale do Rio Verde Grande. Neste domínio são encontrados principalmente litotipos metapelíticos da Formação Serra de Santa Helena (Grupo Bambuí). O

“Domínio II” aparece margeando o anterior a leste e a oeste, expressado por sua rugosidade contrastante com a do outro. Possui cotas mais altas, onde se encontram rochas metapelíticas e/ou carbonáticas das formações Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade. O “Domínio III”, na porção sudeste da folha, caracteriza-se por sua expressão muito lisa, resultante do processo de aplainamento que resultou na “Superfície Sul-Americana” na região sudeste brasileira (King, 1956). Nessa área tal superfície se desenvolve sobre litotipos do Grupo Macaúbas, em altitudes entre 1.140 e 1.180 m. Por fim, o “Domínio IV”, situado no extremo noroeste, também apresenta uma feição lisa, porém sob altitudes inferiores, parecendo ser o resultado do desmantelamento dos depósitos arenosos da Formação Urucuia, cujos principais resquícios encontram-se mais ao sul, entremeados na faixa de abrangência do Domínio II (Figura 2.1).

3 – CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

3.1 - PRINCIPAIS MAPEAMENTOS E ESTUDOS ANTERIORES

A Folha Montes Claros é abrangida principalmente por mapeamentos de escala regional, sendo assim inteiramente descoberta de estudos em escalas de detalhe ou mesmo semidetalhe, excetuando-se talvez uns poucos trechos restritos. Os trabalhos de maior relevância já executados, os quais cobrem toda a área em foco, são devidos a (Figura 3.1):

- (1) Heineck *et al.* (2003) – Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais (Escala 1:1.000.000);
- (2) IGA (1978) – Projeto Radar, Mapa Geológico da Folha Montes Claros (Escala 1:500.000);
- (3) Féboli (1985) – Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais, Carta Geológica Montes Claros (Escala 1:250.000).

Além destes, um pequeno setor no extremo sudeste da folha (4) foi abrangido no âmbito do trabalho de Tese de Doutorado de Martins (2006), na escala 1:50.000. O trabalho contou ainda com os seqüenciamentos geológicos das folhas situadas a sul, (5) Bocaiúva (Chaves & Andrade, 2009) e a leste (6) Botumirim (Guimarães *et al.*, 1996).

A região de Montes Claros está inserida na zona de transição entre o Cráton São Francisco e a Faixa de Dobramentos Araçuaí (Figura 3.2). A zona cratônica, na definição original de Almeida (1977)

constitui uma área plataformal cujo embasamento se consolidou em tempos pré-brasilianos, servindo assim de antepaís para os dobramentos ocorridos no Brasiliano. Alkmim *et al.* (1993) aperfeiçoaram esse conceito, sendo então o cráton “entendido como uma feição do Proterozóico Superior, ou seja, moldada pelo Evento Brasiliano, embora tenha se consolidado como segmento da litosfera continental no Arqueano”.

A Faixa Araçuaí corresponde ao lado brasileiro do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental, parte do sistema orogenético Brasiliano-Pan Africano. Segundo Pedrosa-Soares *et al.* (2001), em sua evolução podem ser reconhecidos: (1) um estágio de rifteamento continental com importante contribuição de sedimentação glaciogênica (1,0-0,9 Ga), (2) o desenvolvimento de uma margem passiva (800 Ma) e, (3) com o fechamento dessa bacia oceânica, a geração de um arco magmático (625-570 Ma).

O grau metamórfico predominante é o da fácies xisto verde baixo (Uhlein *et al.*, 1998, Pedrosa-Soares *et al.*, 2001). Em termos litoestratigráficos, afloram rochas paleoproterozóicas tardias e mesoproterozóicas do Supergrupo Espinhaço, bem como rochas neoproterozóicas do Supergrupo São Francisco, representadas pelos grupos Macaúbas e Bambuí. A oeste da Serra do Espinhaço, rochas do Grupo Bambuí predominam largamente.

Souza (1985), reconheceu quatro grandes unidades tectonogeológicas na região da Folha Pirapora (1:250.000), que abrange a região logo ao sul da área enfocada:

- (1) Rife intracratônico (Mesoproterozóico);
- (2) Bacia epicontinental marinha (Neoproterozóico);
- (3) Bacia tipo sinéclise (Mesozóico);
- (4) Cobertura superimposta final (Cenozóico).

Tais domínios de natureza geotectônica correspondem, respectivamente, às seguintes unidades litoestratigráficas (reconhecidas na região): (1) Supergrupo Espinhaço, (2) Supergrupo São Francisco, (3) Grupo Areado, e (4) Depósitos Detrítico-Lateríticos, Colúvio-Eluviais e Aluvionares. As duas principais seqüências em termos geológicos, metalogenéticos e de representatividade regional, os supergrupos Espinhaço e São Francisco, serão a seguir descritas com maior detalhamento.

3.2 - SUPERGRUPO ESPINHAÇO

O Supergrupo Espinhaço, não aflorante no âmbito da Folha Montes Claros, porém importante

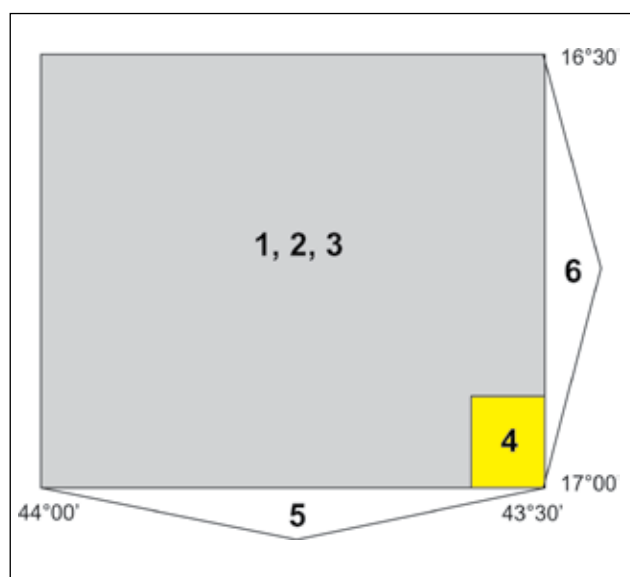


Figura 3.1 - Principais trabalhos de mapeamento geológico executados anteriormente no contexto da Folha Montes Claros e adjacências. 1 – Heineck *et al.* (2003), 2 – IGA (1978), 3 – Féboli (1985), 4 – Martins (1986), 5 – Chaves & Andrade (2009), 6 – Guimarães *et al.* (1996)

marco geológico regional, inclui rochas predominantemente quartzíticas que compõem a serra homônima, que se estende em sentido norte-sul desde o centro de Minas Gerais até a parte norte da Bahia fronteira com o Piauí. Na altura aproximada do paralelo 17°30'S, um trecho de descontinuidade divide a serra em dois domínios. A porção sul é conhecida como Serra do Espinhaço Meridional, que termina a norte numa estrutura antiformal que compõe a parte norte da Folha Bocaiúva (ao sul), enquanto a porção norte é designada Serra do Espinhaço Central, a qual tem seu início no Anticlínório (ou Anticlinal) de Itacambira, a leste da região. A partir da zona limítrofe de Minas Gerais com a Bahia, a serra adentra o Cráton São Francisco e passa a ser conhecida como Espinhaço Setentrional (Schobbenhaus, 1993; 1996; Chaves, 1997).

A Serra do Espinhaço Meridional tem sido objeto de amplos estudos geológicos, motivados historicamente pela presença de diamantes nessa região. Esse fato propiciou uma literatura extensa desde o final do século XIX, e a evolução dos conceitos acerca da mesma não será discutida neste relatório. O Supergrupo Espinhaço teve sua estratigrafia detalhada nos trabalhos de Pflug (1965, 1968), Schöll & Fogaça (1979) e Dussin *et al.* (1990), entre muitos outros, onde são reconhecidas nove formações da base para o topo: Bandeirinha, São João da Chapada, Sopa-Brumadinho, Galho do Miguel, Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande. As quatro basais são incluídas

no Grupo Diamantina e as cinco superiores no Grupo Conselheiro Mata. Quanto à evolução da bacia, prevalece a hipótese de uma deposição em ambiente de rifte continental que evoluiu para uma bacia intracratônica ensialica, com registro das fases pré-rifte, rifte, transicional e flexural (Dussin & Dussin, 1995; Martins-Neto *et al.*, 2001). Essa deposição iniciou-se por volta de 1,75 Ga, fornecida por metavulcânicas associadas às unidades basais do Supergrupo Espinhaço, e sua idade limite inferior é ainda desconhecida (Macchado *et al.*, 1989).

A Serra do Espinhaço Central, cuja aba oeste aparece no limite sudeste da Folha Montes Claros, por sua vez é menos estudada. Os principais trabalhos estratigráficos devem-se a Karfunkel e Karfunke1 (1976, 1977), que propuseram uma coluna estratigráfica para a região de Itacambira, reconhecendo as formações Itacambiruçu, Resplandecente, Água Preta e Matão (da base para o topo). A partir de estudos nos arredores de Grão Mogol, Chaves (1997) e Chaves *et al.* (1999), propuseram a correlação da Formação Resplandecente com a Formação Galho do Miguel, do Espinhaço Meridional, e reconheceram uma outra unidade, superior, designada de Formação Grão Mogol, portadora de metaconglomerados diamantíferos. Ainda mais ao norte, Chaves *et al.* (2005), realizaram novos estudos estratigráficos e ressaltaram a necessidade de integração dos dados existentes.

De modo geral as porções Meridional e Central da Serra do Espinhaço constituem extensas es-

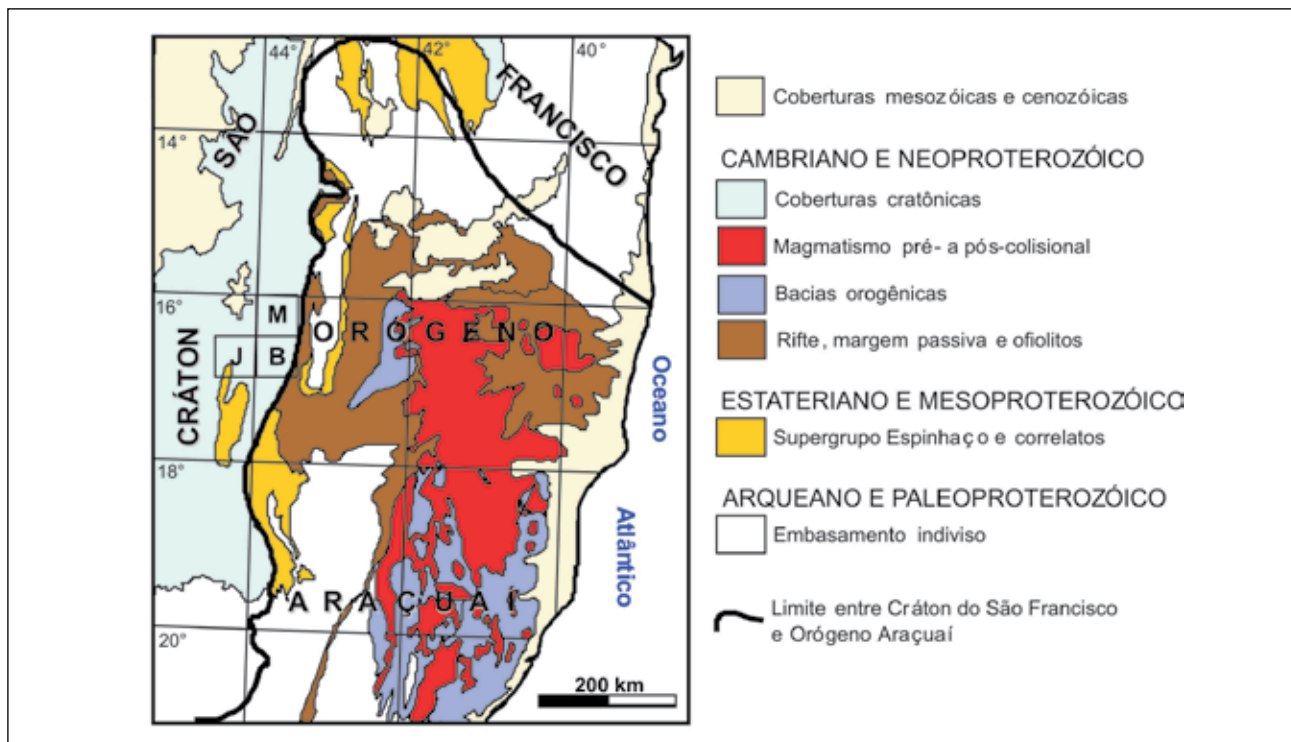


Figura 3.2 - Situação geotectônica da Folha Montes Claros (M) em relação ao Cráton São Francisco e o Orógeno Araçuai, mostrando-se ainda as outras folhas mapeadas pelo primeiro autor e equipe no âmbito dos projetos sob convênio CPRM/UFMG-IGC. Folha Jequitai (J) e Folha Bocaiúva (B)

truturas anticlinórias. Ao sul do paralelo 18°30'S são muito frequentes as falhas de empurrão que caracterizam um cinturão de cavalgamento com vergência para oeste. A norte desse paralelo as rochas são deformadas em dobras amplas, cortadas por falhas de alto ângulo (Noce & Fogaça, 1996). Ao sul, a Serra do Espinhaço Central distingue-se por ser constituída de dois flancos relativamente estreitos de um anticlinal e por exibir rochas mais homogêneas. Ao norte, na região de Porteirinha – Monte Azul, a estratigrafia parece complexar-se novamente, e apenas o flanco leste da estrutura se faz presente (Chaves *et al.*, 2005). O grau metamórfico exibido pelas rochas do Supergrupo Espinhaço em ambas as domínios é da fácies xisto verde baixo, e distante das zonas de cisalhamento muitas feições sedimentares são preservadas, como estratificações cruzadas e marcas onduladas.

3.3 - SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO

Sob a designação de Supergrupo São Francisco tem sido agrupadas todas as sequências deposicionais do Neoproterozóico na região centro-norte de Minas Gerais (Pflug & Renger, 1973). Na região, essas sequências são representadas pelos grupos Macaúbas e Bambuí.

O Grupo Macaúbas (Moraes & Guimarães, 1930) aflora extensamente a leste da Serra do Espinhaço, enquanto a oeste ele ocorre como uma faixa delgada e descontínua. A espessura total da unidade varia de menos que 50 m, na região da Serra do Cabral, até mais que 500 m a leste da Serra do Espinhaço. Tal sequência registra todos os estágios de uma bacia que evolui do rifteamento continental para uma margem passiva. Pode ser dividido em uma unidade proximal (em relação ao cráton) composta por depósitos pré-glaciais e glaciais, e outra distal, composta por depósitos de margem passiva como turbiditos e também por uma unidade vulcano-sedimentar que evidencia a presença de crosta oceânica (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001). Na área de trabalho afloram somente depósitos da unidade proximal.

As rochas sedimentares de natureza pelito-carbonática que afloram no vale do Rio São Fran-

cisco são descritas em numerosas localidades desde Derby (1879). Rimann (1917), designou de “Série Bambuí” rochas análogas da borda sul do cráton, expressão que tornou-se consagrada pelo uso na literatura geológica brasileira. O Grupo Bambuí apresenta uma extensa cobertura cratônica, limitada a leste pela Serra do Espinhaço e a oeste pela Faixa de Dobramentos Brasília, com espessura total de sedimentos próxima de 1.000 m (Uhlein, 1991; Martins-Neto & Alkmim, 2001). Sua estratigrafia é representada pelas formações Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias, da base para o topo (Branco & Costa, 1961; Dardenne, 1978).

3.4 - COBERTURAS FANEROZÓICAS

O registro sedimentar da Bacia Sanfranciscana iniciou-se durante o Paleozóico (Permo-Carbonífero) com depósitos glaciogênicos (Formação Floresta) e continentais (Formação Tabuleiro), ambos incluídos no Grupo Santa Fé, aflorante na região de Santa Fé de Minas e imediações (Campos & Dardenne, 1994; 1997a,b).

Numerosos estudos têm abrangido a sedimentação mesozóica, que teve início do Cretáceo Inferior, com a instalação da Bacia Areado (Grupo Areado), integrada pelas formações Abaeté, Quiricó e Três Barras (vide síntese em Sgarbi *et al.*, 2001). Destas três, somente a unidade basal atingiu domínios mais setentrionais, ocorrendo reliquiariamente sobre toda margem oeste da Serra do Espinhaço. Os depósitos do Grupo Areado são cobertos por rochas vulcânicas e sedimentares pertencentes ao Grupo Mata da Corda (Cretáceo Superior), o qual, entretanto, não aflora na porção norte de Minas Gerais. Depósitos neocretácicos são representados nesta região pela Formação Urucuia, constituindo principalmente rochas arenosas de origem eólica.

Depósitos cenozóicos aparecem sobre todos os outros descritos anteriormente, sendo formados por coberturas detrítico-lateríticas terciárias, e depósitos quaternários na forma de coberturas eluviais, coluviais e aluvionares (Heineck *et al.*, 2003).

4 – UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

No âmbito da Folha Montes Claros (1:100.000) foram reconhecidas onze unidades de mapeamento, individualizadas como formações e/ou coberturas cenozóicas; da base para o topo (Figuras 4.1 e 4.2): (1) Supergrupo São Francisco (formações Duas Barras e Serra do Catuni, do Grupo Macaúbas; e formações Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade, do Grupo Bambuí). Na Formação Lagoa do Jacaré foram ainda reconhecidas duas subunidades; (2) Grupo Areado (Formação Abaeté); (3) Formação Uruçuia; (4) Depósitos Detrítico-Lateríticos; (5) Depósitos Colúvio-Eluviais; e (6) Depósitos Aluvionares. Ressalte-se o amplo predomínio da Formação Serra de Santa Helena na porção central da folha, na área arrasada pelo esculpimento do vale do Rio Verde Grande, afluente do Rio São Francisco.

4.1 - SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO

Rochas pertencentes a esta grande unidade de natureza sedimentar, depositada durante o Neoproterozóico, constituem a maior parte da Folha Montes Claros. No Supergrupo São Francisco são reconhecidas duas sequências, os grupos Macaúbas (basal) e Bambuí (superior), sendo o primeiro ainda subdividido nas formações Duas Barras e Serra do Catuni, e o segundo nas formações Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré (ainda dividido segundo sua litologia dominante) e Serra da Saudade. O domínio situado no extremo sudeste da folha marca o *front* de empurrão que delimita as rochas da Faixa de Dobramentos Araçuaí, desenvolvida no Ciclo Brasileiro, com as sobrejacentes no Cráton São Francisco.

4.1.1 - Grupo Macaúbas

A sucessão estratigráfica, bem como a evolução sedimentar do Grupo Macaúbas, tem sido alvo de longas discussões. Essa unidade foi descrita originalmente por Moraes & Guimarães (1930), como “Formação Macahubas” na área do rio homônimo, na Folha Itacambira (a leste), e depois Moraes (1932) procurou detalhar sua distribuição regional. Nesses trabalhos as formações “Sopa” e “Macahubas”, base e topo respectivamente, eram integradas no âmbito da “Série Lavras”. Apesar de não observarem contatos entre as duas, a presença de diamantes em ambas, bem como a suposição de um ambiente glaciogênico geral, fez com que esses autores fizessem tal correlação.

Entretanto, Pflug (1965, 1968) desfez essa associação, associando a unidade “Sopa” à sua então proposta “Formação Sopa-Brumadinho”, intercalada

entre os quartzitos da Serra do Espinhaço. Hettich (1973, 1977) elevou a sequência superior à categoria de Grupo Macaúbas, nela reconhecendo seis unidades informais, designadas por letras de “A” até “F”, em estudos na região entre Diamantina e Itamarandiba. Em princípio, a mesma sequência embora com alterações faciológicas, foi descrita por Karfunkel & Karfunkel (1976, 1977) na faixa entre Itacambira e Grão Mogol, os quais designaram-nas de formações Califorme, Terra Branca e Caçaratiba. Noce *et al.* (1997) revisaram a estratigrafia desse grupo com base nas propostas do então recém-encerrado “Projeto Espinhaço”, reconhecendo, da base para o topo, as formações Domingas, Duas Barras, Rio Peixe Bravo, Serra do Catuni, Nova Aurora, Chapada Acauã, Salinas e Capelinha, e tais designações têm sido amplamente utilizadas na atualidade.

Formação Duas Barras (NP1db)

Litotipos semelhantes aos encontrados nessa unidade foram denominados de “Unidade A” por Hettich (1973, 1977), a nordeste de Diamantina, ou ainda de “Formação Califorme”, por Karfunkel & Karfunkel (1976, 1977) na Folha Itacambira (a sudeste da Folha Montes Claros). A designação “Duas Barras” foi tirada do lugarejo homônimo na margem oeste do Rio Jequitinhonha; sua extensão para as rochas em posição similar na região do Espinhaço Meridional, aqui admitida, foi alcunhada durante a execução do Projeto Espinhaço em meados da década de 1990, sendo posteriormente formalizada por Noce *et al.* (1997).

A Formação Duas Barras ocorre na folha exclusivamente em duas pequenas áreas, no seu setor sudeste, constituindo somente cerca de 2% do total mapeado. Em ambas as áreas, compreendem escamas de empurrão sobrepondo unidades mais jovens; a escama meridional, sobre o Grupo Bambuí, estende-se nessa mesma direção, onde já havia sido mapeada no âmbito da Folha Bocaiúva (Chaves & Andrade, 2009), enquanto a outra, situada a nordeste, aparece embutida na Formação Serra do Catuni, que lhe é imediatamente superior no próprio Grupo Macaúbas.

Em termos geomorfológicos, constitui uma área serrana, relativamente acidentada (Figura 4.3), contrapondo-se aos litotipos mais arrasados da Formação Serra do Catuni. Somente ao sul, na Folha Bocaiúva, aflora seu contato basal, que ali se dá com a Formação Galho do Miguel, do Supergrupo Espinhaço. Na área de exposição a leste, observa-se seu contato de topo, brusco e concordante, feito com a Formação Serra do Catuni, do mesmo grupo. Na es-

FANEROZÓICO	
CENOZÓICO	
NEÓGENO	
N4a	Depósitos aluvionares. A unidade compõe-se de sedimentos arenosos com cascalhos inconsolidados, com amplo predomínio de seixos de quartzo arredondados, e também por sedimentos enriquecidos em frações mais finas, constituídos de silte e argila. Os depósitos mais representativos ocorrem na porção meridiana central da folha, sobre a Formação Serra de Santa Helena, onde se verificam as cotas mais baixas da região, acompanhando o vale do Rio Verde Grande.
N34ec	Depósitos colúvio-eluviais. Sedimentos areno-siltosos, amarelos a avermelhados, localmente com níveis mais grossos e com fragmentos angulosos a subangulosos de quartzo de veio esparsos, local e restritamente apresentando o desenvolvimento de superfícies lateritizadas. A unidade aflora em manchas restritas sobre a Formação Serra de Santa Helena, principalmente na faixa central da área, e na borda oeste da mesma, cobrindo as formações Lagoa do Jacaré (calcários) e Serra da Saudade. Na atualidade, tais depósitos encontram-se em grande parte cobertos por eucaliptais, dificultando observações detalhadas de ordem geológica.
N12dl	Depósitos detrítico-lateríticos. Coberturas arenosas finas a médias, consolidadas ou semi-consolidadas, em geral de coloração vermelha intensa denotando contribuição ferruginosa. Comumente se associam a tais depósitos concreções ferruginosas centimétricas até decimétricas, em diversos locais formando horizontes de laterita potentes até 2 m de espessura. De modo característico tais coberturas possuem forte controle altimétrico, entre 1.150 e 1.180 m, cobrindo planamente o maciço serrano arrasado, representado na margem sudeste da folha, e estendendo-se para leste em direção à Folha Botumirim.
MESOZÓICO	
CRETÁCEO SUPERIOR	
FORMAÇÃO URUCUIA	
K2u	Arenitos finos, com intercalações locais de siltitos. Os arenitos predominam amplamente, de cores branca a branca-avermelhada, de granulometria fina (localmente média ou mostrando seixos esparsos), com estratificações plano-paralelas ou suavemente cruzadas. Os arenitos siltosos e siltitos apresentam coloração roxa característica, e são alvo frequente de aproveitamento para a construção civil. Essa formação ocorre nas porções sudoeste e centro-oeste da folha, aproximadamente controlada pelo mesma superfície de aplainamento dos depósitos detrítico-lateríticos, entre 1.010-1.060 m.
CRETÁCEO INFERIOR	
GRUPO AREADO	
FORMAÇÃO ABAETÉ	
K1ab	Conglomerados clasto-sustentados, polimíticos, com seixos de quartzitos (predominantes), quartzo e metapelito. Tal rocha se caracteriza pela quase ausência de matriz e um cimento silicoso. Essa unidade ocorre restrita e exclusivamente em diminuta parte no extremo sudeste da folha, onde encontra-se capeada pela cobertura detrítico-laterítica.
PROTEROZÓICO	
NEOPROTEROZÓICO	
SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO	
GRUPO BAMBUÍ	
FORMAÇÃO SERRA DA SAUDADE	
NP2ss	Predomínio de siltitos e argilitos. Essas rochas apresentam-se na coloração rosada, com tons amarelados quando alteradas. Ocorrem localmente, de modo característico na base da unidade, níveis ricos em intraclastos centimétricos formados pelo mesmo material da matriz (siltitos ou argilitos). A unidade está presente sobretudo em faixa a oeste da área mapeada, estendendo-se nesta direção para a Coração de Jesus.
FORMAÇÃO LAGOA DO JACARÉ	
NP2jlc	Calcilitos e calcarenitos predominantes. Constituem calcários cinza escuros, muitas vezes maciços e puros, localmente estratificados (principalmente nas proximidades da outra subunidade), ocorrendo no topo da formação. Apresenta-se em duas faixas bem distribuídas, a leste e a oeste da folha, ambas com disposição longitudinal. A faixa oriental é mais estreita, e suas rochas mais impuras (intercalações de margas e siltitos são comuns) e geralmente mostram estratos mais finos, intimamente relacionados à subunidade inferior. A faixa ocidental, mais larga, apresenta potentes pacotes quase contínuos a partir da parte centro-oeste da folha, e por tal razão é lavrada em diversos locais.
NP2jls	Ritmitos que mostram alternâncias de níveis milimétricos argilo-siltosos de coloração cinza-clara, com níveis carbonáticos de coloração cinza-escura. Essa subunidade ocorre na folha, caracteristicamente, na base da formação. Sua mais importante faixa de distribuição encontra-se na porção centro-noroeste da folha, como pequenas manchas isoladas ou mesmo compondo uma região serrana (Serra dos Fonecas e adjacências), a norte da mesma, onde adentra para as folhas Montes Claros (a norte) e Jequitáí (a oeste). Níveis isolados de calcários (não representáveis na escala) ocorrem principalmente no topo da subunidade, na faixa serrana.
FORMAÇÃO SERRA DE SANTA HELENA	
NP2sh	Metassiltitos e folhelhos ardosiânicos intercalados. Essa unidade predomina homogeneamente em larga faixa, por toda extensão central e mais rebaixada da folha, e seus litótipos em geral apresentam-se bastante intemperizados. É típico sobre tais rochas o desenvolvimento de um solo com pedaços alterados de rocha foliada juntamente a pedaços angulosos, centimétricos de quartzo de veio.
GRUPO MACAÚBAS	
FORMAÇÃO SERRA DO CATUNI	
NP1sc	Metadiamicritos cinza-claros, em geral apresentando raros a raríssimos clastos centimétricos de quartzo e quartzito. A matriz em geral é silítica, e em certos locais a ausência completa de clastos torna a rocha um metassiltito. Essa unidade, aflorante exclusivamente no setor sudeste da folha, é considerada uma variação lateral de fácies em posição mais distal, da Formação Jequitáí, que ocorre a sul na Folha Bocaiuva. Estruturalmente ela é alóctone, com massas empurradas de leste para oeste sobre os metassedimentos do Grupo Bambuí.
FORMAÇÃO DUAS BARRAS	
NP1db	Quartzo-metarenitos de granulação fina a média, impuros e mal selecionados, branco amarronzados ou acinzentados, localmente com seixos e horizontes de microconglomerados. Comumente ocorrem intercalações centimétricas a métricas de quartzitos cinza escuros, bastante ferruginosos. As principais estruturas primárias presentes nos quartzitos são estratificações cruzadas de baixo ângulo com sets variando até 50 cm e marcas de onda assimétricas. A unidade aflora em escamas apertadas, em faixas empurradas sobre o Grupo Bambuí, ou embutidas na Formação Serra do Catuni, do mesmo grupo.

Figura 4.1 - Legenda das unidades litoestratigráficas identificadas na Folha Montes Claros

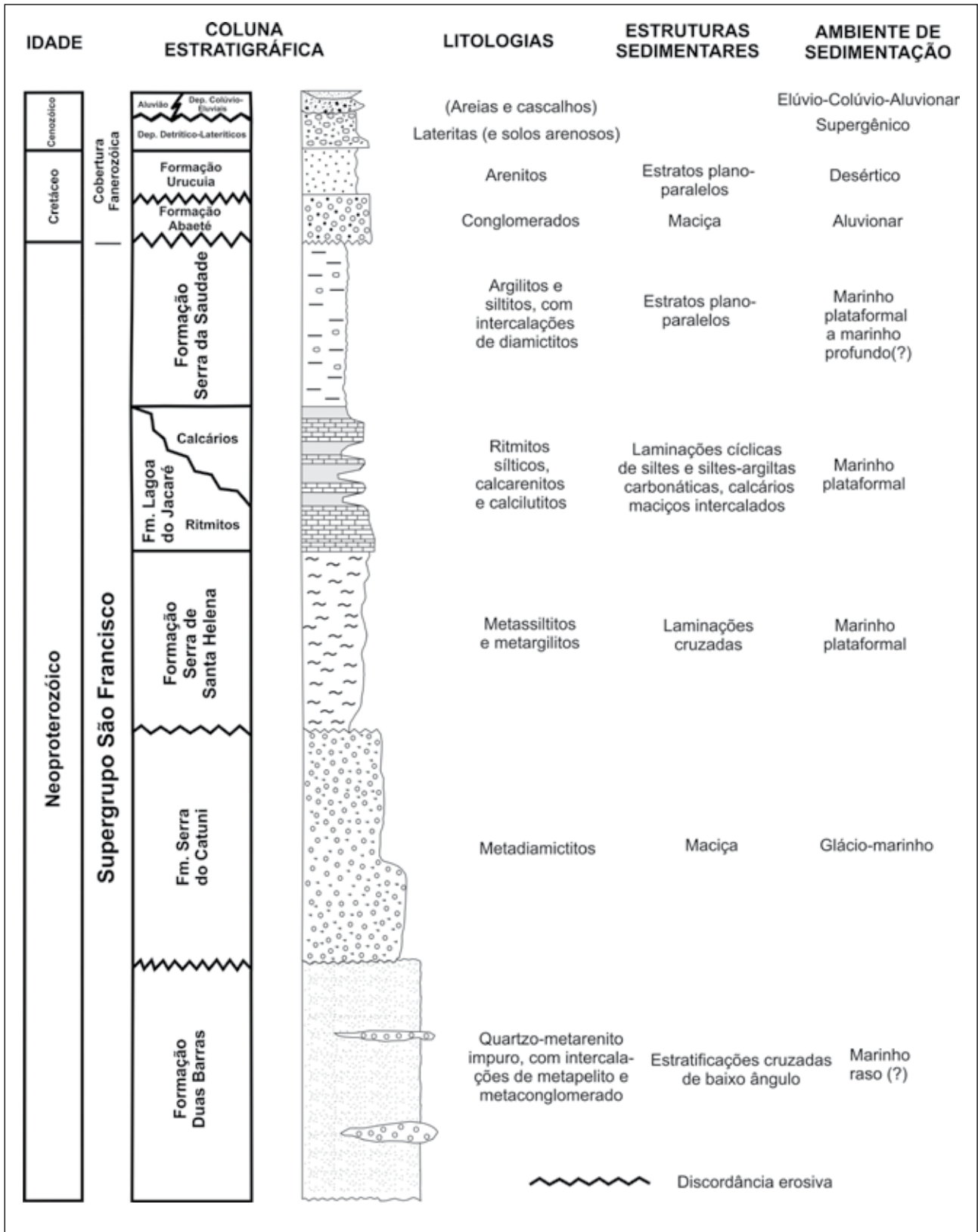


Figura 4.2 - Coluna estratigráfica proposta para a Folha Monte Claros, destacando as estruturas sedimentares presentes e seus ambientes de sedimentação (as espessuras das unidades não se encontram em escala real)

trada que liga Juramento a Itacambira (a última fora da área), a leste de Pau de Óleo, afloram excelentes exposições dessa unidade.

Os principais litotipos presentes correspondem a quartzo-metarenitos de granulação fina a média, geralmente impuros e mal selecionados, esbranquiçados, acinzentados, ou amarelo-amarronzados (Figura 4.4). Localmente, aparecem clastos de quartzo, angulosos e de diâmetro menor que 5 cm, ou mesmo horizontes delgados de microconglomerados. A sudeste da localidade de Saracura foram observados horizontes de quartzitos fortemente ferruginosos e recristalizados na zona de empurrão sobre o Grupo Bambuí. A deformação bastante intensa na zona de afloramento da porção basal dessa unidade, não permitiu a preservação de estruturas sedimentares primárias. Somente nas exposições mais a leste, e sob cotas mais altas, permite-se observar algumas estruturas como estratos cruzados de pequenos porte (<50 cm) e baixo ângulo, além de raras marcas onduladas assimétricas.

A impureza e a imaturidade do quartzo-metarenito da Formação Duas Barras foram ressaltadas por Karfunkel & Karfunkel (1977), ao descreverem-no na região de Itacambira (a sudeste) contendo mica, epidoto, turmalina e opacos como acessórios, sendo característicos níveis conglomeráticos métricos com clastos principalmente de quartzitos, de até 20 cm de diâmetro. Noce & Fogaça (1996), na Folha Botumirim, descreveram também tais quartzitos como mal selecionados, impuros, de granulação média a grossa, sendo freqüentes os níveis ricos em grânulos. Além disso, outra característica marcante então observada foi o alto grau de imaturidade, pela presença de feldspato, podendo ainda conter fragmentos líticos.

Esses dados apontam para diversas características regionais em comum para a unidade. Embora, no âmbito da Folha Montes Claros existam algumas peculiaridades (o grau de imaturidade não é tão alto e os níveis com grânulos ou conglomeráticos ocorrem muito localizados), tais diferenças provavelmente refletem apenas particularidades no ambiente de deposição ao longo da paleobacia. A caracterização da espessura real da unidade é dificultada, por não ocorrer sua base na área e pelas duas escamas de empurrão presentes, o que a fazem desaparecer inteiramente na maior parte da faixa de exposição do Grupo Macaúbas. A leste de Santa Cruz, um perfil expedito determinou espessura mínima de 100 m para a sequência, o que condiz com o verificado a sul, na Folha Bocaiúva (Chaves & Andrade, 2009).

Noce *et al.* (1997) e Babinski *et al.* (2007) consideraram uma possível sedimentação “fluvial a costeira” para a Formação Duas Barras. De outro modo, para Martins (2006) essa unidade representaria uma sedimentação marinha rasa associada à abertura do rifte Araçuá, onde os metarenitos de granulação grossa estariam relacionados a fluxos oscilatórios de alta energia, com geração de marcas

onduladas assimétricas em zonas de arrebenção. A idade máxima de deposição da Formação Duas Barras é estimada em 900 Ma (Martins, 2006), e os dados geocronológicos disponíveis serão melhor discutidos no Capítulo 7.

Formação Serra do Catuni (NP1sc)

Assim como a unidade anteriormente descrita, a Formação Serra do Catuni foi designada durante os trabalhos de mapeamento do Projeto Espinhaço, com nome tirado da serra homônima ao norte de Montes Claros (Noce *et al.*, 1997). Essa formação apresenta uma equivalência com a Formação Jequi-tá, aflorante na zona cratônica. Nas regiões de Cou-



Figura 4.3 - Escarpamento abrupto dado pela faixa de empurrão dos quartzo-metarenitos da Formação Duas Barras (Grupo Macaúbas) no extremo sudeste da folha (vista na direção leste do Ponto MOC-508)



Figura 4.4 - Detalhe do quartzito da Formação Serra do Catuni, bastante deformado, na zona de empurrão dessa formação sobre o Grupo Bambuí (Ponto MOC-240)

to de Magalhães (Espinhaço Meridional) e Itacambira (Espinhaço Central) a unidade equivale ainda, respectivamente, à “Unidade B” de Hettich (1973, 1977) e à “Formação Terra Branca” de Karfunkel & Karfunkel (1976, 1977). Embora tais estudos e designações antecedam aos do Projeto Espinhaço, como tal projeto abrangeu uma região mais extensa, envolvendo grande parte da Bacia Macaúbas, preferiu-se nesse trabalho manter a designação proposta por Noce *et al.* (1997).

Essa formação aflora a sudeste da folha até aproximadamente a porção central da mesma, tendo continuidades para sul (Folha Bocaiúva) e leste (Folha Botumirim). Constitui cerca de 6% do mapa, compondo uma área serrana de altitudes pouco expressivas, cujas rochas estão empurradas sobre o Grupo Bambuí, o que é marcado principalmente pelas diferenças morfológicas entre ambas (Figura 4.5). No topo, é balizada por pequena exposição da Formação Abaeté (Grupo Areado) ou em grande parte pela superfície “Sul-Americana” (cf. King, 1956), em volta de 1.150 m, representada por coberturas detrítico-lateríticas do Terciário Médio-Superior. A faixa de exposição da unidade nessa região representa a borda oeste do Anticlinório de Itacambira, onde aflora em sobreposição aos litotipos do Supergrupo Espinhaço na folha homônima (Karfunkel & Karfunkel, 1976, 1977; Martins, 2006).

A Formação Serra do Catuni constitui-se em geral por um espesso pacote de metadiamicctitos, com intercalações localizadas de quartzo-metarenitos maciços, de formas lenticulares. As maiores exposições ocorrem em cortes de estradas, embora, localmente ocorram excelentes afloramentos (Figuras 4.6 e 4.7). Os metadiamicctitos, róseos ou arroxeados, apresentam-se com forte recristalização, principalmente em sua porção basal, onde desenvolve uma foliação intensa que oblitera suas feições deposicionais e dá um aspecto xistoso às rochas. Os clastos são de seixos menores que 10 cm de diâmetro, pouco a muito pouco abundantes, compondo em geral menos que 5% do volume da rocha, predominando os de quartzo e quartzito em matriz siltica. Em diversos pontos não se observaram clastos, tornando a rocha um metassiltito (embora não se descarte de que eles possam ter sido obliterados pela deformação).

A espessura da Formação Serra do Catuni, no âmbito da Folha Monte Claros, onde não aflora seu topo, foi somente estimada. Na área, levando-se em conta as atitudes de acamamento e os desníveis topográficos, pode-se inferir um valor mínimo de 180 m. De modo semelhante, Martins (2006), levantou a leste e sudeste perfis mais detalhados contendo base e topo da unidade, atribuindo para a mesma cerca de 250 m.

A respeito do(s) ambiente(s) de sedimentação presente(s), também existem controvérsias. Deve ser destacado que a maioria dos trabalhos envolvendo essa seqüência, tem considerado uma origem



Figura 4.5 - Aspecto diferenciado da morfologia e vegetação dados pelos metadiamicctitos da Formação Serra do Catuni, ao fundo, com as rochas da Formação Lagoa do Jacaré (Fácies Metassiltitos Rítmicos) em primeiro plano. Neste local a primeira unidade constitui uma linha de morrotes semelhantes, empurrados sobre a segunda (vista para leste do ponto MOC-501)



Figura 4.6 - Longo corte no metadiamicctito alterado da Formação Serra do Catuni (estrada de Pau de Óleo para Itacambira; Ponto MOC-019)



Figura 4.7 - Detalhe do metadiamicctito da Formação Serra do Catuni, quando fresco, destacando um clasto maior e subanguloso de quartzito em matriz arenosa fina (Ponto MOC-018)

glaciogênica para tais depósitos (p. ex., Moraes & Guimarães, 1930). As pesquisas de Isotta *et al.* (1969), Walde *et al.* (1978) e Karfunkel & Hoppe (1988), entre outros, progressivamente formularam um modelo onde a oeste ocorreriam fácies glácio-continentais (região de Jequitaiá), que passariam de modo gradual em direção leste para fácies transicionais e glácio-marinhas, segundo uma hipótese de glaciação continental. Na Serra do Cabral (a oeste), as marcas de arraste de geleiras no embasamento (Supergrupo Espinhaço), o aspecto maciço comum das rochas e a aparente inexistência de estruturas sedimentares primárias, além da presença de possíveis *eskers* e varvitos, serviram de base para o modelo, e assim tais rochas foram consideradas como tilitos para esses autores.

Outros estudos caracterizaram a presença de estruturas primárias relacionadas a fácies de sistemas fluviais entrelaçados pró-glaciais (*outwash plains*), o que, juntamente com observações adicionais, levaram à reinterpretação das geleiras como do tipo de altitude (Martins-Neto *et al.*, 1999). De outro modo, estudos ainda mais recentes (p. ex., Cukrov, 1999; Uhlein *et al.*, 1999; Cukrov *et al.*, 2005; Uhlein *et al.*, 2007), argumentaram quanto a uma provável origem dos sedimentos glaciais em ambiente marinho raso. Esses autores se embasaram na raridade de clastos com granulometria maior que seixo na base da sequência e na quase ausência de outras litofácies que poderiam representar depósitos de lavagem (*outwash*) ou de *eskers*. Também observaram a homogeneidade dos metadiamicctitos aflorantes em relação a sua grande espessura, levando então a uma nova interpretação sobre a formação de tais rochas, relacionando-as ao recuo de geleiras em associação a uma transgressão marinha. Nessa concepção, por conseguinte, os metadiamicctitos não poderiam ser designados de tilitos autênticos.

A idade dessa glaciação, situada entre 900 Ma e 750 Ma (Sturtiano), será discutida em mais detalhe no Capítulo 7. Chaves *et al.* (2010), recentemente discutiram a importância desses depósitos na distribuição regional dos diamantes contidos em aluviões recentes das bacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha.

4.1.2 - Grupo Bambuí

O Grupo Bambuí ocorre largamente sobre a maior parte da Folha Montes Claros. Essa sequência é constituída por três formações: Serra de Santa Helena (inferior), Lagoa do Jacaré (intermediária) e Serra da Saudade (superior), as duas primeiras acompanhando as cartografias utilizadas para tais unidades a sul, na Folha Bocaiúva (Chaves & Andrade, 2009), e a leste, na Folha Botumirim (Guimarães *et al.*, 1996). A Formação Serra da Saudade foi reconhecida pela primeira vez nessa região.

Formação Serra de Santa Helena (NP3sh)

Com a designação “Serra de Santa Helena”, Branco & Costa (1961) definiram primeiramente o membro basal da “Formação Rio Paraopeba” desse grupo, acima da Formação Sete Lagoas. Barbosa (1965), embora em linhas gerais tenha concordado com as definições de Branco & Costa (1961), rebatizou a unidade em questão como “Formação Serra Gineta”, alegando que na Serra de Santa Helena (entre as cidades de Sete Lagoas e Paraopeba) não ocorrem rochas desta unidade e sim da unidade inferior (Formação Sete Lagoas). Entretanto, Dardenne (1978) em revisão da estratigrafia do Grupo Bambuí, preferiu manter a designação original, a qual tem sido largamente utilizada desde então.

A Formação Serra de Santa Helena é encontrada principalmente em uma larga faixa na região central da folha, de largura variável na maior parte entre 15 e 20 km, constituindo próximo de 28% da folha. Essa faixa central possui cotas em geral mais baixas, e representa o entalhamento dado no relevo pela formação do vale do Rio Verde Grande. Em geral, a unidade encontra-se profundamente alterada, com as melhores exposições se observando em cortes das rodovias maiores (Figura 4.8). IGA (1978) e Féboli (1985) incluíram a presente formação em seu “Subgrupo Paraopeba”, de modo indiviso.

A unidade inclui uma monótona sequência de metassiltitos rosados com intercalações locais, submétricas, de folhelhos ardosianos. Nos metassiltitos, aparecem muitas vezes níveis argilosos delgados (<1,0 cm), os quais apresentam-se mais fortemente foliados (Figura 4.9). Poucas estruturas ocorrem nessas rochas, sendo as principais microlaminações cruzadas nos primeiros. O contato com a unidade inferior, Formação Serra do Catuni, não está presente na área, enquanto seu contato superior com a Formação Lagoa do Jacaré é do tipo concordante e transicional, com os metassiltitos da Formação Serra de Santa Helena ficando algo rítmicos na porção de topo (Figura 4.10).

A espessura mínima geral da Formação Serra de Santa Helena, pode ser apenas estimada, tendo em vista a não observação da sua base. Chaves & Andrade (2009) mediram uma espessura aproximada de 300 m no vale do Rio Tabatinga, ao sul, na Folha Bocaiúva, dados algo semelhantes aos encontrados a oeste, no âmbito da Folha Jequitaiá, onde foram medidos 250 m de espessura (Chaves & Benitez, 2006). Considerando-se apenas o entalhamento dado pelo vale do Rio Verde Grande, e como os dobramentos verificados foram suaves, pode-se estabelecer uma espessura mínima de 150 m para essa formação na folha.



Figura 4.8 - Aspecto alterado e aflorando em cortes de estrada do metassiltito da Formação Serra de Santa Helena (saída de Glaucilândia para Montes Claros; Ponto MOC-037)



Figura 4.9 - Detalhe do aspecto típico do metassiltito da Formação Serra de Santa Helena, de coloração rósea e, neste local, mostrando delgados níveis amarelos ou amarronzados, mais argilosos (MOC-580)



Figura 4.10 - Aspecto rítmico local do metassiltito da Formação Serra de Santa Helena, nas proximidades de seu contato com a unidade superior, Formação Lagoa do Jacaré (BR-251; Ponto MOC-209)

Formação Lagoa do Jacaré - Metassiltitos Rítmicos (NP3ljs)

A Formação Lagoa do Jacaré de um modo geral ocorre margeando em ambos os lados e em contraste morfológico realçado em relação à unidade inferior (Formação Serra de Santa Helena). Tais feições são nítidas nas fotos aéreas e imagens de satélite, pela marcante rugosidade textural da primeira. No presente mapeamento, essa formação foi ainda dividida em duas subunidades, informalmente caracterizadas em função da litologia dominante: metassiltitos rítmicos e calcários; a segunda inderdigitando-se à primeira na direção do topo. A subunidade ora descrita, ocupando cerca de 22% da Folha Montes Claros, constitui a segunda de maior expressão de mapeamento em termos superficiais.

Essa formação também foi originalmente reconhecida, de modo indiviso, por Branco & Costa (1961), na categoria de um membro da Formação Rio Paraopeba. Tal denominação foi tomada do vilarejo pertencente ao município de Curvelo, localizado no entroncamento entre as BR-040 e BR-135 (hoje a localidade é atendida pela designação de São José da Lagoa). Barbosa (1965) elevou a unidade à categoria de formação, do mesmo modo que Braun (1968), Dardenne (1978), além de outros autores que posteriormente realizaram estudos sobre o Grupo Bambuí em Minas Gerais.

As duas faixas que a constituem se alongam para sul na direção da Folha Bocaiúva (Chaves & Andrade, 2009), e a faixa leste se estende nessa mesma direção para a Folha Botumirim (Guimarães *et al.*, 1996). O contato da subunidade com a Formação Serra de Santa Helena (inferior) em geral é concordante e transicional, pois em alguns locais observou-se a presença de metassiltitos mais rítmicos no topo da última (Figura 4.10). Com as subunidades superiores, de calcários da mesma formação e dos litotipos da Formação Serra da Saudade, os contatos são, respectivamente transicional e brusco. As melhores exposições são verificadas na BR-135 entre Bocaiúva e Montes Claros (na localidade conhecida "Serra de Bocaiúva") e também na estrada de terra que liga Juramento a Itacambira.

Quando não alterada pelo intemperismo, a litologia que predomina largamente é um metassiltito que alterna níveis milimétricos a centimétricos de um material cinza-claro, de caráter síltico, com níveis em geral mais finos (<2 mm), síltico-argilosos e localmente ricos em carbonato (Figura 4.11). Em alguns locais, observou-se níveis de rocha calcária, impura, entremeados nessa subunidade, como no leito do Rio Juramento nas proximidades da localidade de Santa Cruz (Figura 4.12). A espessura máxima dessa porção da Formação Lagoa do Jacaré na região foi estimada em 120 m.



Figura 4.11 - Metassiltito rítmico típico da Formação Lagoa do Jacaré, onde se alternam níveis centimétricos sílticos mais claros separados por níveis argilosos milimétricos, cinza escuros (Ponto MOC-210)



Figura 4.12 - Na base, ocorrem calcários laminados da Formação Lagoa do Jacaré que passam em direção ao topo para metassiltitos rítmicos. Assume-se que níveis calcários como este representam intercalações na subunidade (Rio São Lamberto; Ponto MOC-144)

Formação Lagoa do Jacaré - Calcários (NP3ljc)

A subunidade ora descrita ocorre em duas faixas (leste e oeste), ambas embutidas na subunidade de metassiltitos rítmicos da mesma formação, ocupando cerca de 15% da área da folha, vindo a constituir a terceira de maior expressão em termos superficiais. Interessante observar que, nos mapas anteriores, IGA (1978) reconheceu somente a faixa situada a leste, como parte da suposta “Formação Sete Lagoas” (a oeste ela apareceu inserida na Formação Lagoa do Jacaré, indivisa), enquanto, de outro modo, Féboli (1985) cartografou somente a faixa compreendida a oeste.

Em termos geomorfológicos, constitui uma área menos arrasada, em relevo contratante com a subunidade inferior, podendo mostrar desníveis maiores que 100 m em relação a essa última (Figura 4.13). Ocorre na folha em duas faixas distintas; a oeste, mais potente, segue em direção oeste (Folha Coração de Jesus) e norte (Folha Capitão Enéas), ambas ainda não mapeadas na escala. A faixa leste, segue nessa mesma direção onde já foi reconhecida por Guimarães *et al.* (1996) na Folha Botumirim. Em muitos locais, as drenagens são praticamente ausentes e diversas dolinas ou mesmo cavernas desenvolvem-se em tal contexto, algumas de grande porte.

As duas faixas da presente subunidade exibem algumas diferenças importantes, parecendo representar variações laterais de fácies. A faixa oeste, além de ter maior espessura, possui calcários mais puros, e por isso lavrados em diversos locais. Na faixa leste, mais delgada, tais rochas apresentam-se frequentemente rítmicas e também com maior grau de impurezas (tais feições geoquímicas serão discutidas no próximo capítulo). Os calcários variam em coloração de cinza claros (mais comuns) até escuros, por vezes chegando a quase negros, em geral compondo largos bancos de 30-60 cm (Figuras 4.14 e 4.15), onde ainda aparecem subníveis mais delgados, centimétricos (Figura 4.15).

Essas rochas variam continuamente de calcarenitos a calcilutitos. Calcários esparíticos foram observados em certos locais, bem como brechas calcíticas. Venulações centimétricas de calcita, branca ou negra, ocorrem generalizadamente (Figura 4.16). A estrutura de dissolução superficial conhecida como *lapiez* é encontrada com frequência, principalmente na faixa a oeste. Na faixa a leste, a impurezas dadas por níveis delgados de rocha argilosa, muitas vezes proporcionam um aspecto fitado aos calcários (Figura 4.17).

A espessura máxima dessa subunidade da Formação Lagoa do Jacaré foi estimada em cerca de 160 m, conforme verificado de modo característico na porção noroeste da folha. Na faixa situada a leste da mesma, de espessuras são mais reduzidas, e provavelmente não devem ultrapassar os 30 m. Aspectos gerais em relação ao ambiente de sedimentação, e variações faciológicas contidas nesses litotipos, e também em relação à subunidade anteriormente descrita, serão discutidos num item a parte, ao final da descrição das unidades litoestratigráficas do Grupo Bambuí.

Formação Serra da Saudade (NP3sd)

A designação “Serra da Saudade” foi utilizada primeiramente por Branco & Costa (1961) para caracterizar o membro superior da “Formação Rio Paraopeba” do Grupo Bambuí, acima do “Membro Três Marias”. Barbosa (1965) considerou-a somente uma litologia específica (o designado “verdete”)



Figura 4.13 - Serrote constituído exclusivamente por rochas calcárias da subunidade, na porção noroeste da folha (vista para oeste do Ponto MOC-213)



Figura 4.15 - Vista aproximada nos calcários puros da faixa oeste da Folha Montes Claros, exibindo bancos largos entre 30-60 cm, subdivididos por níveis estreitos, centimétricos (Ponto MOC-055)



Figura 4.14 - Aspecto típico do calcário da Formação Lagoa do Jacaré, exibindo camadas paralelas entre 30-60 cm de espessura (Ponto MOC-223)



Figura 4.16 - Níveis calcíticos puros, discordantes dos planos de acamadamento nos calcários da mesma faixa (dado pela superfície onde está a caneta) (Ponto MOC-591)

do topo da última formação. De outro modo, Dardenne (1978) ao rever a estratigrafia desse grupo, inverteu essa ordem estratigráfica, e a Formação Serra da Saudade passou a ser mais antiga que a Formação Três Marias, o que tem sido aceito em todos os trabalhos posteriores.

A Formação Serra da Saudade é encontrada numa única faixa principal, segmentada em três setores na parte oeste da folha, abrangendo próximo de 8% da mesma. Constitui uma região em geral de relevo mais alto do que a Formação Lagoa do Jacaré (subunidade calcários), embora ambas possuam expressões morfológicas muito semelhantes. Essa unidade encontra-se bastante alterada meteoricamente, porém excelentes exposições podem ser observadas ao longo da BR-365 no sentido Montes Claros – Pirapora (Figura 4.18-A/B), bem como em algumas estradas vicinais. Nenhum dos trabalhos anteriores que envolveram a área enfocada ou seus arredores reconheceu essa formação (IGA, 1978;



Figura 4.17 - Aspecto fitado dos calcários impuros na faixa a leste da folha, onde os níveis mais argilosos, preferencialmente susceptíveis à erosão, encontram-se em baixo relevo em relação aos níveis calcários, de maior resistência (Ponto MOC-516)

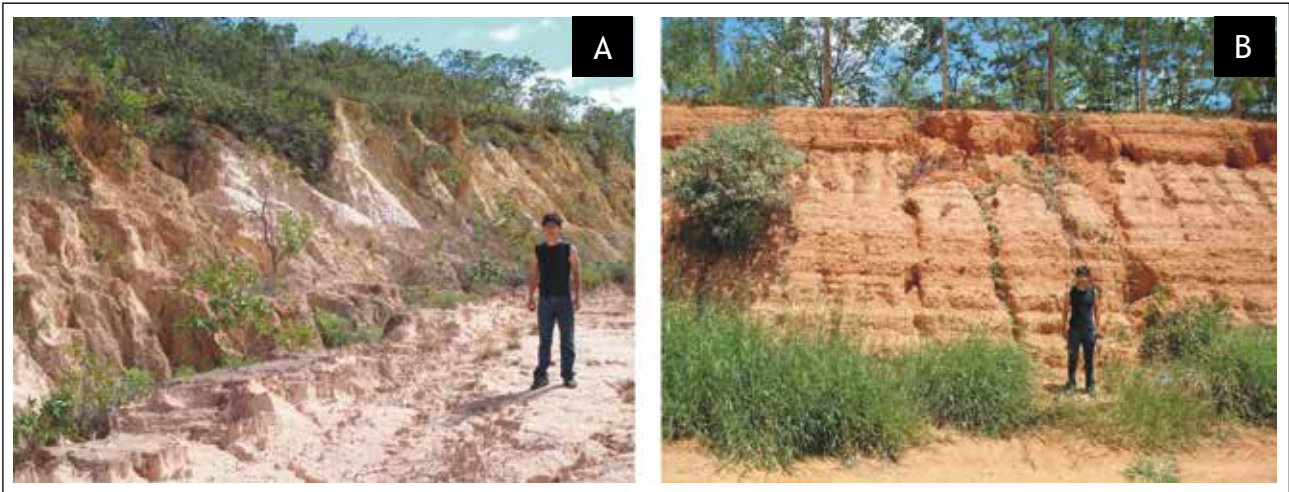


Figura 4.18 - A – Aspecto típico alterado, de coloração rósea ou amarelada, das rochas da Formação Serra da Saudade (Ponto MOC-060). B – Exposição dessas mesmas rochas algo mais frescas, onde se observa sua estrutura horizontal e estratos plano-paralelos (Ponto MOC-075)

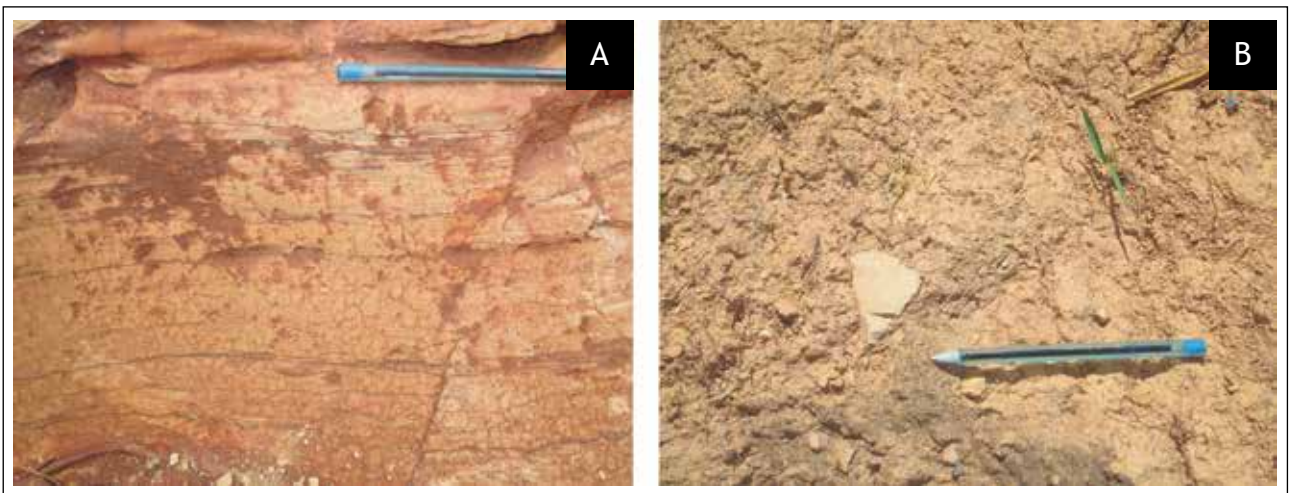


Figura 4.19 - A – Detalhe do aspecto síltico-argiloso geral das rochas da Formação Serra da Saudade, com níveis milimétricos mais escuros dados por frações mais argilosas (Ponto MOC-068). B – Observam-se localmente clastos de metassiltito angulosos aleatoriamente distribuídos em frações argilosas da sequência (Ponto MOC-060)

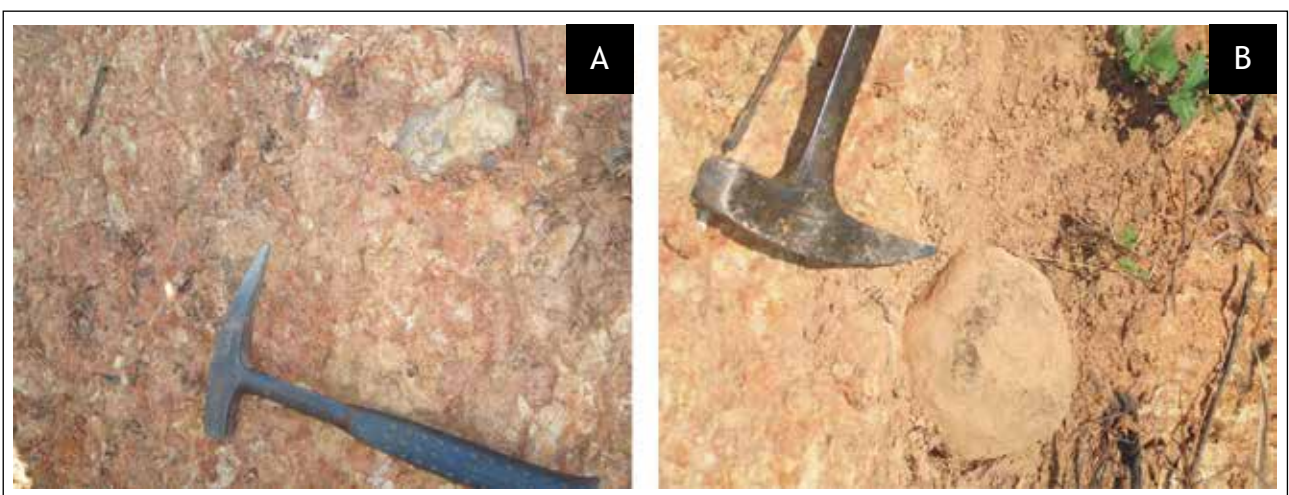


Figura 4.20 - Feições variadas do diamictito da Formação Serra da Saudade, mostrando clastos angulosos (A) até subarredondados de quartzo (B) (Ponto MOC-057)

Féboli, 1985), que terá sua evolução sedimentar discutida no próximo item.

A principal litologia da Formação Serra da Saudade é um metargilito amarelo a róseo claro, por vezes arroxeadado, que pode ainda conter níveis métricos de metassiltitos, com as mesmas colorações (Figura 4.19-A). Observou-se ainda, localmente, níveis provavelmente métricos de um material com essas mesmas matrizes, por vezes contendo clastos intra e extrabaciais, centimétricos, como de siltito anguloso (Figura 4.19-B) e quartzo desde angulosos até subarredondados (Figura 4.20-A/B). Esses clastos perfazem cerca de 5% da rocha, que pode assim ser classificada como um metadiamicrito. Tal litotipo é pela primeira vez registrado nessa sequência, na região norte de Minas Gerais e, possivelmente, devem indicar condições marinhas mais profundas para a deposição desta formação.

Ambientes de sedimentação do Grupo Bambuí

As sequências siliciclásticas e carbonáticas do Grupo Bambuí foram depositadas numa bacia de antepaís (ou *foreland*) intracratônica, e representam as principais unidades de cobertura do Cráton do São Francisco (Chang *et al.*, 1988; Martins-Neto & Alkmim, 2001; Martins-Neto *et al.*, 2001). Essa bacia foi formada por cavalgamentos e sobrecarga tectônica durante a orogénia brasileira ao longo da margem oeste cratônica (Faixa de Dobramentos Brasília), provavelmente em resposta à colisão arco-contidente e continente-contidente ocorridas no período entre 800 Ma e 600 Ma. Estima-se que a espessura do Grupo Bambuí como um todo possa atingir valores superiores a 1.000 m (Martins-Neto & Alkmim, 2001).

Regionalmente o preenchimento da Bacia Bambuí foi caracterizado por três sequências transgressivo-regressivas em regime de *shallowing-upward* (Dardenne, 1978; 1981). O primeiro megaciclo inicia-se com as rochas do Grupo Vazante, marinhas de águas profundas, embora mais próximo da área fonte a oeste, sendo no topo representado pelos calcários de águas rasas da Formação Sete Lagoas. O segundo ciclo caracteriza-se pelos folhelhos e siltitos da Formação Serra de Santa Helena, os quais mostram, em direção ao topo, uma tendência ao aumento progressivo de retrabalhamento por ondas de tempestades e da proporção siltica relativa. Os calcarenitos de águas rasas pertencentes à Formação Lagoa do Jacaré complementam esse megaciclo. O terceiro inicia-se com as rochas pelíticas da Formação Serra da Saudade, e encerra-se com os depósitos da Formação Três Marias. De modo diverso aos outros dois, a porção superior deste megaciclo não contém rochas calcárias, sendo formado por arcósios, arenitos e conglomerados de origem marinha rasa a fluvial, que representam o assoreamento final da Bacia Bambuí.

Em termos geotectônicos, a idade máxima para a instalação da bacia é provavelmente dada pela colocação das rochas magmáticas sincolisionais da Faixa Brasília (intrusivas no Grupo Araxá), em cerca de 790 Ma, idade que marcaria o início da sobrecarga tectônica nos domínios da faixa de dobramentos e, conseqüentemente, o início da resposta flexural na região do antepaís (Martins-Neto *et al.*, 1997; Pimentel *et al.*, 2001). Por sua vez, a idade mínima da bacia pode ser balizada pela idade dos processos colisionais na Faixa Araçuaí, situada a leste do cráton, uma vez que os sedimentos do Grupo Bambuí encontram-se deformados em contexto pós-colisional, quando nos domínios de abrangência dessa faixa.

4.2 - GRUPO AREADO

No trabalho de Freyberg (1932, *in* Grossi-Sad *et al.*, 1971) encontram-se as primeiras observações sistemáticas sobre tal conjunto de rochas sedimentares, que foram incluídas na “Série Gondwana”. Esse autor formalizou também a designação “Arenito Areado” para a porção basal dessa sequência, depois elevada à categoria de formação por Barbosa (1965). Tal denominação foi tomada a partir do seu *locus typicus* na região do Rio Areado, um afluente da margem esquerda do Rio São Francisco. Barbosa (1965) dividiu ainda a unidade em três membros, Abaeté, Quiricó e Três Barras (da base para o topo).

Ladeira & Brito (1968) consideraram esses três membros como formações, e assim elevaram a terminologia Areado ao *status* de grupo. Grossi-Sad *et al.* (1971), porém, ao revisarem as formações cretácicas de Minas Gerais, retomaram o conceito de Formação Areado, interpretando suas subunidades como fácies distintas, conceito utilizado também por Barcelos & Suguio (1980). Estudos recentemente desenvolvidos sobre a estratigrafia da Bacia Sanfranciscana, tais como Campos & Dardenne (1997a,b), Sgarbi (2000), bem como os mais recentes mapas geológicos estaduais (Pedrosa-Soares *et al.*, 1994; Heineck *et al.*, 2003), têm mantido o conceito de Grupo Areado envolvendo a Formação Abaeté em tal contexto, ora também utilizado no presente trabalho.

4.2.1 - Formação Abaeté (K1ab)

Rochas atribuídas à Formação Abaeté, afloram muito restritamente no âmbito da Folha Montes Claros, somente a sudeste da área, de modo que constitui bem menos que 1% da folha. A unidade superpõe em discordância erosiva e angular os litotipos do Grupo Macaúbas (Formação Serra do Catuni), sendo capeada por depósitos detrítico-lateríticos, possivelmente terciários. Em sua área de exposição, pouco superior a 2 km de extensão (N-S), a unidade aflora em altitudes próximas a 1.150 m.

O tipo litológico dominante na formação é um ortoconglomerado branco-amarelado, não deformado e que varia, conforme sua área de ocorrência, de muito compactado a inteiramente friável (Figura 4.21). Tal rocha é constituída por clastos decimétricos de quartzito e quartzo, quase sem matriz, unidos por cimento silicoso com porções ferruginosas. Os clastos variam de subarredondados a subangulosos e, entre estes últimos, alguns se assemelham a ventifactos. Rochas semelhantes já foram descritas a oeste na Folha Jequitaí (Chaves & Benitez, 2006), a sul na Folha Bocaiúva (Chaves & Andrade, 2009) e a leste na Folha Itacambira (Martins, 2006), comprovando a continuidade lateral da formação.

Embora na faixa de ocorrência encontre-se nitidamente com seu topo erodido, a espessura mínima da unidade varia em torno de 7-10 m. Sua idade de deposição é cretácica inferior, apresentando um ambiente de sedimentação a nível regional considerado como fluvial intermitente e sujeito a enxurradas, com fortes influências desérticas (Ladeira & Brito, 1968; Karfunkel & Chaves, 1995).

4.3 - FORMAÇÃO URUCUIA (K2U)

De acordo com Grossi-Sad *et al.* (1971), Oliveira (1926), denominou originalmente como “Arenito Urucuia” os arenitos já descritos por Derby (1879), Oliveira (1881) e Moraes Rego (1926) na região divisora de águas entre as bacias dos rios São Francisco e Tocantins. Braun (1970), renomeou essas rochas como Formação Serra Negra, com base em descrições da mesma unidade na serra homônima, no Maranhão, cuja continuidade para sul foi confirmada em estudos regionais, e por considerar o termo Urucuia impróprio, pois o Rio Urucuia teria seu percurso sobre rochas do Grupo Bambuí. Grossi-Sad *et al.* (1971), no entanto, acharam desnecessária tal mudança, pois o nome, além de consagrado na literatura, refere-se à região ou vale do Urucuia, e este tem preferencialmente se mantido.

IGA (1978) mapeou primeiramente esses depósitos na região, os quais, entretanto, não foram reconhecidos por Féboli (1985). A unidade ocorre sobrepondo em discordância angular e erosiva os litotipos do Grupo Bambuí, nas porções sudoeste e centro-oeste da folha, onde perfaz cerca de 7% da mesma, estendendo-se na direção oeste para a Folha Coração de Jesus. Em termos geomorfológicos, aflora nas partes mais altas do relevo (Figura 4.22), em exposições reliquiárias do processo erosivo entre as altitudes de 1.000 e 1.060 m, quando a seção já aparece lateritizada.

Na área enfocada, constitui em geral um arenito vermelho (Figura 4.23-A) ou vermelho rosado, normalmente maciço ou com estratos métricos, facilmente perceptíveis pela diferença de coloração das camadas (Figura 4.23-B), as quais possuem granulometria predominantemente fina. A principal litofá-

cies presente nestas rochas pode ser caracterizada como “arenitos com estratificação horizontal” (litofácies *She*, conforme a conceituação de Miall, 1977).

Constituem arenitos finos, dispostos em camadas contínuas de grande extensão lateral, de até 3 m de espessura e com estratos plano-paralelos internamente laminados, formados em regime de fluxo superior. As laminações são milimétricas e geometricamente horizontais a irregulares, seguindo a superfície dos estratos planares maiores. Em alguns locais, associam-se a estes depósitos seixos isolados dispostos paralelamente ao acamamento.

Os estratos plano-paralelos horizontais podem ser encontrados em vários ambientes deposicionais. Entretanto, em vista das associações litofaciológicas



Figura 4.21 Conglomerado polimítico e clasto-sustentado, semifriável, da Formação Abaeté (Grupo Areado), jazendo neste local sobre metadiamicritos alterados da Formação Serra do Catuni (Chapada do Catuni; Ponto MOC-023)



Figura 4.22 - Vista geral de exposições reliquiárias dos arenitos vermelhos da Formação Urucuia a oeste da folha, capeando as rochas do Grupo Bambuí (vista para oeste do Ponto MOC-082)

cas e das estruturas sedimentares observadas em campo, a fácies *She* pode ser interpretada em dois contextos diferentes: ou como depósitos interdunas separando depósitos de dunas superpostos, ou como depósitos subaéreos de lençóis arenosos submetidos ao retrabalhamento eólico em regiões de planícies amplas (Miall, 1977). Embora apresente-se com seu topo erodido, a espessura mínima desta unidade na região é de 60 m.

4.4 - DEPÓSITOS DETRÍTICO-LATERÍTICOS (N1DL)

Depósitos desse tipo ocorrem exclusivamente na porção extrema sudeste da Folha Montes Claros, onde constituem chapadas nos altiplanos e cobrem principalmente os litotipos da Formação Serra do Catuni (Grupo Macaúbas), perfazendo cerca de 4% da área trabalhada. Como tais chapadas podem atingir muitos quilômetros de extensão, são conhecidas localmente com nomes próprios, tais como a “da Onça” (a sul) e “do Catuni” (a norte), na região.

A unidade é constituída por uma couraça laterítica ferruginosa, e/ou por um solo arenoso vermelho intenso, formado pela alteração da última. Nesse contexto, incluem-se cascalhos angulosos, areias grossas, bem como (em menor parte) material siltico-argiloso, em geral inconsistentes, mas na maioria dos locais parcial a totalmente lateritizados. Regionalmente tal couraça possui um forte controle altimétrico, sendo típica em todo norte de Minas Gerais seu desenvolvimento preferencial entre as cotas 950 e 1.050 m, onde compõe a superfície de aplainamento “Sul-Americana” do Terciário Médio-Superior (King, 1956).

Na área, porém, tal cobertura aparece sob cotas expressivamente mais altas, entre 1.160 e 1.180 m, possuindo em geral espessuras entre 15 e 20 m. Em toda a região, estendendo-se longamente para



Figura 4.24 - Morfologia geral das superfícies dominadas pelas chapadas a sudeste da folha, onde os depósitos da cobertura detrítico-latrítica encontram-se largamente cobertos por plantações de eucaliptos (Ponto MOC-024)

leste, as faixas definidas por essa unidade vêm sendo utilizadas para o plantio de eucaliptos (Figura 4.24).

4.5 - DEPÓSITOS COLÚVIO-ELUVIAIS (N34EC)

Coberturas desse tipo ocorrem sobretudo na porção noroeste da folha, se prolongando para oeste (Folha Coração de Jesus) e para norte (Folha Capitão Enéas), ou em manchas isoladas, mais restritas, nas porções oeste e central da folha, constituindo próximo de 5% da mesma. Em geral compreende áreas mais aplainadas, embora relativamente alçadas em relação a suas encaixantes, constituídas por litotipos de diversas formações do Grupo Bambuí (Figura 4.25-A).

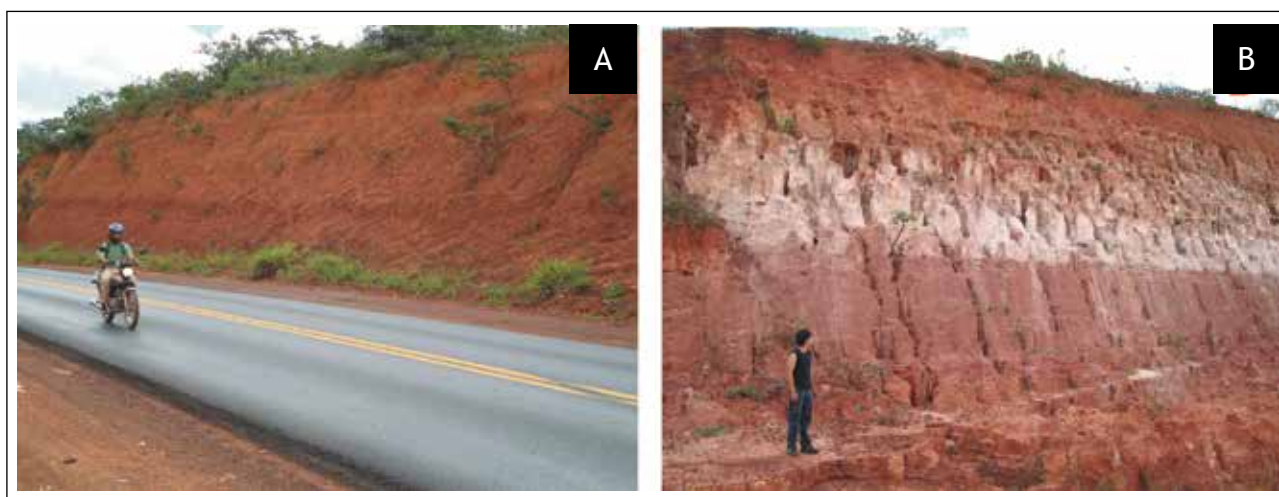


Figura 4.23 - A – Principais características de afloramento dos arenitos maciços ou estratificados da Formação Urucuia, de coloração vermelha (BR-135; Ponto MOC-082), ou também; B – em estratos métricos realçados pelas diferenças granulométricas e de colorações, rosadas a esbranquiçadas, esses últimos mais finos (Ponto MOC-084)

A expressão de superfície definida pela unidade é caracterizada por um aspecto geomorfológico muito suavizado, apresentando uma faixa de altitude característica, entre 850 e 900 m, que a diferencia de imediato das coberturas lateritizadas, desenvolvidas a mais de 1.100 m. Em termos sedimentológicos, é representada por solos amarelos, em geral levemente avermelhados ou acinzentados, constituídos de areias predominantemente finas/muito finas (60-70%), com as frações silte e argila perfazendo o restante (Figura 4.25-B). Porções cascalhosas ricas em clastos angulosos de quartzo de veio ocorrem localmente.

A espessura dessa cobertura varia desde uns poucos metros, até próximo de 15 m, em particular a noroeste da folha. Em geral sua gênese está ligada a processos pedogenéticos desenvolvidos sobre o Grupo Bambuí. Entretanto, no extremo noroeste da área, por suas características físicas e texturais, tais depósitos parecem em grande parte ser derivados do desmantelamento dos arenitos eólicos da Forma-

ção Urucua, que ocorre sob altitudes algo maiores ao sul dessa porção de exposição. Sua idade é relacionada, provavelmente, ao Neógeno Inferior.

4.6 - DEPÓSITOS ALUVIONARES (N4A)

No contexto da Folha Montes Claros, tais depósitos ocorrem caracteristicamente na porção central da área, e relacionam-se ao vale do Rio Verde Grande, a principal drenagem de toda região. Essa drenagem é afluente da margem direita do Rio São Francisco, e os depósitos a ela associados constituem cerca de 3% da área mapeada.

Em geral, a unidade constitui-se principalmente de sedimentos arenosos, que predominam sobretudo nas proximidades marginais do rio (Figura 4.26-A) ou de cascalhos inconsolidados, esses últimos localizados até cerca de 1 km de suas margens (Figura 4.26-B). Atribui-se sua idade ao Quaternário Recente.



Figura 4.25 - A – Aspecto geral do relevo realçado das coberturas colúvio-eluviais em relação às rochas do Grupo Bambuí, a leste da folha, observando-se ao fundo a cidade de Montes Claros (Ponto MOC-071). B – solo arenoso amarelo, típico dessas coberturas (Ponto MOC-611)

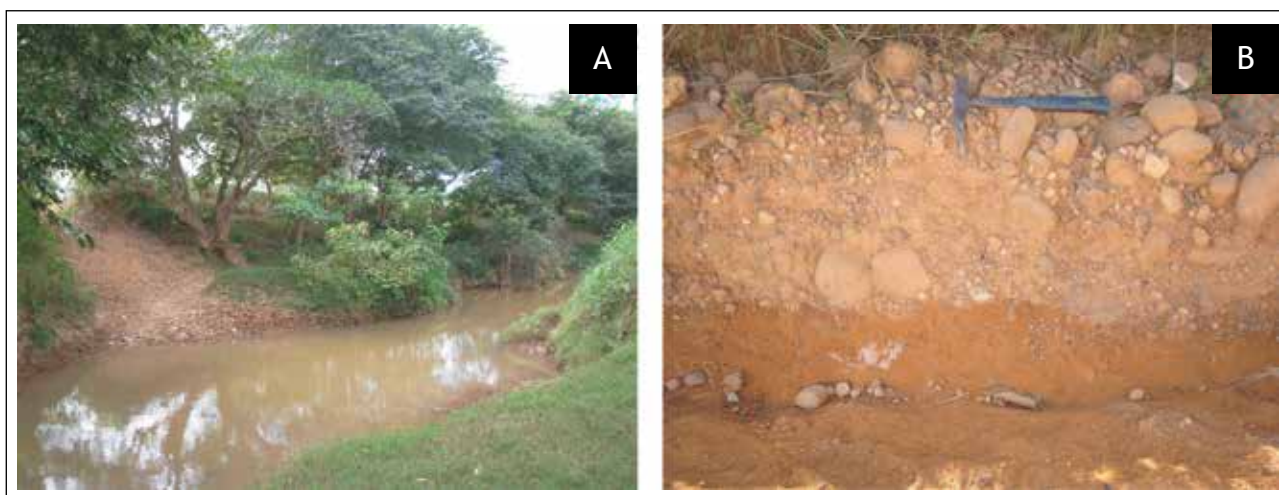


Figura 4.26 - A – Aspecto típico do Rio Verde Grande, na parte central da folha, com deposição de sedimentos arenosos em suas margens, à esquerda (Ponto MOC-541). B – Terraço aluvionar deste mesmo rio, com cascalhos arredondados sobrepondo-se a metassiltos da Formação Serra de Santa Helena (Ponto MOC-171)

5 – GEOLOGIA ESTRUTURAL

Na Folha Montes Claros, em seu contexto geoestrutural podem ser reconhecidas feições de naturezas dúctil-rúptil e rúptil. A única fase de deformação atuante no Supergrupo São Francisco é atribuída ao Ciclo Brasileiro, ocorrido no Neoproterozóico durante a Orogenia Araçuaí (discussões gerais encontradas em Uhlein *et al.*, 1986; Uhlein, 1991; Alkmim *et al.*, 1993; Dussin & Dussin, 1995; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001). Na região mapeada, a principal feição estrutural observada é o grande falhamento de empurrão a leste-sudeste da área, o qual delimita a borda oriental do Cráton São Francisco, e que se estende para sul na direção da Folha Bocaiúva (Chaves & Andrade, 2009) e para leste na direção da Folha Botumirim (Guimarães *et al.*, 1996).

Esse grande falhamento (Figura 5.1), de direção regional aproximadamente norte-sul também delimita os dois principais domínios estruturais da região. Na parte leste, ocorrem litotipos do Grupo Macaúbas, os quais constituem o flanco ocidental do “Anticlinório de Itacambira”, cujo eixo situa-se na folha a leste (Botumirim). As estruturas nessa faixa estão direcionadas em geral segundo N10°-20°E, constituindo grandes dobramentos sobre os quais se superpõem dobras menores, cujas amplitudes oscilam desde várias centenas de metros até uns poucos metros, marcadas de modo característico nas atitudes dos quartzitos do Supergrupo Espinhaço (fora da área) e do Grupo Macaúbas. Tal fase de dobramento regionalmente encontra-se afetada por uma outra fase, tardia, que causou o duplo caimento dos eixos direcionados NNE. No Grupo Macaúbas, a principal estrutura observada é uma foliação intensa bastante verticalizada (55-70°) na citada direção, assim ressaltada na área pela proximidade do falhamento.

Os acamadamentos no Grupo Macaúbas em geral são mascarados por essa forte foliação, principalmente nas porções contíguas ao falhamento, onde podem ainda ser dobradas (Figura 5.2 A/B). Todavia, tais estruturas em certos locais são encontradas poupadas da deformação mais intensa, embora somente nos quartzitos da Formação Duas Barras. Devido à matriz síltica do metadiamicctito da Formação Serra do Catuni, de reologia mais susceptível à deformação, nenhuma estrutura original pode ser observada nessa rocha. A lineação definida pela orientação do eixo maior dos clastos do metadiamicctito dessa formação, bem como *tension gashes*, confirmam o transporte tectônico na direção leste-oeste. Linea-



Figura 5.1 - Escarpamento dado pela faixa de empurrão dos quartzitos da Formação Duas Barras (Grupo Macaúbas) sobre o Grupo Bambuí, no extremo sudeste da folha (vista na direção leste do Ponto MOC-017)



Figura 5.2 - A – Vista geral de dobras suaves desenvolvidas sobre a foliação forte em metadiamicctitos da Formação Serra do Catuni (Grupo Macaúbas), na mesma frente de empurrão. B – Detalhe dessas mesmas dobras (Ponto MOC-022)

ções minerais do tipo *slickenside* também indicaram transporte tectônico para oeste e deslizamento interstratal, apontando este como um mecanismo importante nos dobramentos.

O outro domínio estrutural, que predomina largamente ao longo da folha, é aquele observado sobre as litologias do Grupo Bambuí. Neste domínio, as estruturas em geral também possuem eixos principalmente para N10°-20°E, definindo inúmeras dobras anticlinais e sinclinais de portes quilométricos, cortados pela foliação plano-axial em geral com altos ângulos. Entretanto, os mergulhos dos acamadamentos nos flancos para sudeste são mais suaves (entre 10°-20°) do que aqueles com mergulhos para noroeste (entre 35°-45°). Localmente, dobras mais apertadas foram verificadas nos metapelitos dessa última sequência, embora constituam dobras sem raiz, originadas apenas pelo aspecto reológico mais plástico de tais litotipos. As figuras 5.3 (A/B) e 5.4 (A/B) apresentam, respectivamente, os estereogramas de pólos de igual área para acamadamentos e foliações obtidas na Folha Monte Claros. Verificaram-se maiores densidades de pontos de acamadamentos (22,35%) para 285/43, e de foliações plano-axiais (19,85%) para 120/67 (Figura 5.5 A/B).

As estruturas rúpteis incluem falhamentos normais de porte médio e/ou grandes direções de fraturamentos, as mais importantes segundo a direção geral NNE-SSW, e de modo mais característico na faixa a oeste da folha. Tais falhas foram observadas nos contatos entre a Formação Lagoa do Jacaré (fácies de metassiltitos) com a Formação Serra da Saudade, a sudoeste da folha, e desta mesma formação com a fácies de calcários da Formação Lagoa do Jacaré, a noroeste. Tais estruturas, nitidamente, podem ser consideradas posteriores aos grandes dobramentos regionais. A figura 5.6 apresenta o diagrama de rosetas para as fraturas medidas na área, a maior parte sobre litotipos do Grupo Bambuí.

Essas medidas foram obtidas nas rochas das formações Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré. Observa-se a existência de três famílias de fraturas subverticais (F1, F2 e F3), a principal (F1) com intervalo de direções entre N-S e N20°E, e outra transversal (F2), com intervalos entre N80°W e N90°W (Figura 5.6).

O estudo petrográfico demonstrou que as rochas dos grupos Macaúbas e Bambuí encontram-se metamorfizadas regionalmente em grau baixo, em fácies xisto verde, zona da clorita. Os principais aspectos que permitiram tal caracterização são a recristalização constante das rochas calcárias, bem como alguns minerais índices desenvolvidos nos planos de foliação dos metapelitos, tais como clorita, sericita e raramente biotita (esta observada nos metadiamicritos). Na Formação Duas Barras, os grãos de quartzo nos quartzo-metarenitos, além de recristalizados, apresentam textura poligonizada com extinção ondulante. Na Formação Serra da Saudade, de topo do Grupo Bambuí na área, não se observou metamorfismo.

O metamorfismo regional na fácies xisto verde é constituído por duas fases: uma inicial causou a formação da foliação principal, definida por sericita e clorita; e outra tardia, responsável por recristalização estática, expressa em biotitas transversais à foliação. As rochas quartzíticas, menos propícias à caracterização metamórfica por seu caráter monomineralico, registram principalmente a recristalização estática originando textura granoblástica. Esse processo foi pouco intenso, já que feições sedimentares tais como as superfícies originais de grãos detríticos e o cimento silicoso diagenético são ocasionalmente preservados. A remobilização da sílica para veios de quartzo, muito abundante sobretudo na Formação Serra de Santa Helena, também pode ser associada ao processo metamórfico (Figura 5.7 A/B).

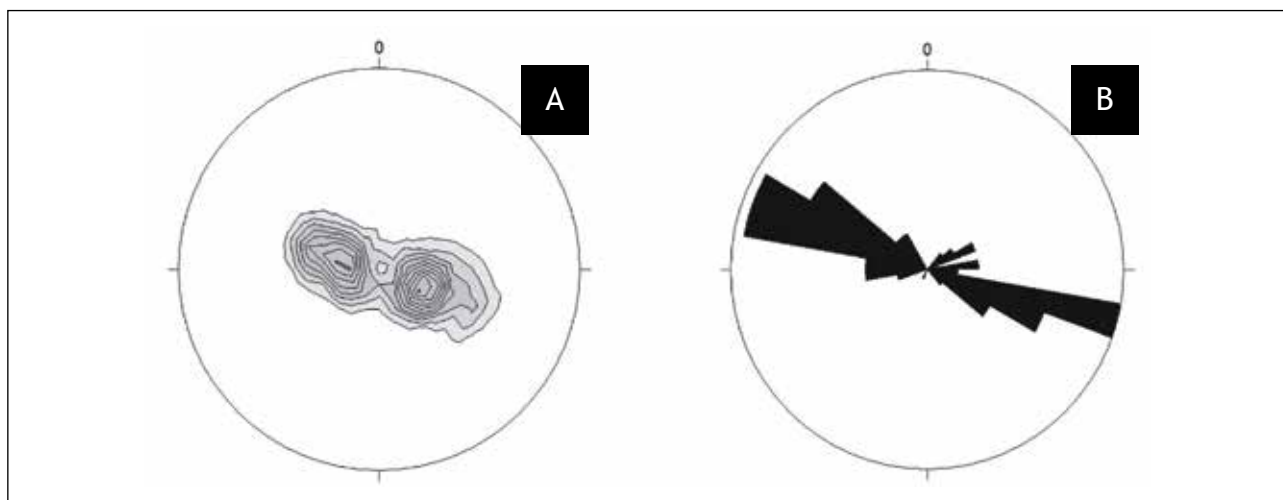


Figura 5.3 - A – Diagramas de pólos equiareais para medidas de acamadamento adquiridos no mapeamento da Folha Montes Claros. B – Observa-se com maior realce os flancos mergulhantes para sudeste e noroeste dos dobramentos (459 medidas)

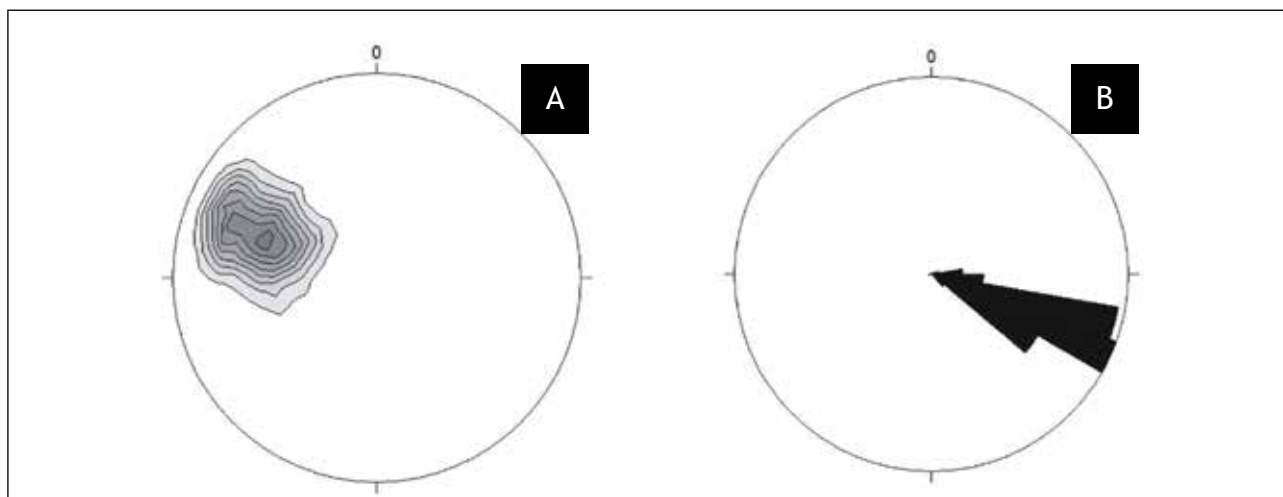


Figura 5.4 - A – Diagramas de pólos equiareais para medidas de foliação adquiridos no mapeamento da Folha Montes Claros. B – Ressaltam-se os seus mergulhos fortes para sudeste (337 medidas)



Figura 5.5 - A – Aspecto do acamadamento com mergulhos fortes para oeste, conforme localmente verificado nos calcários da Formação Lagoa do Jacaré (BR-365; Ponto MOC-058). B – Observa-se em detalhe, a foliação plano-axial para leste, divergente dos planos de acamadamento

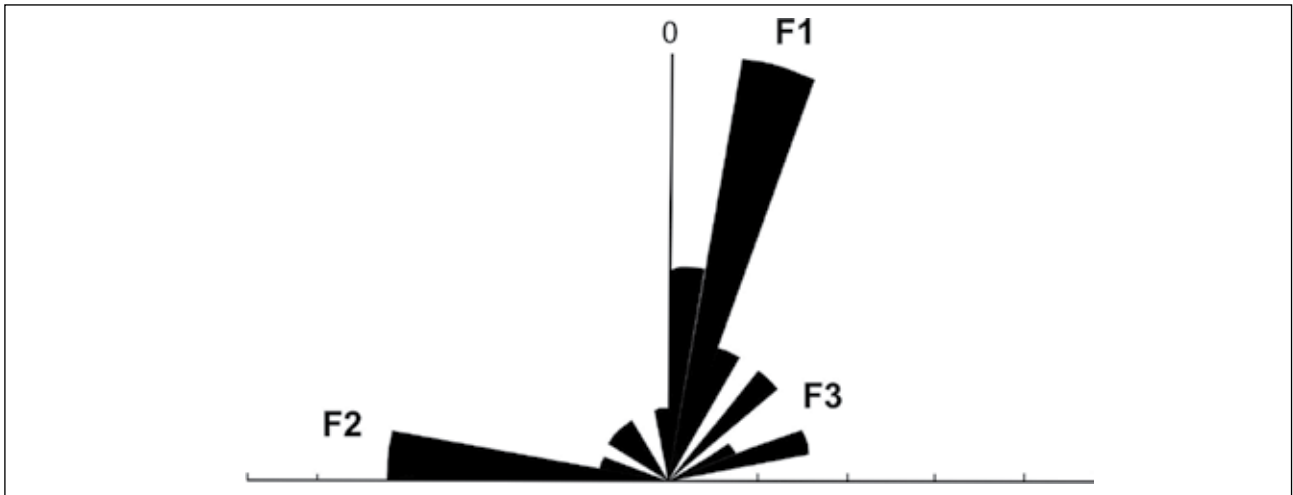


Figura 5.6 - Medidas de fraturas obtidas sobre rochas do Grupo Bambuí na Folha Montes Claros (216 medidas)

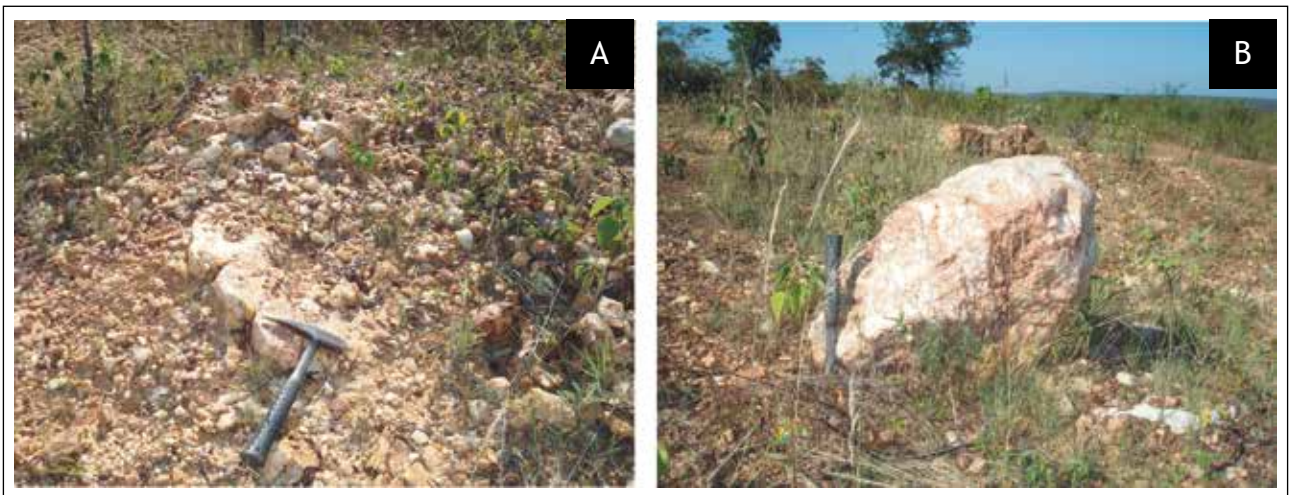


Figura 5.7 - A – Veios de quartzo centimétricos, muito comuns sobretudo em litotipos da Formação Serra de Santa Helena, provavelmente formados por processos de hidrotermalização durante o metamorfismo atuante. B – Na mesma unidade aparecem com frequência grandes blocos de quartzo de veio preservados da erosão, por suas maiores resistências em relação às encaixantes (Ponto MOC-195)

6 – PETROGRAFIA E LITOGEOQUÍMICA

No decorrer dos trabalhos, foram estudadas 28 lâminas delgadas de rochas, das quais são apresentadas neste capítulo as observações sobre 20 delas, assim distribuídas: Formação Duas Barras, duas amostras; Formação Serra do Catuni, duas amostras; Formação Serra de Santa Helena, duas amostras; Formação Lagoa do Jacaré (metassiltitos rítmicos), duas amostras; Formação Lagoa do Jacaré (calcários), seis amostras; Formação Serra da Saudade, três amostras; e Formação Urucua, três amostras. Todas as figuras em forma de fotomicrografias são apresentadas em pranchas, em luz natural, à esquerda, e com os nicóis cruzados, à direita. Análises geoquímicas foram realizadas sobre dez amostras de rochas.

6.1 - PETROGRAFIA

6.1.1 - Formação Duas Barras

Constituem principalmente quartzo-metarenitos impuros formados à base de quartzo (85%), fragmentos de rochas (10%), óxidos e argilominerais (5%). No ponto MOC-508, observa-se uma textura inequigranular e granulometria variando de fina a média, com grãos de quartzo “apertados”, mas na maior parte de contatos sedimentares. A maior proporção é de grãos angulosos de baixa esfericidade a subesféricos de origem detrítica (Figuras 6.1, 6.2 e 6.3). Mais raramente, ocorrem ainda nesse litotipo grãos arredondados a subarredondados, esféricos a subesféricos, indicando possível transporte em meio aquoso dos sedimentos originais. Grãos detríticos de muscovita são observados dispersos na estrutura da rocha. Nos interstícios dos grãos de quartzo podem também ocorrer argilominerais e óxidos, evidentes pelo estado de alteração por oxidação desses minerais. Fragmentos de arenito subarredondados aparecem em quantidade expressiva. A estrutura da rocha demonstra o baixo metamorfismo presente, com raros contatos poligonizados e pouca recristalização de grãos, além de extinção ondulante moderada. O arranjo geral dos grãos é irregular, não possuindo qualquer estruturação ou orientação preferencial.

Em outra seção delgada (Ponto MOC-240), o quartzo-metarenito é mais puro (quartzo 94%, opacos e óxidos 6%), possuindo textura clástica contendo grãos detríticos de óxidos em quantidade reduzida e dispersos na matriz (Figura 6.4). Óxidos também ocorrem percolando os interstícios da matriz, constituída de grãos de quartzo resultantes da cominuição de grãos de quartzo sedimentares. Os grãos sedimentares correspondem a fração areia média a grossa, de baixo arredondamento e esfericidade. Apresenta alta compacidade, caracterizada pelo con-

tato poligonizado entre os grãos. A deformação é evidente devido à forte extinção ondulante dos grãos de quartzo e orientação da foliação. Os cristais da fração areia fina são completamente poligonais, indicando geração por cominuição, quando intercalados aos grãos maiores de origem sedimentar. Quando dispostos isoladamente, pertencem a variadas venulações sem orientação preferencial na estrutura da rocha. De forma disseminada na matriz e nas venulações ocorrem cristais prismáticos de rutilo e limonita pode aparecer associada à borda dos grãos de óxidos detríticos alterados.

6.1.2 - Formação Serra do Catuni (Grupo Macaúbas)

O litotipo mais representativo desta formação é um metadiamicrito, cuja matriz é formada de argilominerais (80%), quartzo (15%), carbonatos e óxidos (5%) (p. ex., Ponto MOC-018). Constitui um arcabouço pelítico de textura afanítica, com foliação caracterizada pela orientação dos argilominerais e porfiroclastos de biotita (Figuras 6.5, 6.6, 6.7 e 6.8). Esses últimos encontram-se rotacionados na matriz argilomineralica. Ocorrem ainda venulações de quartzo, carbonato e óxidos hidratados preenchendo microfaturas da rocha. O baixo grau metamórfico é evidenciado pela recristalização moderada dos minerais presentes.

Em outra seção delgada, estudou-se um metadiamicrito de granulometria mais arenosa, com quartzo (65%), fragmentos de rochas (30%), argilominerais (4%) e sericita (1%) (Ponto MOC-506). A rocha apresenta textura inequigranular, sendo composta por cristais de quartzo irregulares a subesféricos, não arredondados a subarredondados (Figuras 6.9 e 6.10). Os fragmentos líticos apresentam-se como clastos de composição arenítica, granítica, calcária e de rocha máfica. A matriz afanítica é composta por fragmentos líticos. Observa-se a deformação pouco expressiva, com extinção ondulante dos grãos de quartzo, porém grãos ainda de contatos sedimentares sem evidências de recristalização.

6.1.3 - Formação Serra de Santa Helena (Grupo Bambuí)

Essa unidade é composta por monótonos metassiltitos, em geral constituídos nas seções delgadas por quartzo (50%), argilominerais (30%), muscovita (10%) e óxidos de ferro (10%) (p. ex., Ponto MOC-580). A rocha apresenta textura equigranular, contendo grãos de quartzo recristalizados e poligoniza-

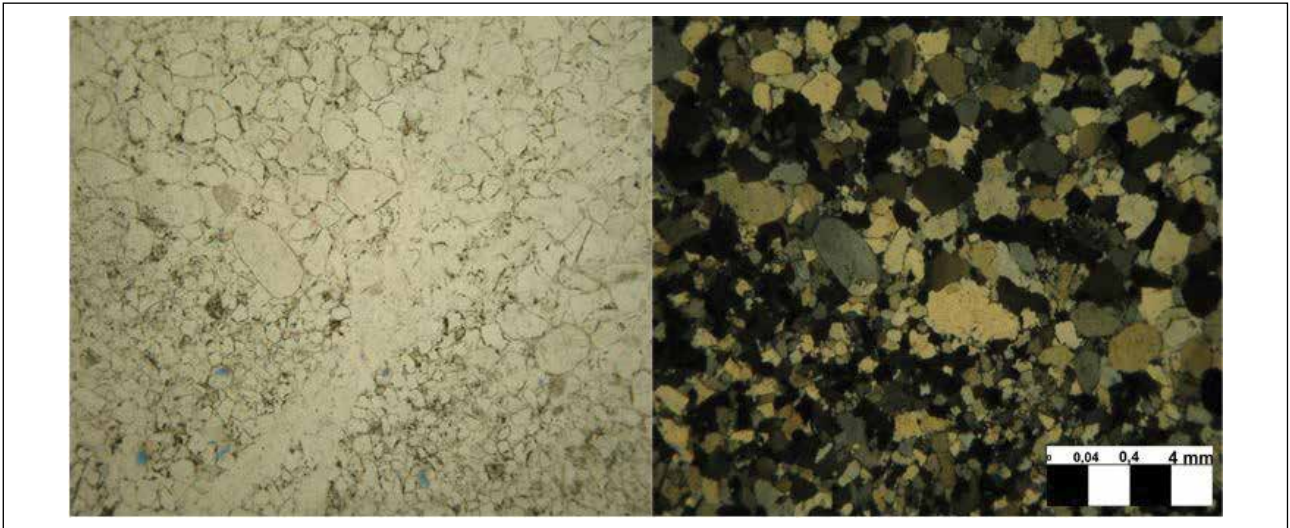


Figura 6.1 - Estrutura do quartzo-metarenito apresentando grãos detríticos irregulares e raros grãos arredondados indicando alguma contribuição de material transportado em meio aquoso. Observa-se neste grão processo de recristalização em sua porção inferior, assim como um baixo índice de contatos poligonizados nos demais grãos (aumentos 2,5x)

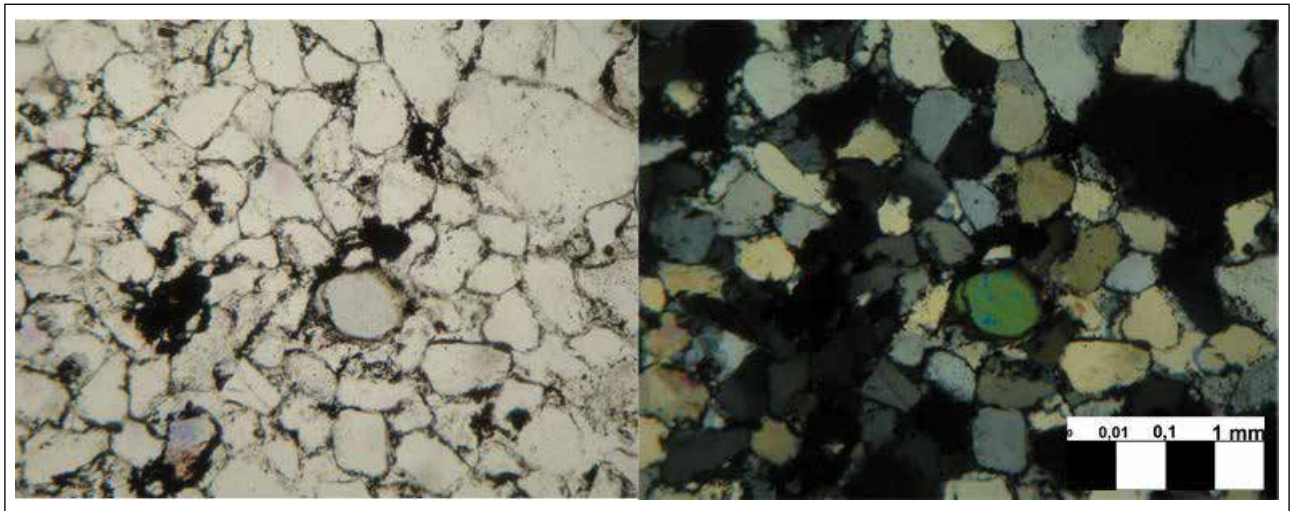


Figura 6.2 - Quartzo-metarenito mostrando alguns aglomerados de argilominerais e óxidos alterados preenchendo interstícios da estrutura da rocha, tendo ao centro um grão detrítico isolado de turmalina (aumentos 2,5x)

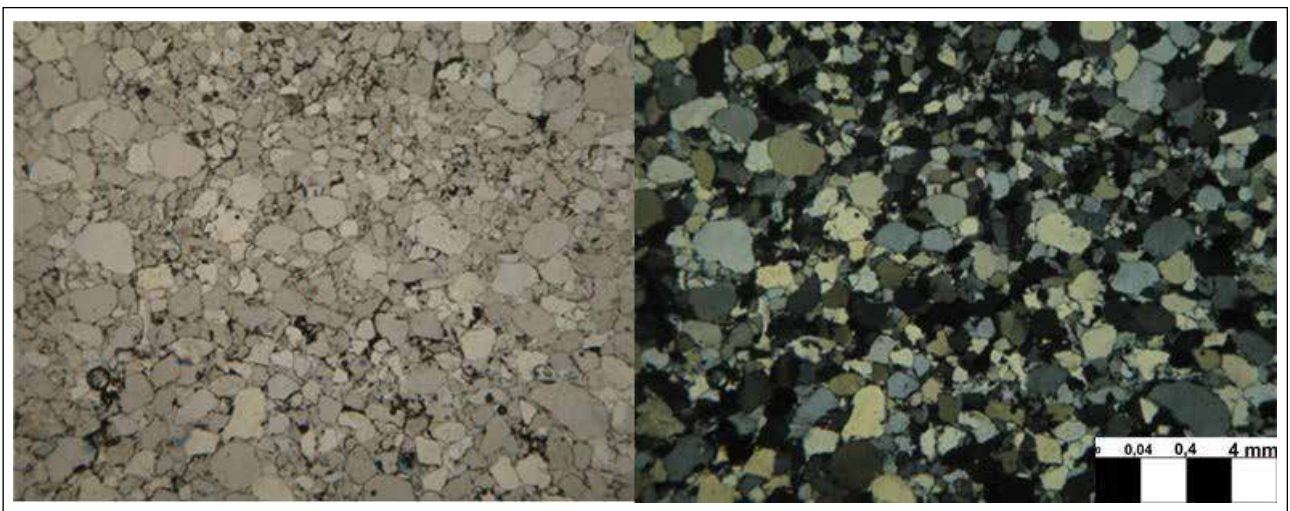


Figura 6.3 - Quartzo-metarenito apresentando trama mais fechada e irregularidade na distribuição das frações granulométricas de quartzo detrítico (aumentos 2,5x)

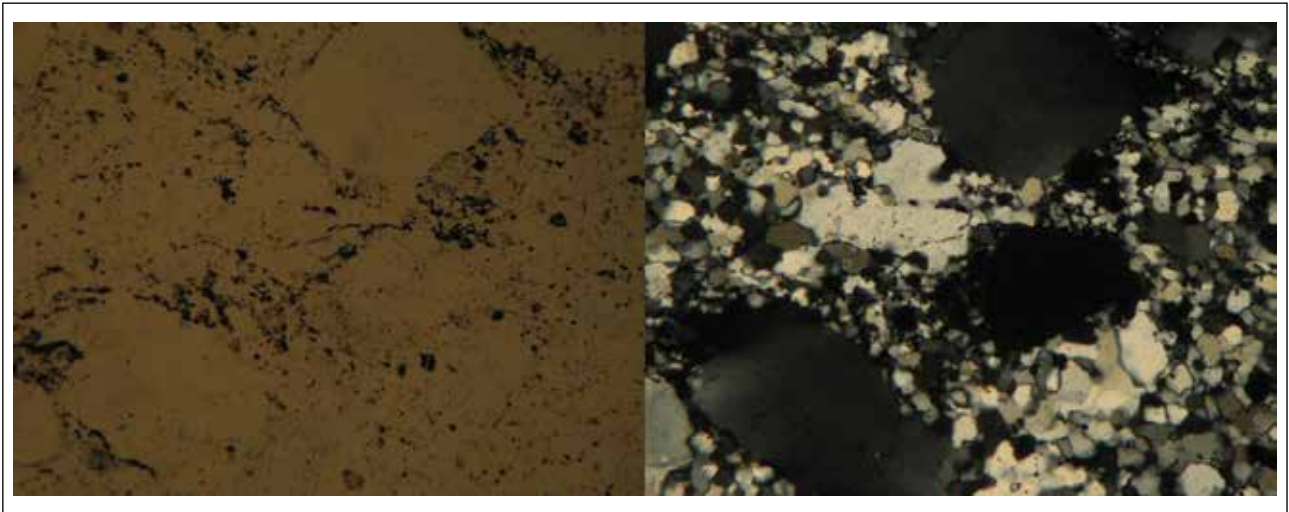


Figura 6.4 - Quartzo-metarenito exibindo grãos sedimentares em processo de cominuição mecânica por transporte tectônico. Grãos de sedimentos apresentam extinção ondulante e grãos neogerados com contatos poligonizados, como resultado da recristalização mecânica (aumentos 2,5x)

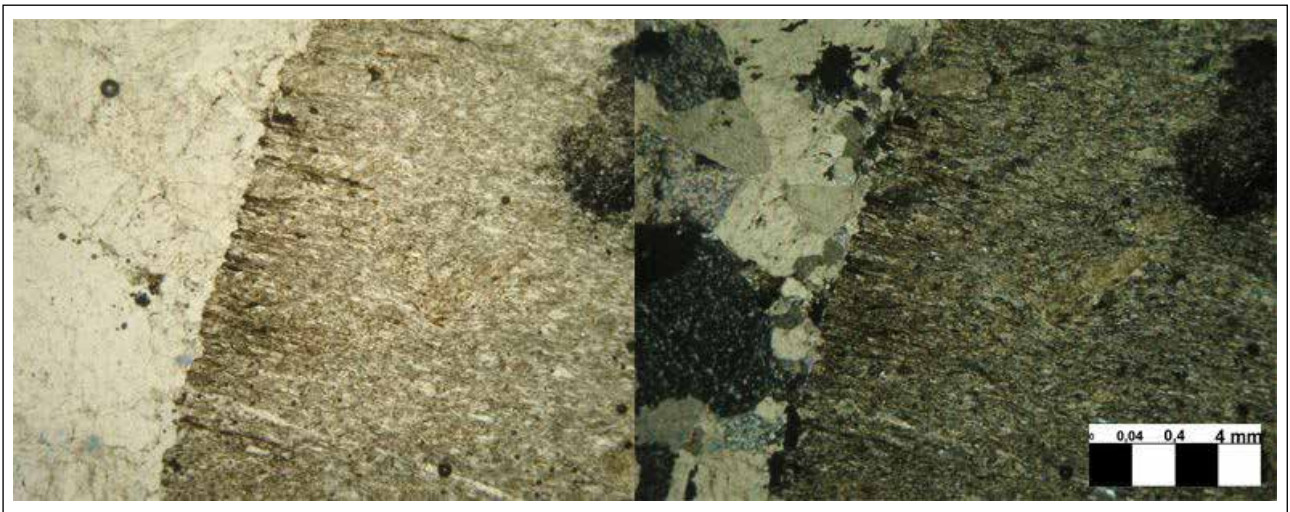


Figura 6.5 - Matriz pelítica do metadiamicrito, com textura afanítica e apresentando contato com uma delgada venulação de quartzo e carbonato (aumentos 2,5x)

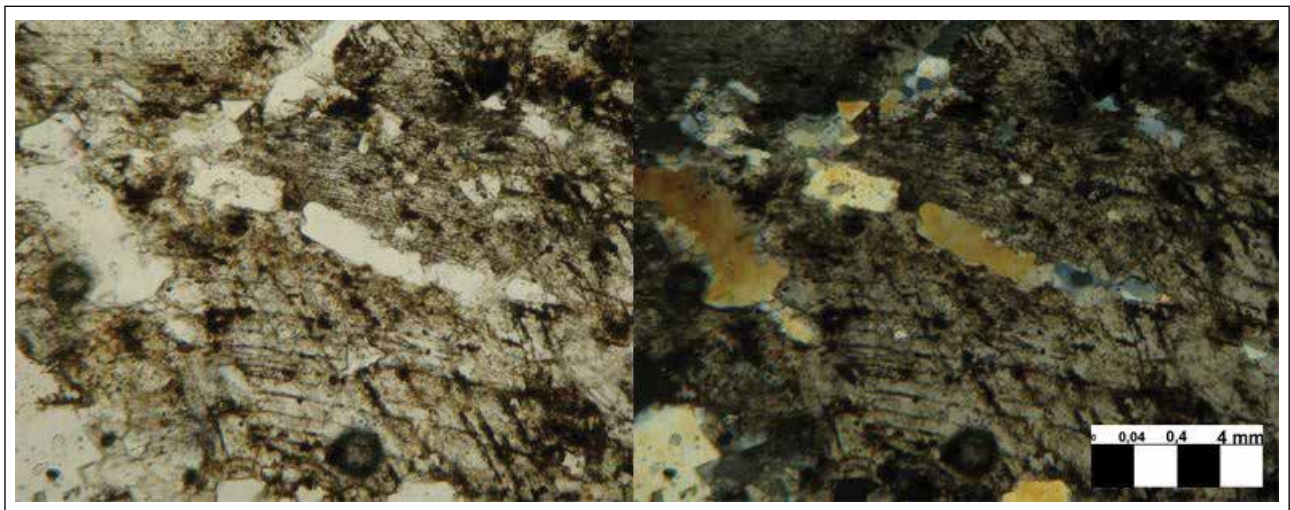


Figura 6.6 - Detalhe da venulação quartzo-carbonática, exibindo desenvolvimento de cristais de quartzo entremeados aos cristais de carbonato fraturados e preenchidos por hidróxidos (aumentos 2,5x)

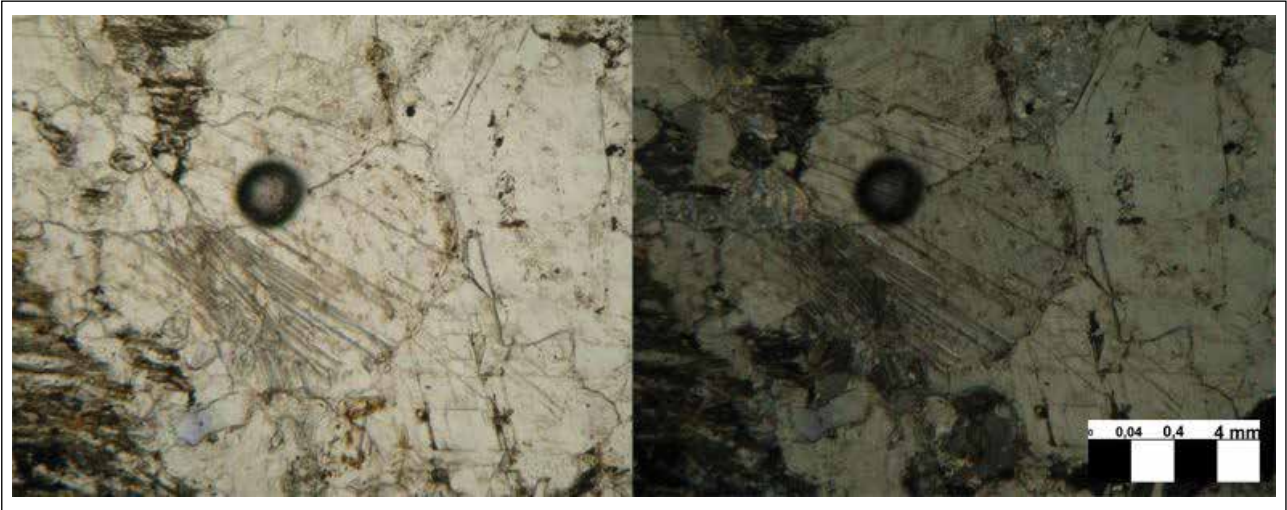


Figura 6.7 - Detalhe da parte central da venulação, com os cristais de carbonato mais desenvolvidos e exibindo seus planos de clivagem típicos (aumentos 2,5x)

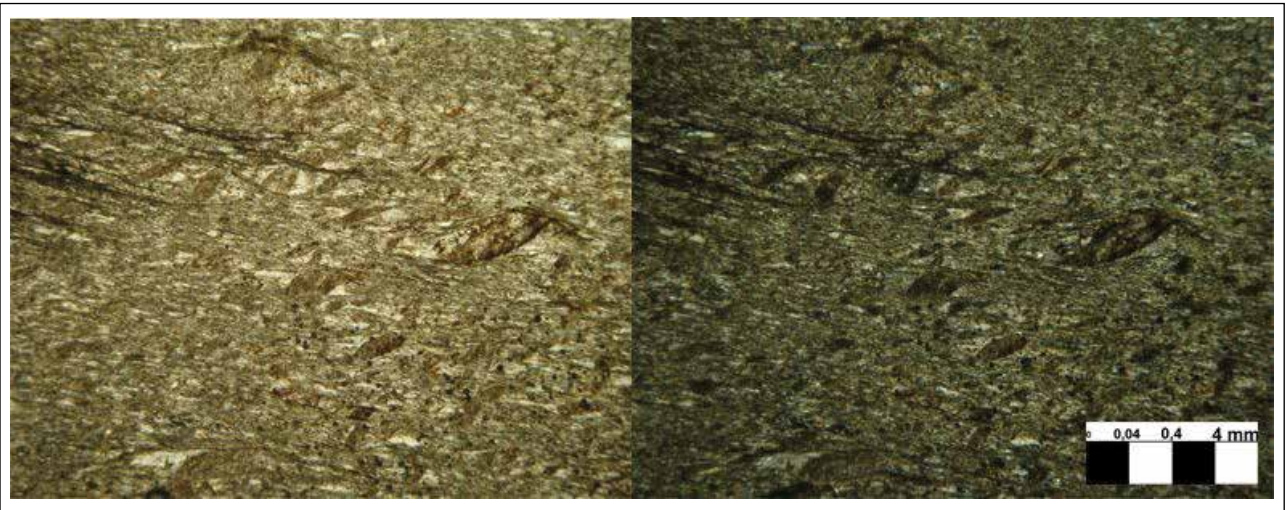


Figura 6.8 - Matriz pelítica apresentando textura afanítica fortemente foliada e com porfiroclastos de biotita rotacionados (aumentos 2,5x)

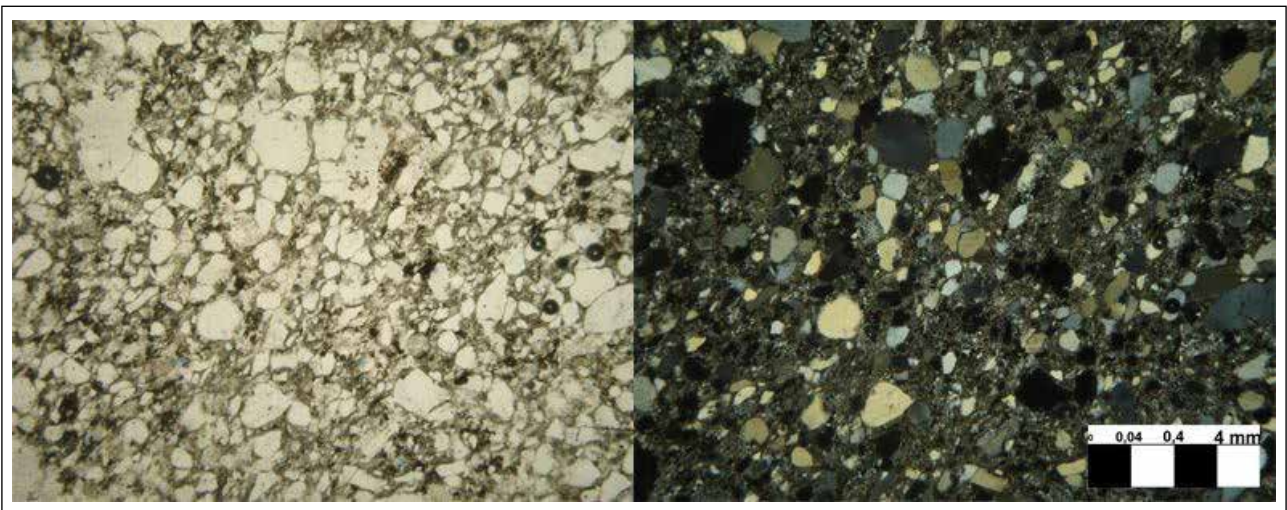


Figura 6.9 - Matriz do metadiamicrito exibindo clastos fragmentados de quartzo e de rochas diversas misturados homogeneamente com a massa argilominerálica (aumentos 2,5x)

dos orientados segundo a foliação, intercalados por uma matriz argilominerálica foliada. Ocorrem ainda grãos de muscovita detrítica truncando essa foliação. Bandas de óxidos hidratados ocorrem orientadas segundo a foliação, e denotam a ocorrência destes como de origem detrítica, assim como bolsões de óxidos hidratados dispersos na estrutura da rocha. Grãos de quartzo recristalizados e com extinção ondulante indicam o baixo grau metamórfico presente.

Em outra seção delgada (Ponto MOC-267), com quantidades semelhantes de quartzo e argilominerais (Figuras 6.11 e 6.12), embora com proporção algo menor de minerais opacos, mostrou um metassiltito quartzoso, bastante foliado, contendo grãos de quartzo recristalizados, poligonizados e com bordas arredondadas pouco preservadas (Figura 6.13). Os grãos de quartzo estão orientados segundo a foliação. A matriz argilominerálica ocorre de forma expressiva e evidenciam a foliação da rocha. Grãos de óxidos detríticos apresentam bordas limonitizadas que se dispersam nos interstícios da foliação.

6.1.4 - Formação Lagoa do Jacaré - Metassiltitos Rítmicos (Grupo Bambuí)

A Formação Lagoa do Jacaré, dividida em duas subunidades, apresenta sua porção basal predominantemente síltica, com uma mineralogia à base de argilominerais (92-94%), quartzo (2-5%), óxidos (1-2%) e muscovita (1-2%) (Ponto MOC-124). Constitui uma matriz pelítica com textura afanítica, composta essencialmente por argilominerais oxidados (Figuras 6.14 e 6.15). A foliação, pouco evidente, é dada pela orientação desses argilominerais. Os grãos de quartzo possuem granulação fina a muito fina, e são irregulares e de baixa esfericidade. Lamelas de muscovita detrítica ocorrem deformadas e orientadas segundo a foliação. Em geral, não se observa recristalização de minerais, ou esta é muito pouco evidente.

Em seção delgada de outra amostra (Ponto MOC-544), de constituição semelhante, observa-se um metapelito de textura afanítica com bandamento evidente pela maior presença de quartzo e óxidos em faixas alternadas (Figuras 6.16, 6.17 e 6.18). Caracteristicamente nas bandas de maior conteúdo de argilominerais uma oxidação mais expressiva é verificada. Os raros grãos de quartzo destacam-se na estrutura, com granulometria fina a média. Nesse ponto, é observada ainda uma foliação na rocha, evidente pela orientação preferencial dos argilominerais, indicando um metamorfismo incipiente.

6.1.5 - Formação Lagoa do Jacaré - Calcários (Grupo Bambuí)

Os calcários da região de Montes Claros, individualizados no mapeamento geológico como uma fácies distinta da Formação Lagoa do Jacaré, foram estudados petrograficamente em seis lâminas delgadas de rochas (além de algumas delas analisadas quimicamente, conforme item a seguir).

Em geral essas rochas constituem calcilitos e calcarenitos, que exibem entre 95% e 98% de carbonato (calcita?) com o restante (2-5%) representado por argilominerais, sulfetos e quartzo. Amostra típica (Ponto MOC-155) apresenta um calcilito de textura afanítica, com grãos irregulares detríticos e foliação evidenciada pela orientação dos argilominerais. Raros grãos de quartzo e sulfetos (provavelmente pirita) poligonizados ocorrem dispersos na estrutura da rocha. Estes últimos, por não apresentarem suas bordas desgastadas, devem indicar um desenvolvimento metamórfico (Figuras 6.19, 6.20 e 6.21).

Outra amostra de calcilito (Ponto MOC-555), apresenta uma textura afanítica a fanerítica com porções recristalizadas. Cristais de carbonato amorfo ocorrem dispersos e entremeados por argilominerais. Verifica-se ainda bandamento e uma estrutura

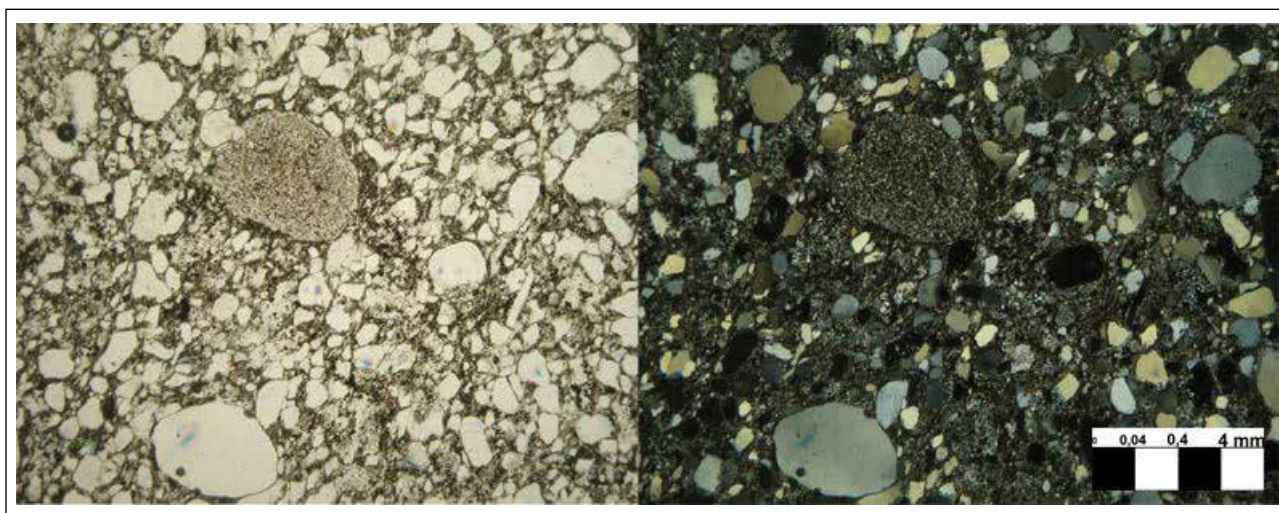


Figura 6.10 - Alguns grãos raros subarredondados presentes na estrutura do metadiamicrito, indicando contribuição de sedimentos anteriormente trabalhados no meio fluvial (aumentos 2,5x)

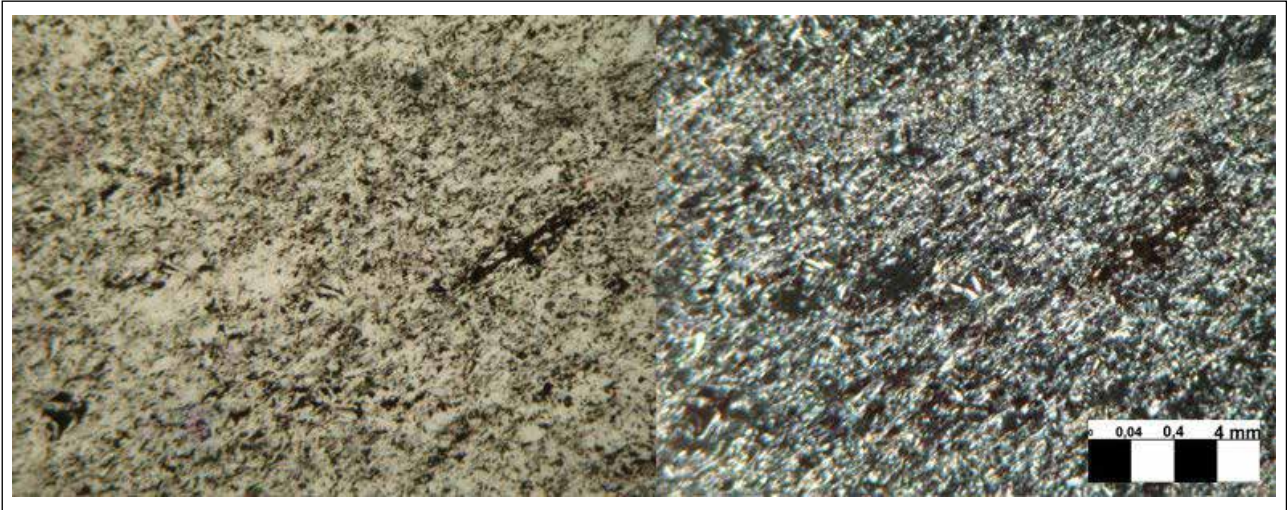


Figura 6.11 - Metassiltito apresentando foliação evidente por orientação de argilominerais e quartzo. Massas de óxidos hidratados ocorrem em toda a rocha (aumentos 2,5x)

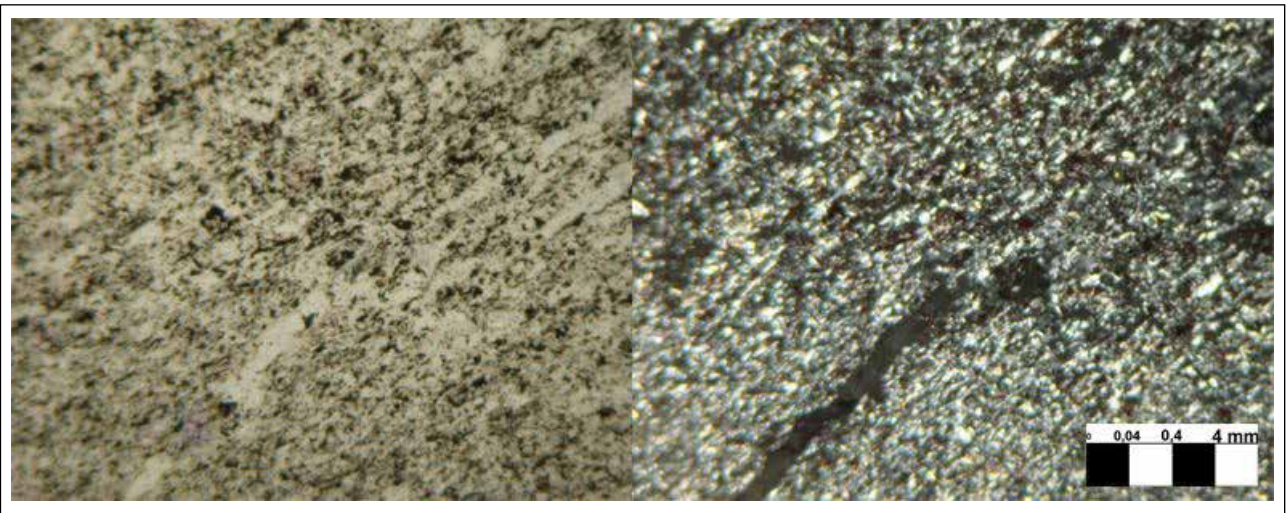


Figura 6.12 - Outro aspecto do mesmo metassiltito, mais quartzoso, exibindo foliação evidente pela orientação de argilominerais e quartzo. Igualmente à anterior, as massas de óxidos hidratados ocorrem distribuídas por toda a seção (aumentos 2,5x)

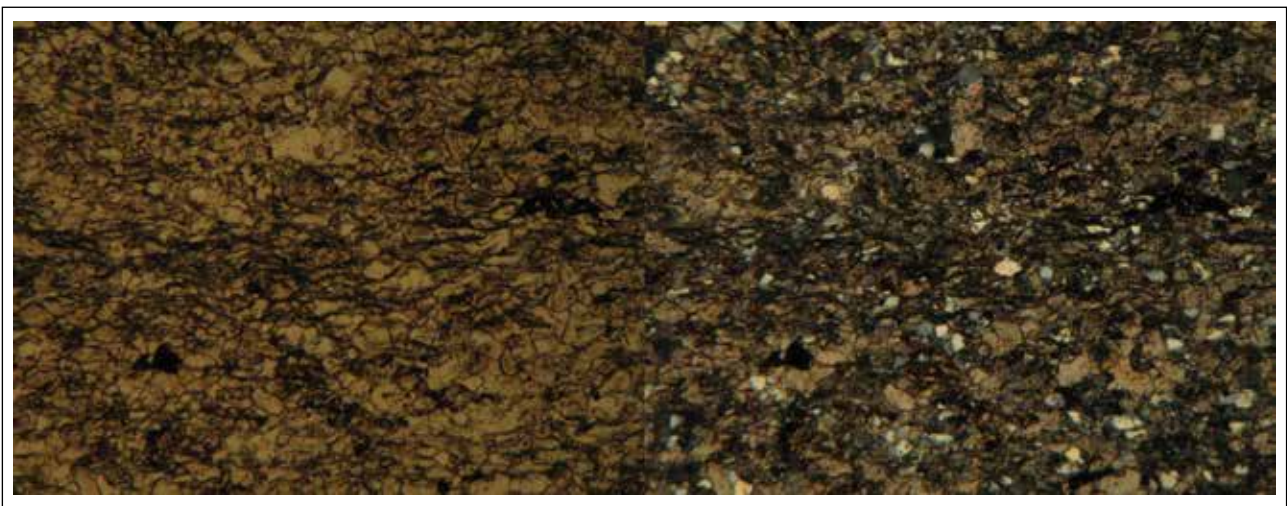


Figura 6.13 - Matriz metassíltica quartzosa apresentando grãos de quartzo em processo de recristalização segundo a foliação incidente na rocha. Os grãos detríticos de óxidos possuem alteração para hidróxidos que permeiam a trama da rocha (aumentos 2,5x)



Figura 6.14 - Metapelite exibindo textura afanítica, com uma “bola” de material argiloso oxidado na parte central da imagem (aumentos 2,5x)

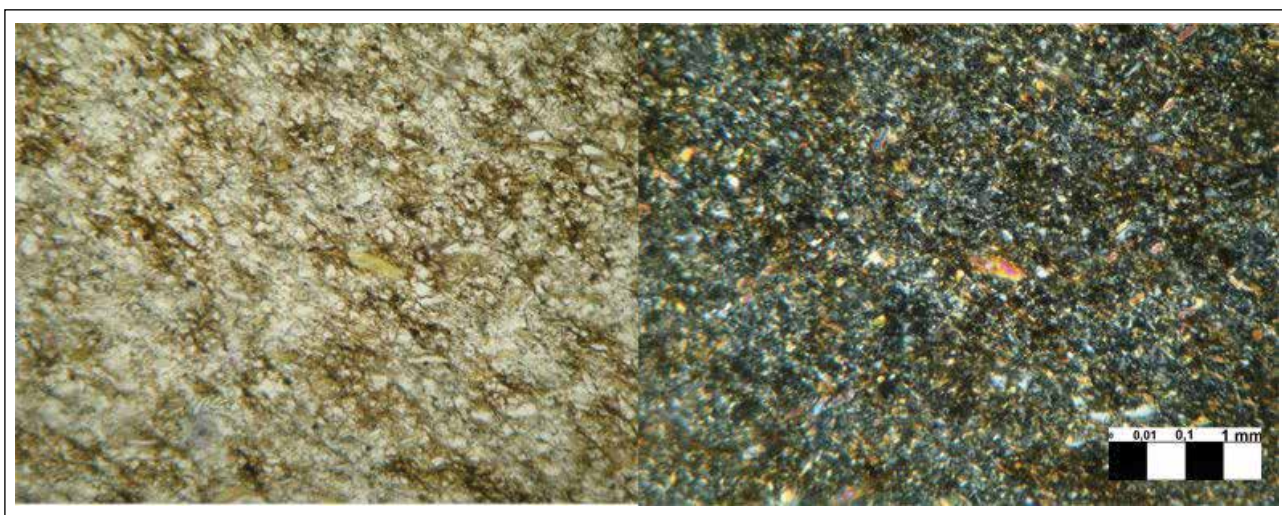


Figura 6.15 - Metapelite exibindo textura sem orientação preferencial e grãos detríticos de biotita dispersos na estrutura (aumentos 10x)

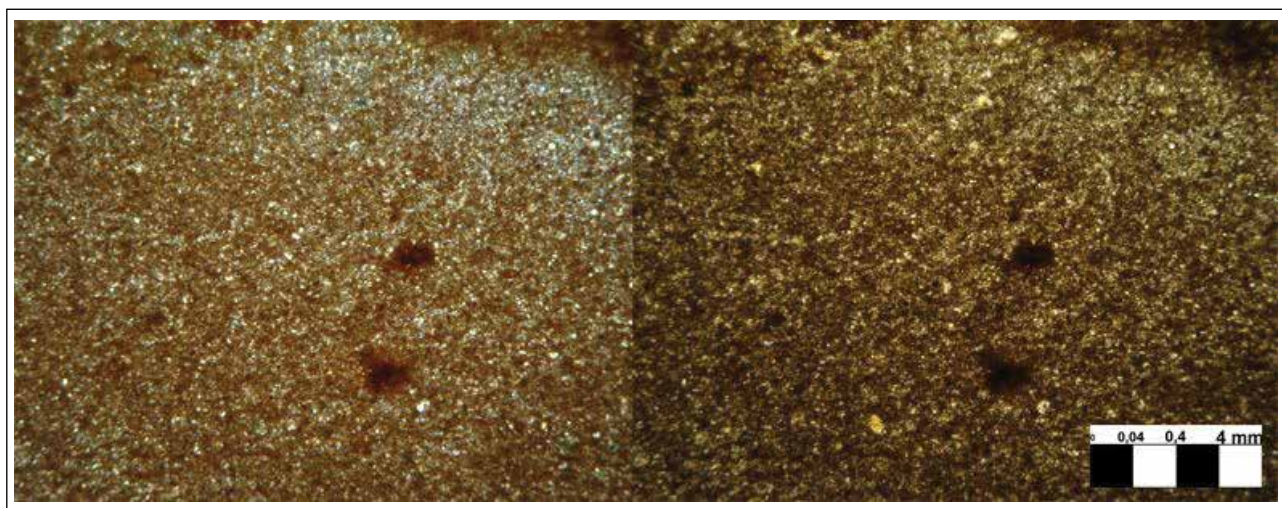


Figura 6.16 - Metapelite oxidado exibindo grãos de quartzo finos dispersos e concentrações de óxidos de provável origem sedimentar (aumentos 2,5x)

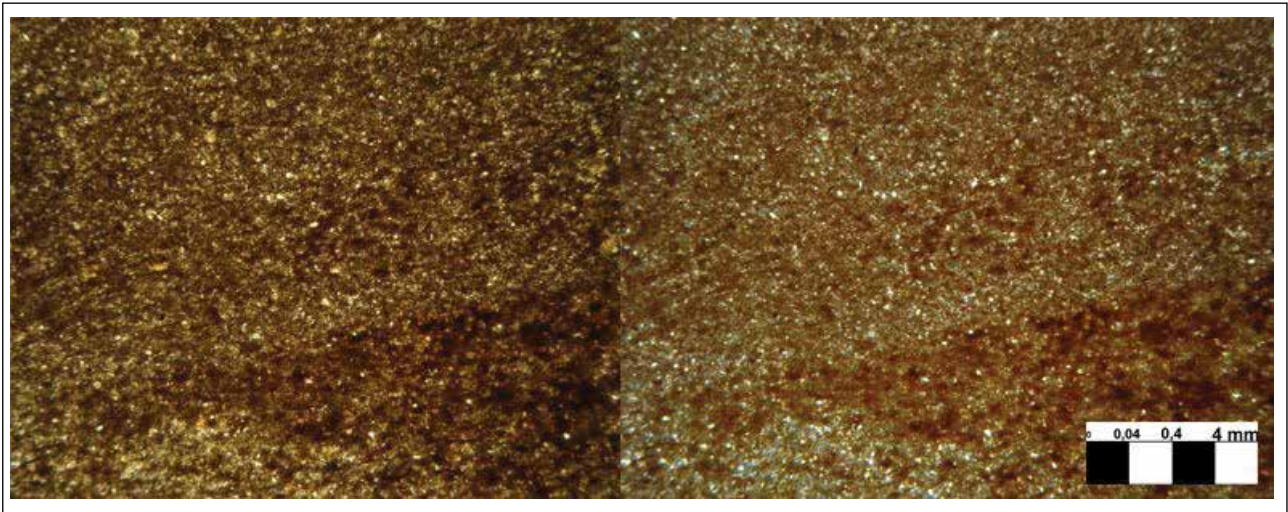


Figura 6.17 - Outro aspecto do mesmo metapelito oxidado, com grãos de quartzo finos dispersos e concentrações localizadas mostrando oxidação (aumentos 2,5x)

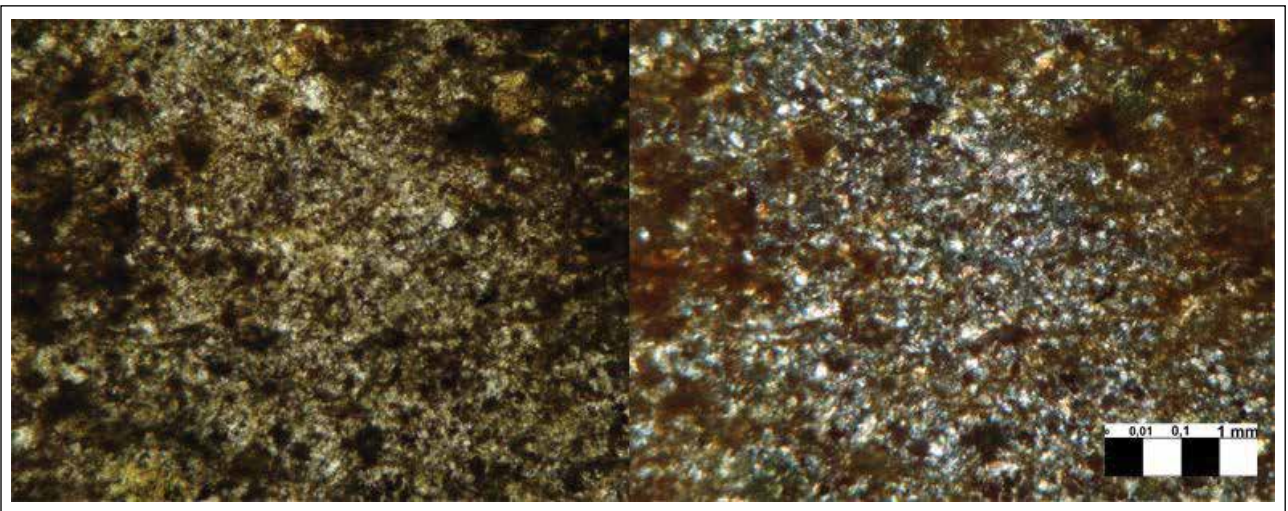


Figura 6.18 - Metapelito apresentando oxidação na trama mineral indicando provável origem na sedimentação (aumentos 2,5x)

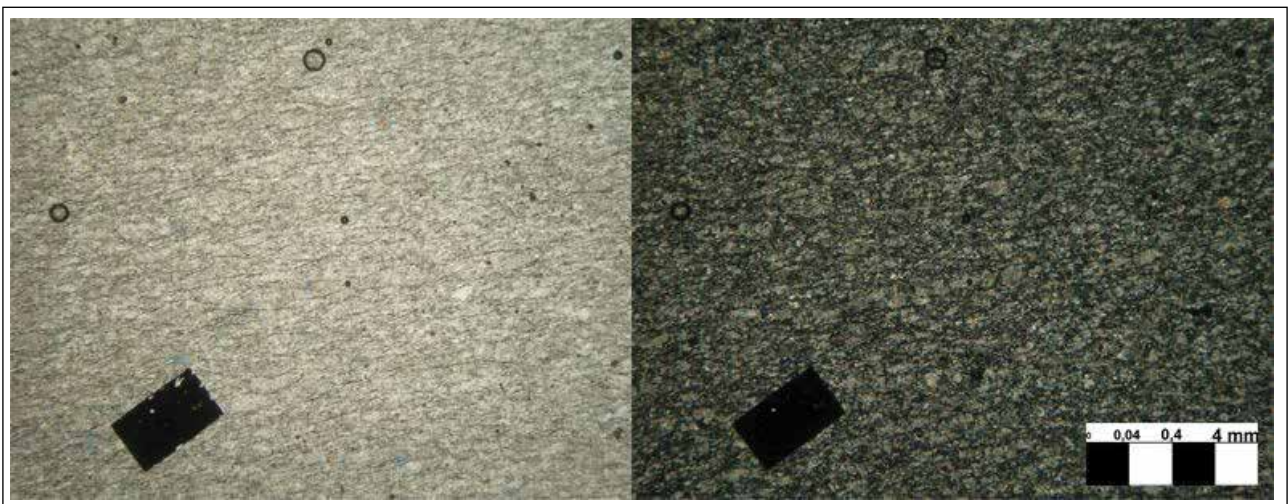


Figura 6.19 - Calcilutito exibindo trama fina e cristais de sulfeto (pirita?) euédrico, de origem metamórfica (aumentos 2,5x)

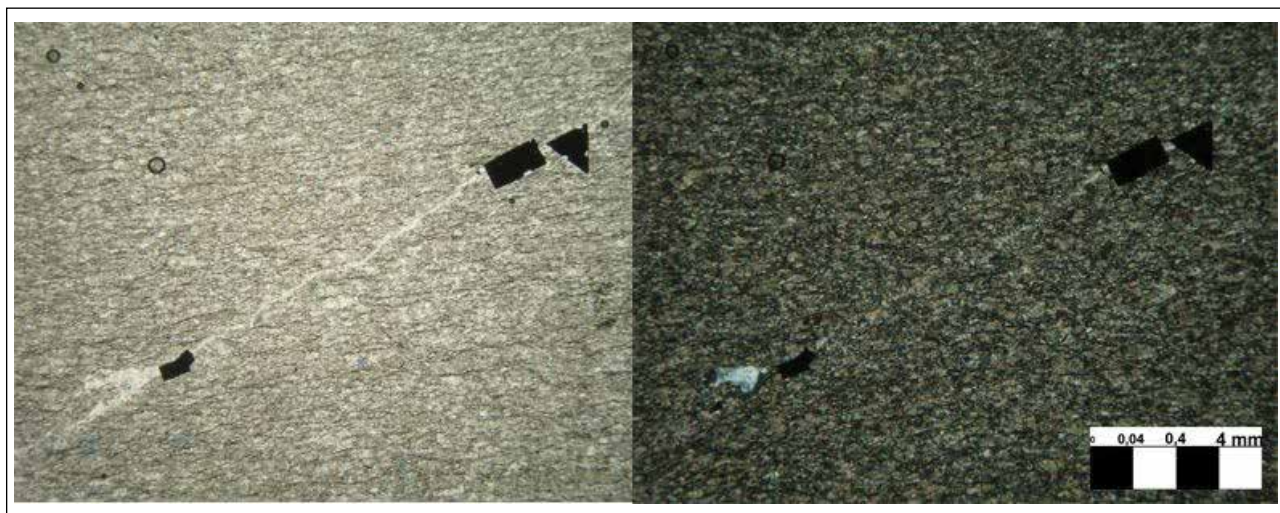


Figura 6.20 - Calcilutito exibindo trama fina e cristais de sulfetos euédricos, de origem metamórfica, intimamente associados à uma microvenulação de quartzo (aumentos 2,5x)

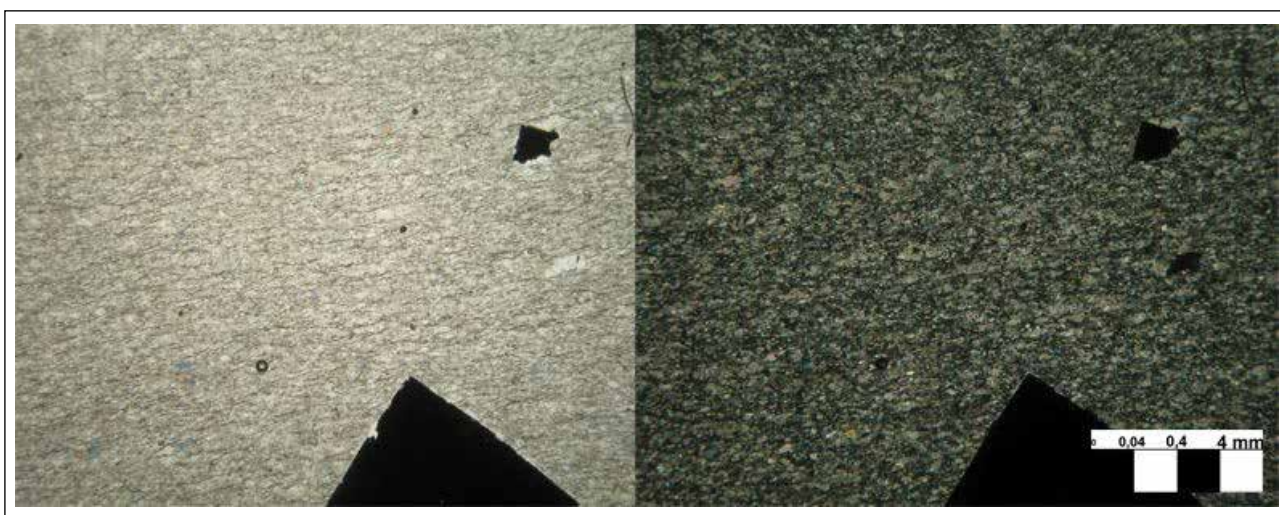


Figura 6.21 - Calcilutito exibindo trama fina e cristais muito desenvolvidos de sulfetos euédricos, de origem metamórfica (aumentos 2,5x)



Figura 6.22 - Calcilutito apresentando venulações e recristalizações pontuais com carbonato e quartzo, associados aos processos deformacionais (aumentos 2,5x)

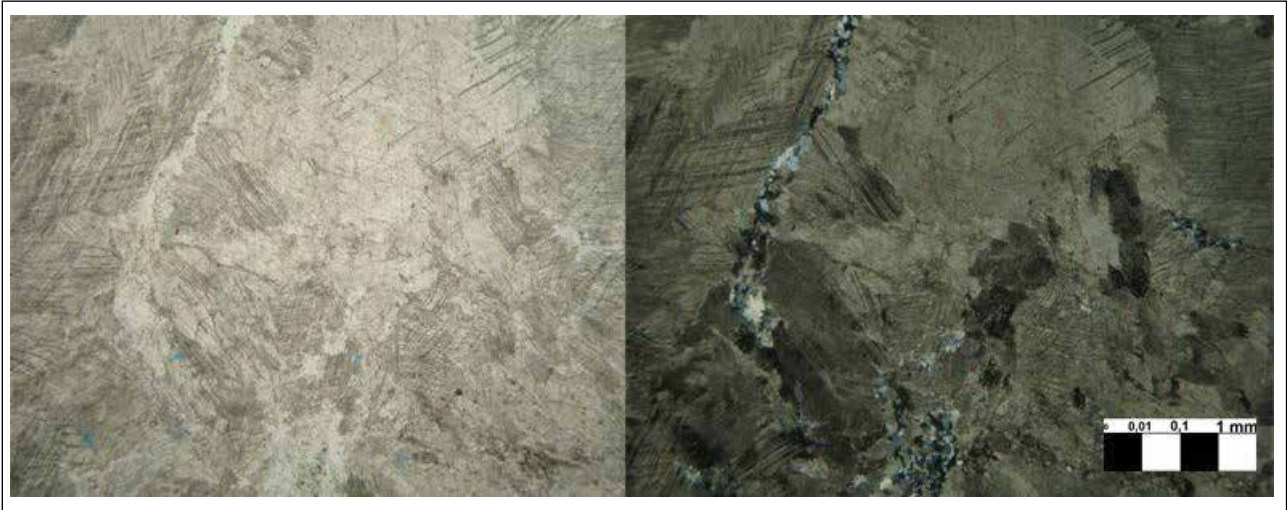


Figura 6.23 - Detalhe do calcilutito apresentando recristalização localizada com carbonato e quartzo, associada aos processos deformacionais (aumentos 2,5x)

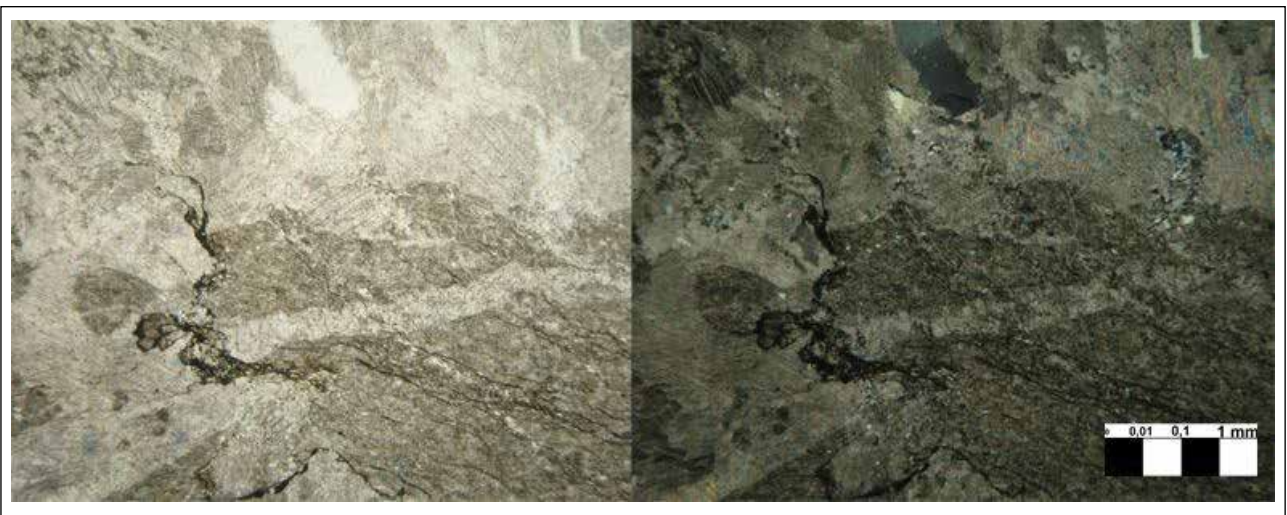


Figura 6.24 - Detalhe do calcilutito exibindo perda de estrutura por fraturamento, o que permitiu a penetração de venulações de carbonato e quartzo (aumentos 2,5x)

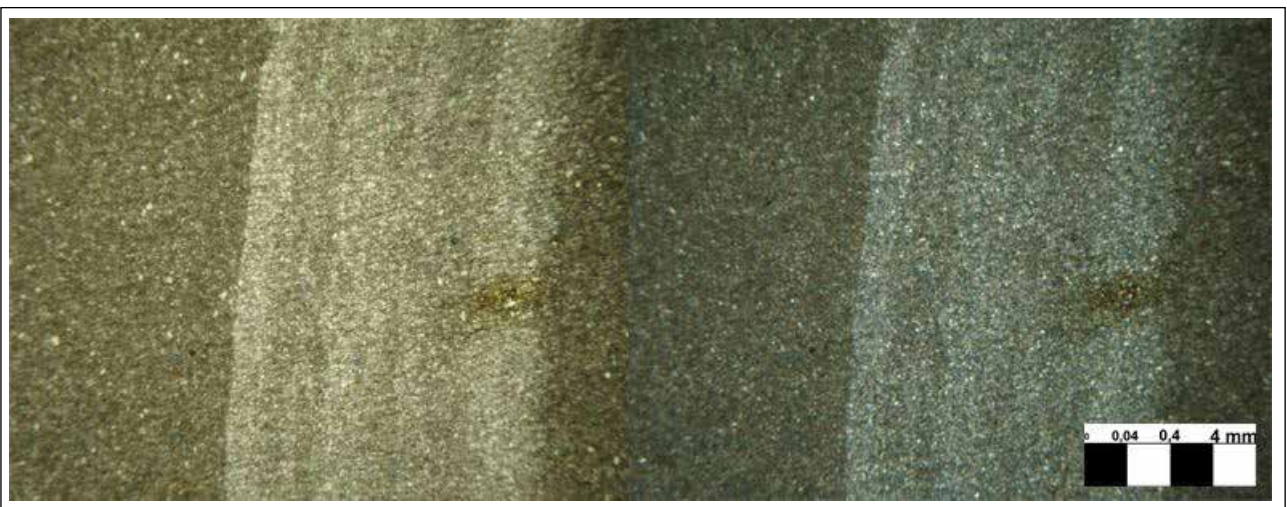


Figura 6.25 - Calcarenito apresentando bandamento gerado por alternância composicional preservado. As bandas mais escuras possuem composição predominante argilominerálica. Oxidações pontuais são observadas, e se associam a cristais de sulfetos alterados (aumentos 2,5x)

geral da rocha fragmentada por inúmeras venulações de carbonato e quartzo com cristais de granulação mais grossa. Por sua vez, uma amostra de calcarenito (Ponto MOC-058), é caracterizada por uma textura micrítica com raros grãos de argilominerais sem orientação evidente. Grãos de sulfetos oxidados são ainda observados, porém com pouca representatividade (Figuras 6.22, 6.23, 6.24, 6.25 e 6.26).

As amostras dos pontos MOC-033, MOC-510 e MOC-547, representam um calcilutito micrítico com bandamento sedimentar marcado por grãos de sulfeto poligonizados em níveis distintos (MOC-547), que apresentam ainda bordas alteradas com hidróxidos. Essas amostras caracterizam bem a abundância de sulfeto (pirita) nessas rochas na região de Montes Claros. A primeira possui textura afanítica com foliação evidente por orientação dos argilominerais. Alguns raros grãos de quartzo e sulfetos poligonizados ocorrem truncando a orientação da estrutura da rocha. A segunda, de igual textura, mostra uma fo-

liação evidente pela orientação dos argilominerais e calcita micrítica com cristais recristalizados. Cristais euédricos de sulfeto apresentam inclusões de argilominerais e sericita, indicando origem metamórfica (Figuras 6.27, 6.28, 6.29, 6.30, 6.31, 6.32 e 6.33).

6.1.6 - Formação Serra da Saudade (Grupo Bambuí)

Litotipos da Formação Serra da Saudade foram descritos sobre três pontos: MOC-589, 598 e 610. No primeiro, observa-se uma mineralogia à base de argilominerais (50%), muscovita (30%), quartzo (15%) e óxidos (5%). É uma rocha pelítica laminada contendo grãos de quartzo detríticos de granulometria fina a muito fina dispersos em uma matriz de composição argilominerálica sem orientação preferencial ou evidência de foliação. Concentrações de óxidos hidratados ocorrem dispersas. O bandamento da rocha é

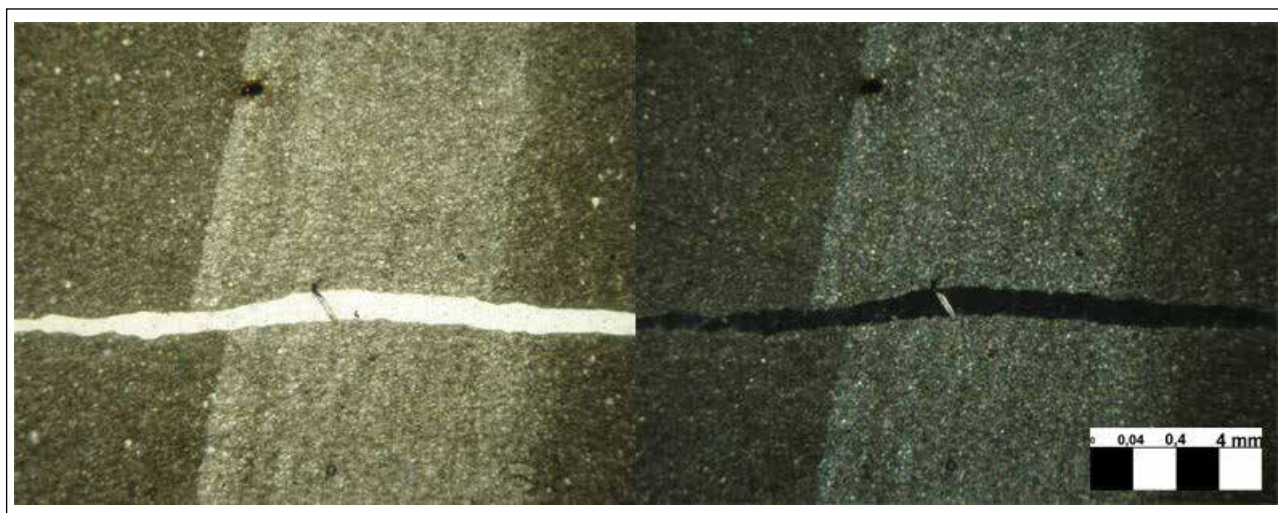


Figura 6.26 - Calcarenito apresentando bandamento gerado por alternância composicional preservada. As bandas mais escuras têm composição predominante argilominerálica; a venulação de quartzo presente é de provável origem metamórfica e desloca a estrutura da rocha (aumentos 2,5x)

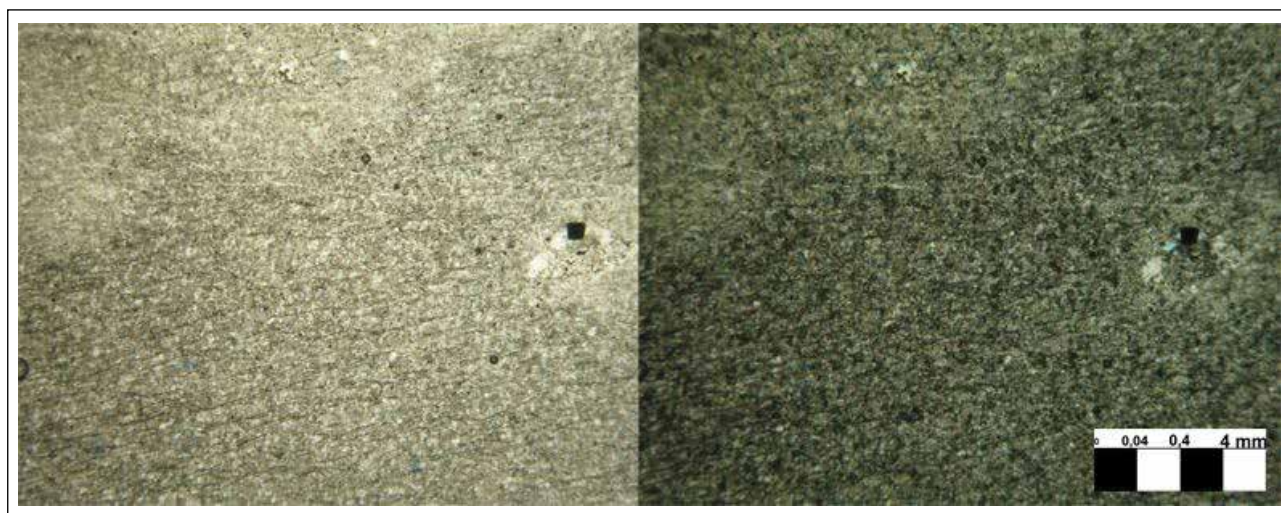


Figura 6.27 - Calcilutito exibindo trama fina e alguns diminutos cristais de pirita euédrica, de provável origem metamórfica (aumentos 2,5x)

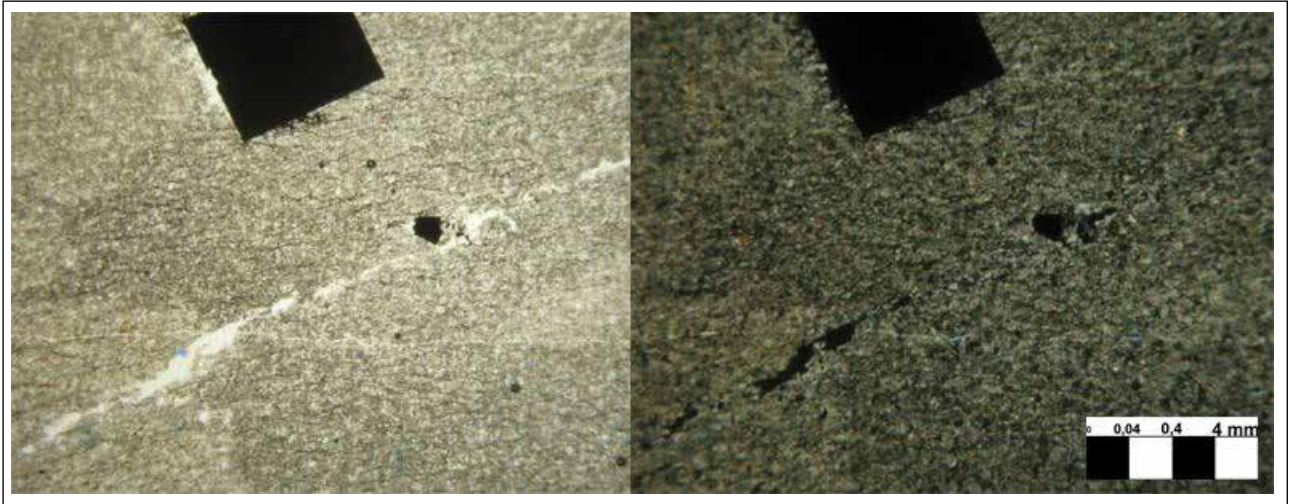


Figura 6.28 - Calcilutito exibindo trama fina com venulação quartzosa, e cristais mais desenvolvidos de pirita euédrica, de origem metamórfica (aumentos 2,5x)



Figura 6.29 - Calcilutito mais puro, exibindo trama muito fina (aumentos 2,5x)

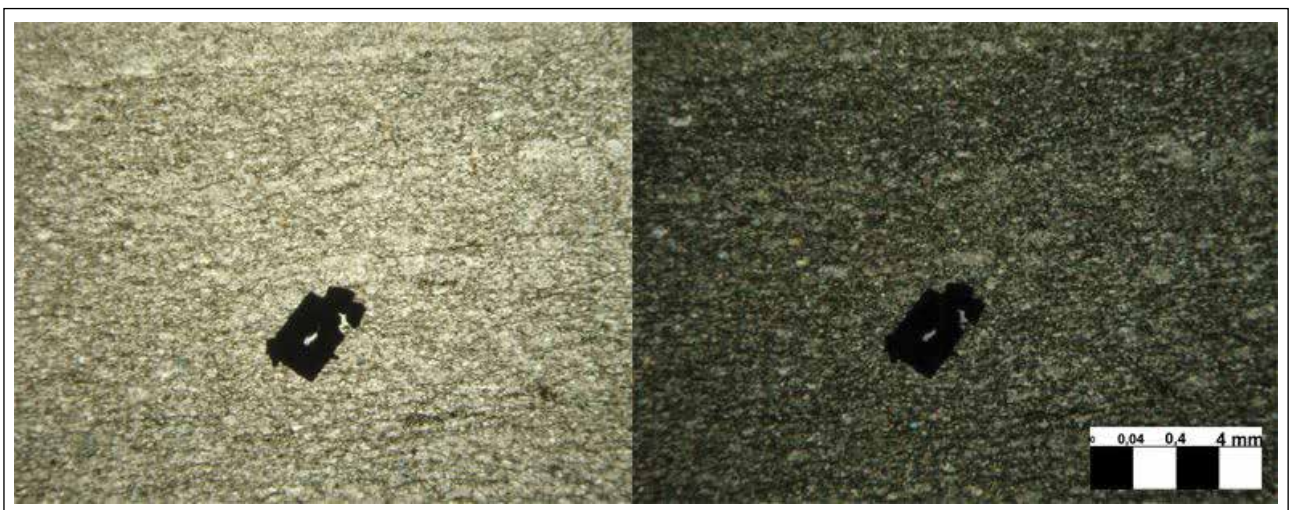


Figura 6.30 - Calcilutito exibindo trama fina e cristais de pirita euédrica de origem metamórfica. Observa-se no cristal material incluído de composição semelhante à da rocha (aumentos 2,5x)

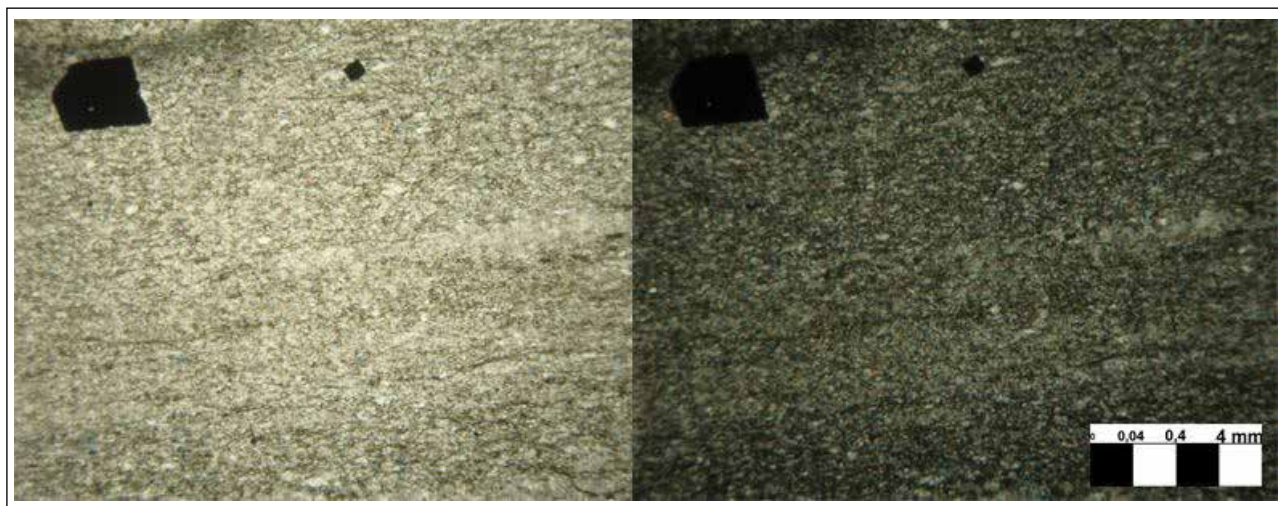


Figura 6.31 - Calcilutito exibindo trama fina e cristais de pirita euédrica de origem metamórfica (aumentos 2,5x)

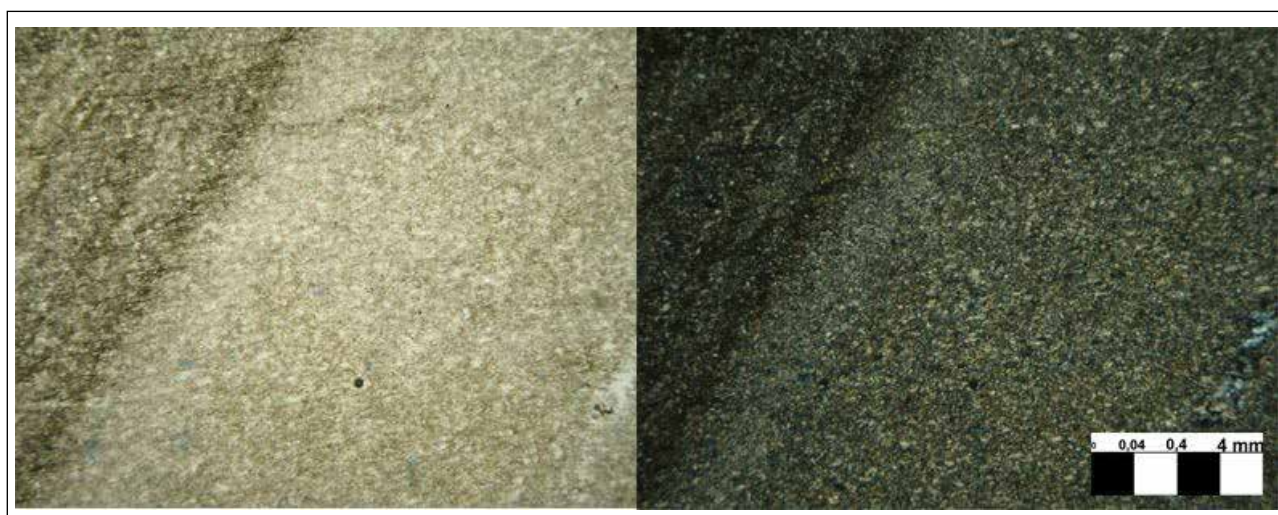


Figura 6.32 - Calcilutito apresentando bandamento gerado por alternâncias composicionais. As bandas mais escuras possuem composição predominante argilominerálica (aumentos 2,5x)

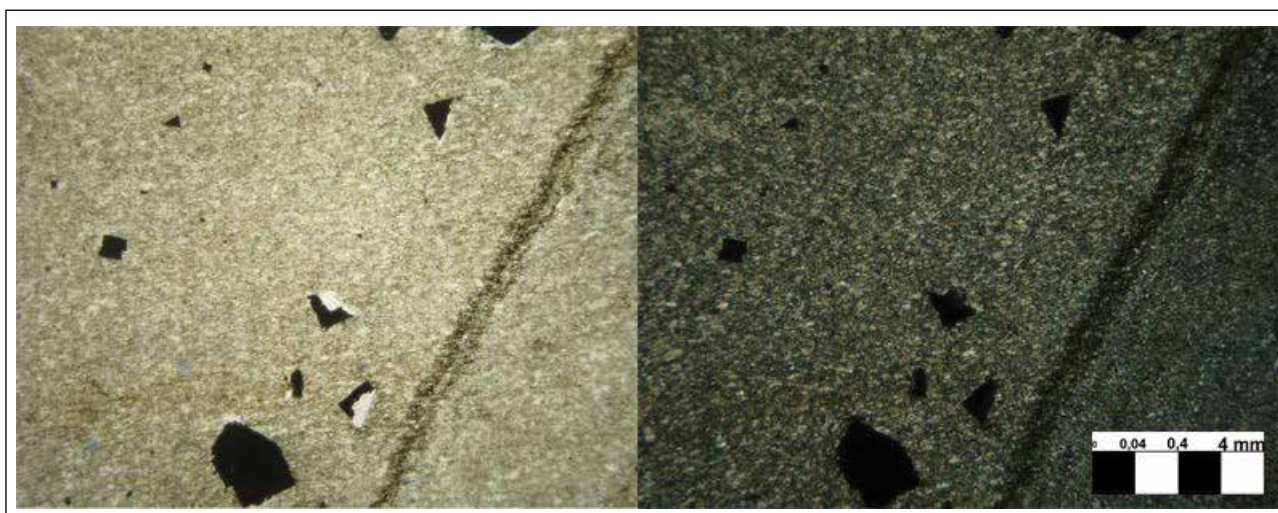


Figura 6.33 - Calcilutito apresentando cristais de sulfeto e bandamento gerado por alternâncias composicionais. As bandas mais escuras são de composição predominante argilominerálica (aumentos 2,5x)

marcado por níveis oxidados orientados segundo planos bem definidos, podendo apresentar descontinuidades por dobramentos rompidos, em estruturas de possível colapso sedimentar (Figuras 6.34, 6.35, 6.36 e 6.37).

A amostra MOC-598 (argilominerais 60%, quartzo 30% e óxidos 19%) representa um pelito com bandas alternadas de maior ou menor conteúdo de quartzo (Figuras 6.38, 6.39 e 6.40). Lâminas quartzosas ocorrem intercaladas e contêm massas irregulares de óxidos/hidróxidos deformadas e orientadas segundo a foliação paralela ao acamamento da rocha. Lâminas argilominerálicas possuem por vezes raros grãos de quartzo. A laminação é deformada e em parte descontinuada devido à foliação. Ocorrem fraturas irregulares preenchidas por hidróxidos associados aos processos de alteração da rocha. A amostra MOC-610 (quartzo 60%, argilominerais 25%, muscovita 10% e óxidos 5%), constitui um siltito de textura equigranular, afanítica. A foliação pouco desenvolvida é evidenciada pela orientação de cristais de muscovita. Uma submatriz argilominerálica envolve grãos de quartzo subarredondados e de baixa esfericidade.

6.1.7 - FORMAÇÃO URUCUIA

Essa formação, constituída exclusivamente por arenitos na área, teve suas rochas estudadas em lâminas delgadas sobre três pontos: MOC-596, MOC-600 e MOC-605. A primeira apresenta mineralogia com quartzo (60%), argilominerais (20%) e óxidos (20%), e compreende um arenito com intercalações de lâminas silticas (Figuras 6.41 e 6.42). Apresenta grãos de quartzo angulosos a subarredondados, de baixa esfericidade. Alguns raros grãos de muscovita, sem representatividade no geral, são observados. Verificam-se ainda laminação cruzada marcada por planos de óxidos/hidróxidos a 30° do acamamento e fraturas interrompidas associadas a estruturas de carga sedimentar. Alguns “bolsões” de óxidos/hidróxidos ocorrem dispersos na estrutura segundo o acamadamento. Bolas de argila ocorrem interrompendo o acamadamento e o fluxo sedimentar.

A amostra MOC-600 é caracteristicamente mais rica em quartzo. De tal maneira, ela apresenta: quartzo (95%), fragmentos de rocha (2%), argilominerais (2%) e óxidos (1%). Constitui um arenito de textura inequigranular com grãos variando de muito finos até finos, angulosos a subarredondados, e com baixa esfericidade geral (Figuras 6.43, 6.44 e 6.45). Uma submatriz argilominerálica pode ser observada intercalando-se aos grãos. São ainda observados grãos de muscovita detrítica dispersos na estrutura da rocha, porém de pouca representatividade em relação ao conjunto.

O arenito da amostra MOC-605 apresenta quartzo (95%) e óxidos (5%), possuindo uma textura inequigranular contendo fragmentos de quartzo an-

gulosos a subarredondados, e de baixa esfericidade (Figuras 6.46 e 6.47). A trama principal da rocha caracteriza-se por grãos de quartzo nas frações fina a média, com interstícios preenchidos por grãos na fração fina. Esses grãos mostram-se sem contato e sustentados por um cimento à base de óxidos e hidróxidos. Na matriz heterogênea, observam-se ainda alvéolos de hidróxido de ferro em concentrações distribuídas irregularmente.

6.2 - LITOGEOQUÍMICA

Análises de geoquímica de rochas foram realizadas sobre dez amostras, envolvendo litotipos da principal sequência geológica que é abrangida na Folha Montes Claros, o Grupo Bambiú, sendo cinco de calcários, duas de metassiltitos rítmicos, carbonáticos, ambos os conjuntos da Formação Lagoa do Jacaré, e três de siltitos/argilitos da Formação Serra da Saudade. Apresenta-se ainda para efeitos comparativos, os resultados obtidos em análises de amostras envolvendo a folha ao sul (Folha Bocaiúva), relacionando os dados geoquímicos sobre rochas calcárias dessa área (Tabela 6.1).

Em relação às rochas calcárias da Formação Lagoa do Jacaré, os dados apresentados revelam claramente as informações obtidas em campo, antes já comentadas no capítulo 4 (Unidades Estratigráficas), de que essas rochas na “faixa oeste” de exposição na folha (MOC-236 e MOC-555), eram caracteristicamente mais puras do que as encontradas na faixa leste (MOC-033, MOC-155 e MOC-510). Outros aspectos diagnósticos importantes, dizem respeito aos altos conteúdos de Al_2O_3 e SiO_2 nessa última faixa, variando de modo respectivo entre aproximadamente 5,5-7% e 23-30% nesses óxidos, contra valores ínfimos (por volta de 1% Al_2O_3 e 5% SiO_2), na faixa oeste. Os valores de ferro, potássio e magnésio foram também mais expressivos na faixa leste, caracterizando tais rochas como calcários impuros. De tal maneira, em termos geoquímicos os calcários da faixa leste aproximam-se sobremaneira dos dados apresentados pelos metassiltitos rítmicos desta mesma sequência. Ressalte-se ainda a semelhança geoquímica entre os calcários da faixa ocidental com aqueles encontrados a sul, no âmbito da Folha Bocaiúva (Chaves & Andrade, 2009).

A concentração de alguns certos elementos químicos (Sr, BA, PB, Th, SC e La) é também apresentada (Tabela 6.1). Destacam-se as maiores concentrações de estrôncio nos calcários Lagoa do Jacaré, em relação aos amostrados na Folha Bocaiúva, e os valores expressivos de bário nos litotipos da Formação Serra da Saudade. Os elementos Th, SC e La foram dosados na tentativa de se obter informações sobre a proveniência dos sedimentos (cf. Cullers, 2002), mas os teores ínfimos gerais encontrados para esses três elementos não permitiram uma boa caracterização a respeito.

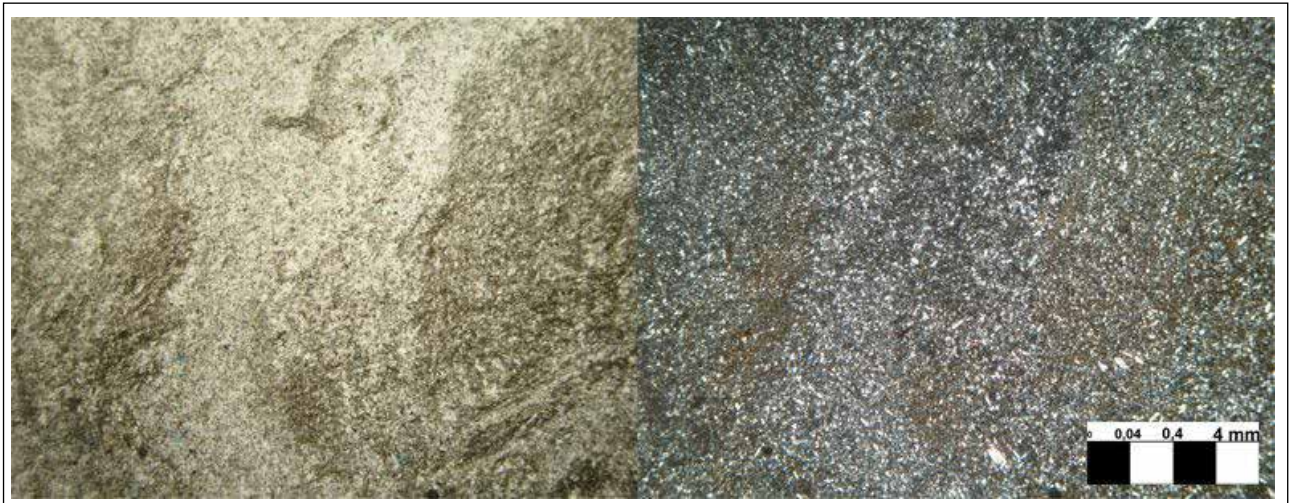


Figura 6.35 - Pelito laminado com bandamento alterado pela foliação e alternância de bandas mais ou menos rica em quartzo. Ocorrem concentrações de óxidos/hidróxidos na estrutura da rocha (aumentos 2,5x)



Figura 6.36 - Detalhe do pelito apresentando concentração de quartzo detritico na estrutura da rocha e concentrações de hidróxidos dispersas (aumentos 10x)

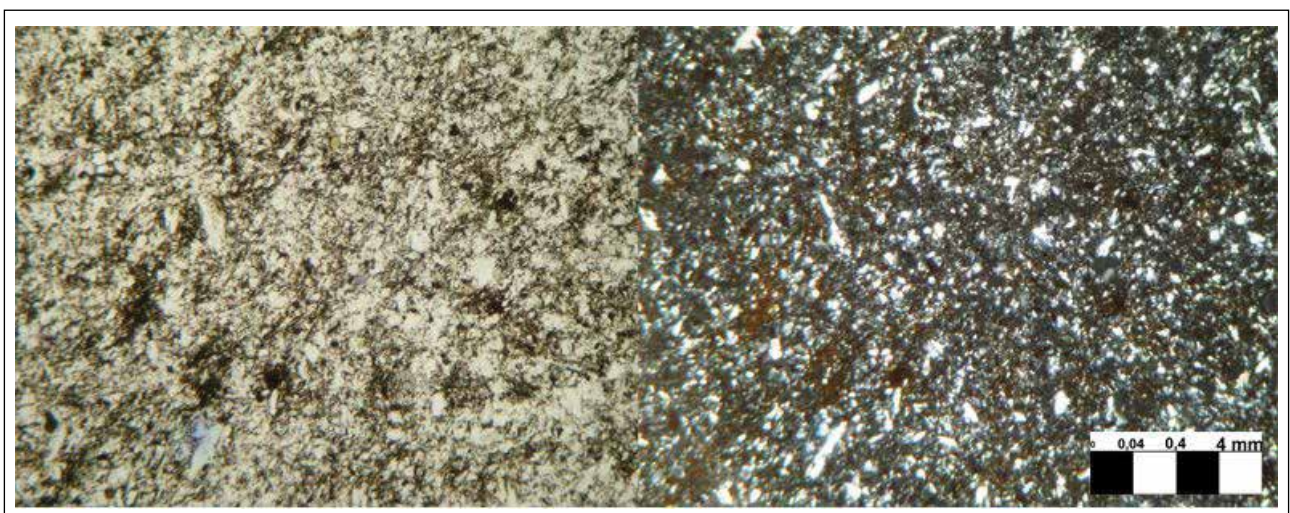


Figura 6.37 - Pelito laminado com bandamento alterado pela foliação e alternância de bandas mais ou menos ricas em quartzo (aumentos 2,5x)

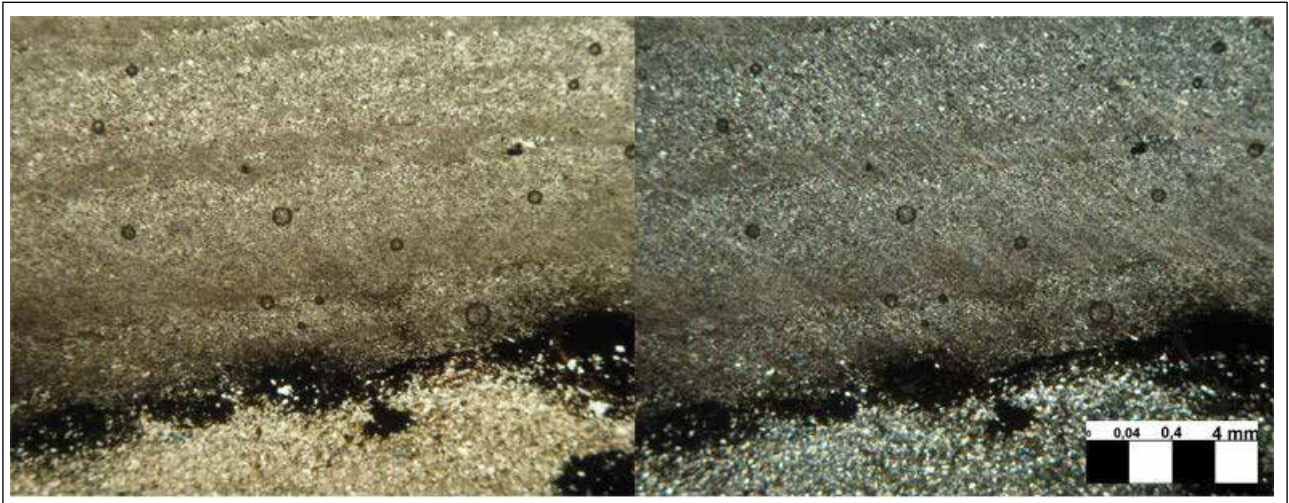


Figura 6.38 - Pelito exibindo contato oxidado entre o nível quartzoso e nível pelítico, com alternância de bandas mais ou menos ricas em quartzo. Uma zona oxidada de possível origem a partir de material sedimentar é concordante com a laminação da rocha (aumentos 2,5x)

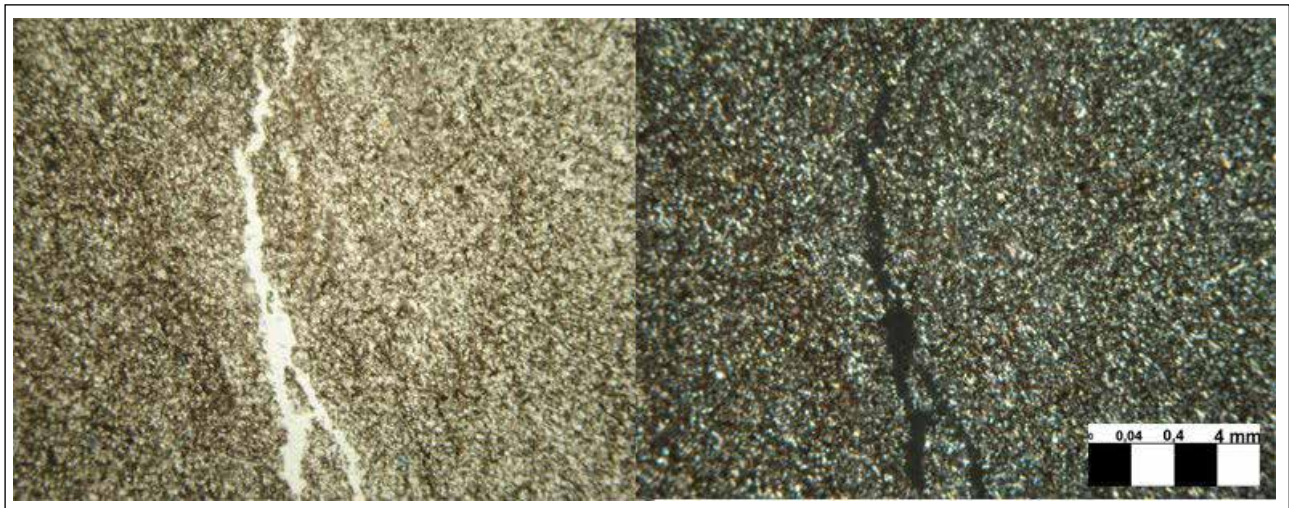


Figura 6.39 - Mesmo pelito, porém exibindo fraturas preenchidas por quartzo (aumentos 2,5x)

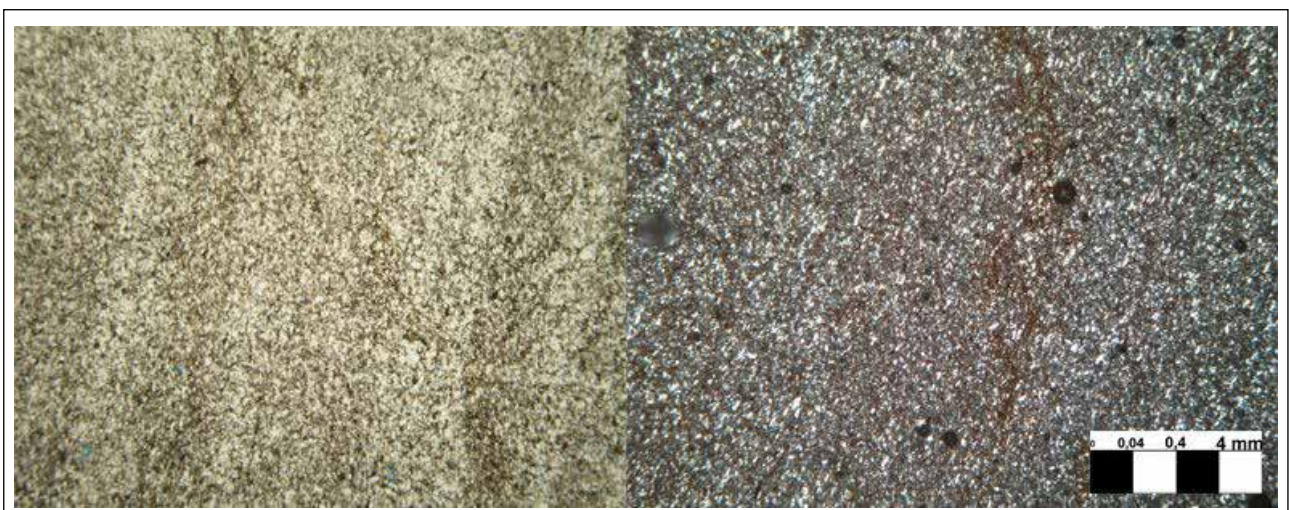


Figura 6.40 - Siltito exibindo bandamento sedimentar por alternâncias de camadas mais ou menos ricas em argilominerais (aumentos 2,5x)

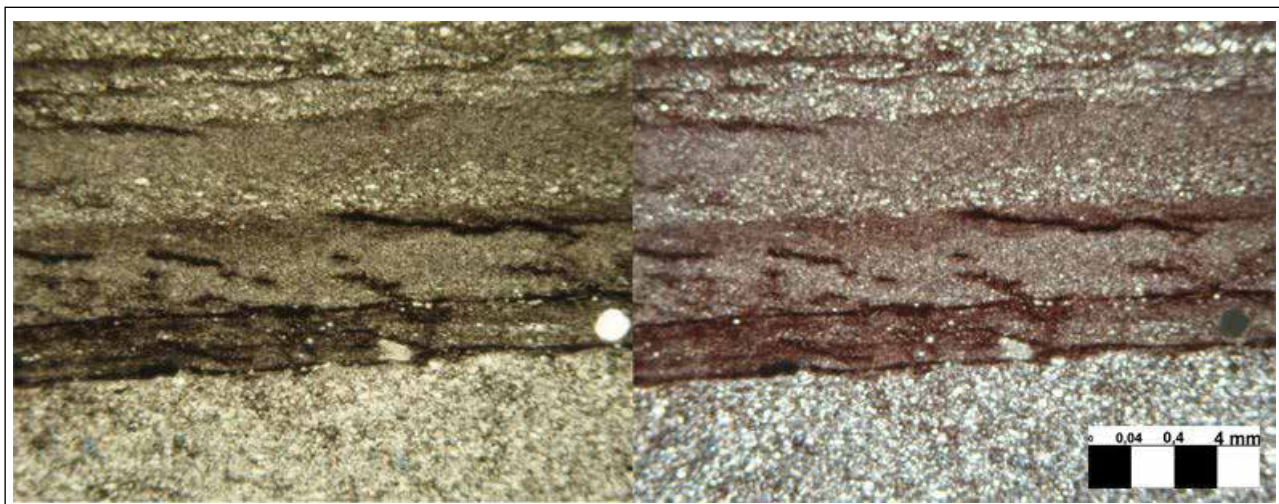


Figura 6.41 - Arenito com intercalações silticas oxidadas em planos definidos de orientação do fluxo aquoso sob o qual se depositaram (aumentos 2,5x)

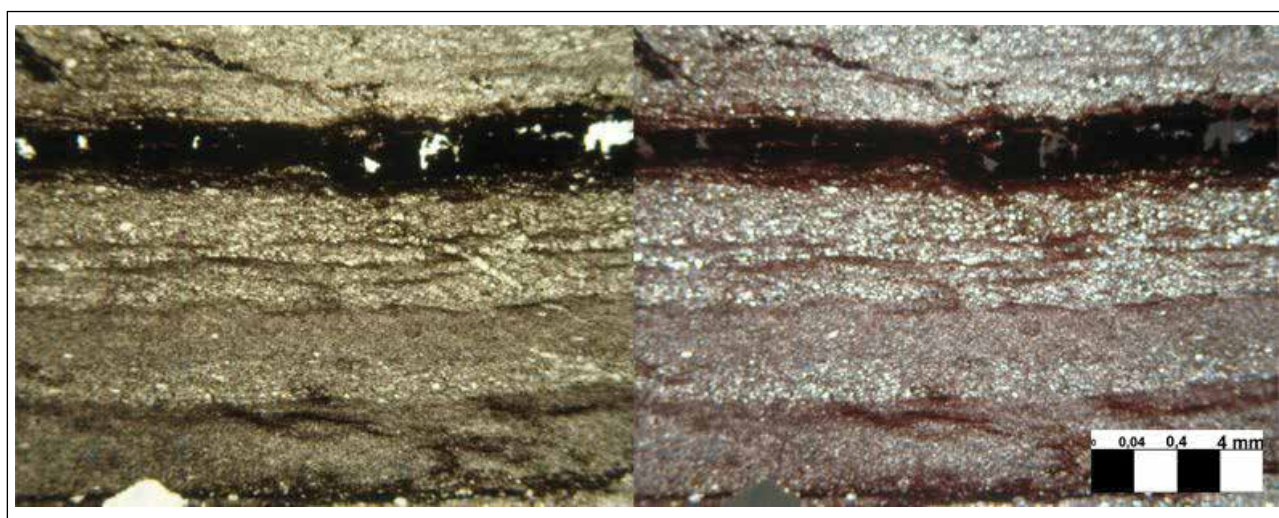


Figura 6.42 - Arenito com intercalações silticas oxidadas em planos definidos de orientação do fluxo aquoso sob o qual se depositaram. Observa-se nível essencialmente constituído por óxido e hidróxidos intercalando as camadas (aumentos 2,5x)

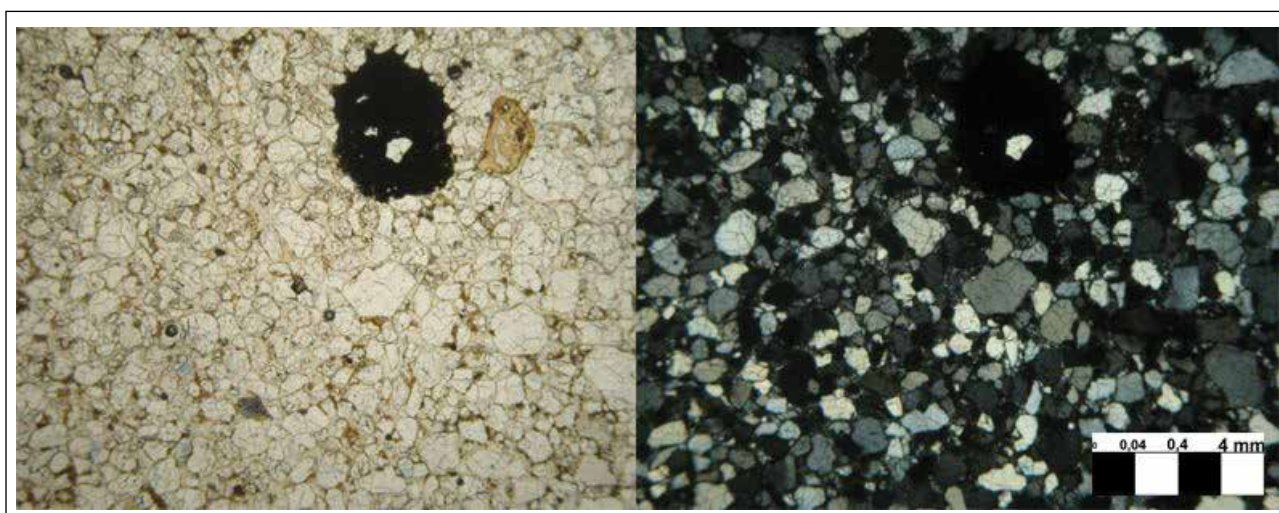


Figura 6.43 - Arenito exibindo trama fechada e massa de hidróxidos de origem sedimentar posicionando-se como um clasto na estrutura da rocha (aumentos 2,5x)

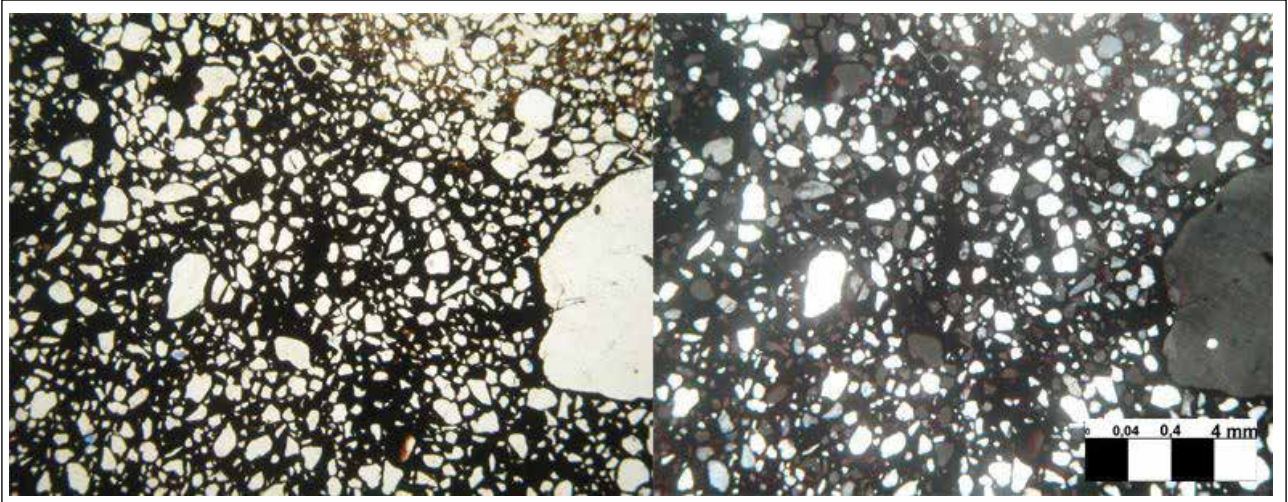


Figura 6.44 - Arenito apresentando variada fração de fragmentos e matriz de hidróxidos de ferro em proporção mais reduzida (aumentos 2,5x)

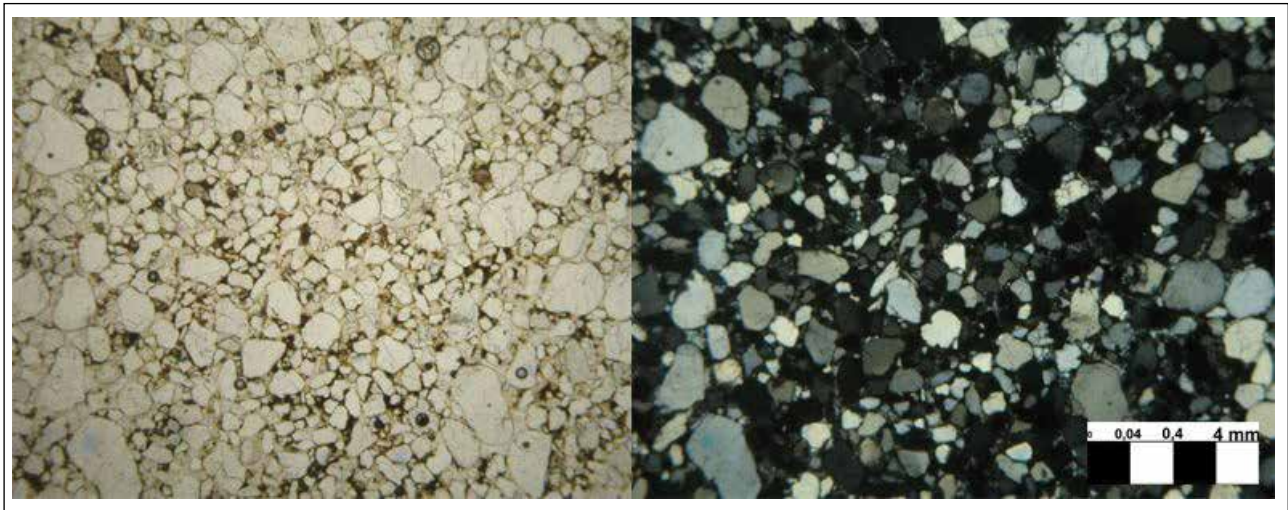


Figura 6.45 - Arenito cimentado por hidróxido de ferro com clastos irregulares e raros grãos de quartzo rolados indicando contribuição de sedimentos retrabalhados (aumentos 2,5x)

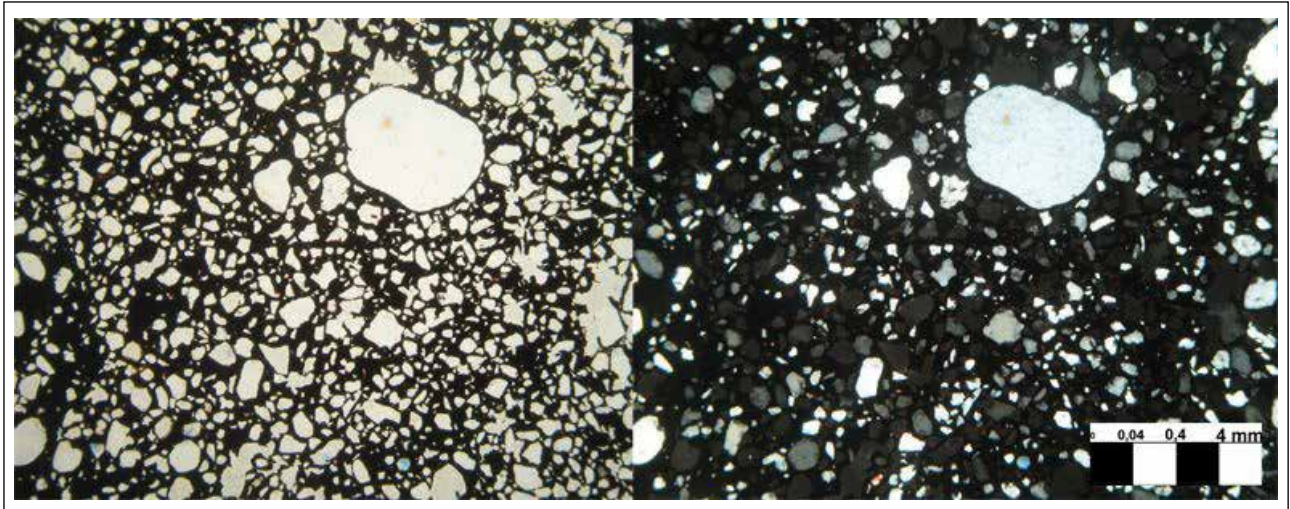


Figura 6.46 - Arenito cimentado por hidróxido de ferro, com clastos de quartzo irregulares e alguns raros grãos rolados indicando contribuição de sedimentos retrabalhados (aumentos 2,5x)

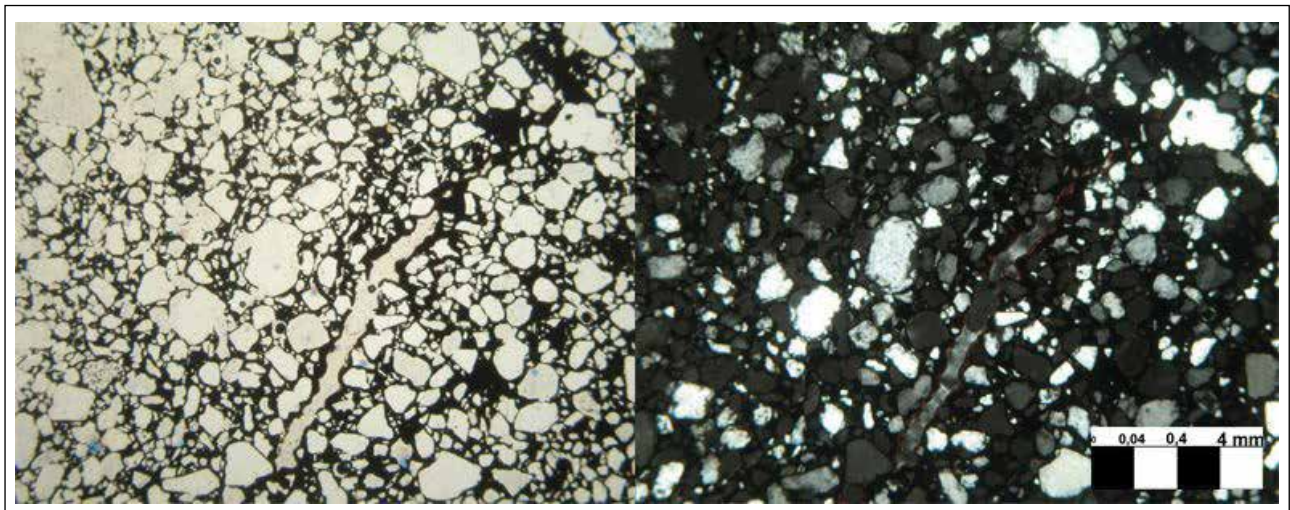


Figura 6.47 - Arenito cimentado por hidróxido de ferro com clastos irregulares e raros grãos de quartzo rolados. Observam-se vazios na estrutura da rocha preenchidos por hidróxido de ferro e quartzo recristalizado (aumentos 2,5x)

Tabela 6.1 - Análises químicas representativas sobre rochas carbonáticas e metassilitos rítmicos da Formação Lagoa do Jacaré, bem como de argilitos e silitos da Formação Serra da Saudade (Análises Laboratório SGS-GEOSOL; Vespasiano, MG). Análises comparativas da Folha Bocaiúva (Chaves & Andrade, 2009): BOC-003, Morro da Antena de TV (Engenheiro Navarro); BOC-324, Fazenda Pouso Verde (Bocaiúva); BOC- 539, Fazenda Serra Dourada (Bocaiúva); BOC-206, Assentamento INCRA (Engenheiro Navarro); BOC-213, Fazenda Pedra Preta (Engenheiro Navarro) ("nd", não determinado)

Ponto	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	TiO ₂	P.F.	Total	Sr	Ba	Pb	Th	Sc	La	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
Calcários (Formação Lagoa do Jacaré)																			
MOC-236	0,56	51,50	0,47	0,14	0,60	0,01	<0,10	0,02	3,99	0,05	41,53	98,87	1252	22	13	<20	<05	03	
MOC-555	1,42	51,50	0,89	0,19	0,70	0,03	0,11	0,04	5,56	0,07	41,17	101,68	1109	41	11	<20	<05	35	
MOC-033	5,69	35,10	3,17	1,08	1,30	0,04	0,83	0,11	23,2	0,26	29,19	99,97	694	194	12	<20	05	27	
MOC-155	6,89	29,50	2,89	1,43	1,46	0,04	0,86	0,16	30,8	0,34	24,78	99,15	1353	247	20	<20	06	53	
MOC-510	6,27	33,20	2,74	1,30	1,76	0,04	1,06	0,12	24,2	0,32	28,56	99,57	1536	209	24	<20	06	15	
Metassilitos rítmicos (Formação Lagoa do Jacaré)																			
MOC-158	10,70	16,30	4,71	2,41	2,42	0,07	1,33	1,12	46,4	0,63	14,85	100,94	970	319	25	<20	12	23	
MOC-547	16,00	0,56	6,49	3,44	3,03	0,06	1,94	1,18	64,3	0,92	3,89	101,72	17	162	08	<20	<05	28	
Silitos e argilitos (Formação Serra da Saudade)																			
MOC-589	17,10	0,61	7,26	2,44	0,71	0,02	<0,10	0,16	64,5	0,93	6,60	100,33	37	390	78	<20	17	73	
MOC-598	16,30	0,04	8,98	2,76	0,77	0,09	<0,10	0,04	64,2	0,79	5,46	99,43	16	409	27	<20	13	23	
MOC-610	15,61	0,05	7,53	2,52	0,76	0,01	<0,10	0,13	68,1	0,99	5,20	100,90	35	466	27	<20	14	70	
Calcários (Formação Lagoa do Jacaré) da Folha Bocaiúva																			
BOC-003	0,49	54,1	0,38	0,10	0,72	0,00	0,05	0,03	1,90	0,02	42,44	100,2	42	nd	nd	nd	nd	nd	
BOC-324	0,30	55,1	0,20	0,07	0,62	0,00	0,05	0,04	1,54	0,01	42,95	100,9	244	nd	nd	nd	nd	nd	
BOC-539	0,49	53,4	0,88	0,15	0,87	0,02	0,05	0,04	3,80	0,03	41,62	100,9	324	nd	nd	nd	nd	nd	
BOC-206	0,31	54,3	0,17	0,07	0,69	0,00	0,05	0,02	1,54	0,01	42,93	100,1	215	nd	nd	nd	nd	nd	
BOC-213	1,39	50,3	0,71	0,31	0,86	0,00	0,24	0,03	5,51	0,07	40,48	99,9	215	nd	nd	nd	nd	nd	

7 – GEOCRONOLOGIA E EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

7.1 - GEOCRONOLOGIA

As rochas mais antigas da região correspondem ao Grupo Macaúbas. Os depósitos glaciogênicos, na área incluídos na Formação Serra do Catuni, são reconhecidos como pré-cambrianos tardios desde longa data (*e.g.*, Moraes & Guimarães, 1930; Moraes, 1932). Inúmeros estudos a partir da década de 1960 procuraram relacionar esse evento glaciogênico ao ocorrido, em escala global, no final do Proterozóico (Vendiano), como, por exemplo, Harland & Rudwick (1964), Isotta *et al.* (1967), Karfunkel & Karfunkel (1976), Hettich (1977), Chumakov (1981), Trompette (1982), Karfunkel & Hoppe (1988), entre muitos outros. No entanto, a unidade inferior, Formação Duas Barras, não foi objeto de consideração quanto a sua idade em nenhum desses estudos.

Recentemente, idades U-Pb SHRIMP foram obtidas para zircões detríticos amostrados em quartzitos da Formação Duas Barras, na Folha Itacambira, a leste, por Martins (2006), indicando possíveis idades mais antigas do que antes pressuposto. Tais idades mostraram uma forte contribuição de fontes mesoproterozóicas tardias e neoproterozóicas. As idades dos zircões mais novos situaram-se ao redor de 900 Ma, constituindo assim uma estimativa razoável para a idade máxima de deposição da base do Grupo Macaúbas nesta região. De modo análogo, Babinski *et al.* (2011), dataram 23 grãos de zircão detrítico dessas mesmas rochas, os quais caracterizaram idades oscilando de 2.550 Ma a 900 Ma, a maioria nos intervalos de idades entre 2,1 Ga a 1,8 Ga, e entre 1,25 Ga a 1,0 Ga, sugerindo serem essas as idades das fontes mais importantes dos sedimentos. O zircão mais novo apresentou uma idade $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ de 900 ± 21 Ma, considerada a idade máxima de posição da sequência.

Diversos estudos radiométricos também têm objetivado a determinação das idades de deposição da Formação Serra do Catuni, bem como de sua congênere cratônica, a Formação Jequitaí. Os zircões detríticos mais novos da base da sequência (Formação Duas Barras), situaram-se em torno de 900 Ma (Martins, 2006). De modo algo distinto, datações efetuadas por Pedrosa-Soares *et al.* (2000) na unidade superior, Formação Chapada Acauã, indicaram idades U/Pb SHRIMP em zircões mais jovens variando entre 950-1.000 Ma (média em 983 ± 10 Ma). Esta aparente discrepância dos dados foi explicada pela possível existência de áreas-fontes diferentes. Babinski *et al.* (2007, 2011), recentemente dataram zircões da própria sequência, coletados nas proxi-

midades de Couto de Magalhães de Minas, encontrando uma idade mais jovem de 933 ± 8 Ma. De tal maneira, os eventos que marcaram a deposição da base do Grupo Macaúbas foram balizados entre 900 Ma e 750 Ma (Sturtiano), idade do *cap carbonate* da Formação Sete Lagoas, do Grupo Bambuí (Santos *et al.*, 2000; Babinski & Kaufman, 2003).

Pimentel *et al.* (2011), por sua vez, efetuaram datações radiométricas nas principais sequências da Faixa Brasília, a oeste do Cráton São Francisco, incluindo litotipos do Grupo Bambuí naquela região e dos metadiamictitos da Formação Jequitaí, em Cristalina (GO) e nos arredores de Jequitaí (MG), *locus typicus* da unidade. Além disso, tal estudo envolveu os metadiamictitos da Formação Cubatão (Grupo Ibiá), cujos depósitos também glaciogênicos possuíam idade incerta (Figura 7.1). Embora na Formação Jequitaí predominem grãos paleo e mesoproterozóicos, foram encontrados alguns poucos mais novos, por volta de 850 Ma, os quais serviram para “abaixar” ainda mais a idade de deposição da sequência.

Em relação ao Grupo Bambuí, Cloud & Dardenne (1973) primeiramente reconheceram uma idade neoproterozóica precoce para a sequência, ao estudarem estromatólitos em calcários da sua base. Algumas datações radiométricas são devidas a Thomaz Filho *et al.* (1998), para os quais a idade de sedimentação do grupo estaria compreendida no intervalo aproximado entre 640 Ma (Formação Sete Lagoas) e 580 Ma (Formação Três Marias), com base em datações Rb/Sr e K/Ar em rocha total. De outra forma, idades mais precisas foram recentemente obtidas por Babinski & Kaufman (2003) e Babinski (2005), ao datarem o *cap carbonate* basal da Formação Sete Lagoas em 740 ± 22 Ma, pelo método Pb/Pb.

Um número expressivo de análises U-Pb em zircão detrítico foi efetuado por Rodrigues (2008) para todas as formações do Grupo Bambuí. Essas análises mostraram uma larga proporção de material datado no final do Neoproterozóico. No trabalho de Pimentel *et al.* (2011), em relação à mesma sequência, apresenta-se o padrão da amostra da parte superior da Formação Sete Lagoas, o qual mostra quase somente zircões neoproterozóicos, os mais novos com idades por volta de 620 Ma (Figura 7.2). A Formação Três Marias também é caracterizada por uma população predominantemente neoproterozóica, indicando que essas rochas constituem produtos de erosão da própria Faixa Brasília.

Esses dados demonstram que a deposição do Grupo Bambuí ocorreu perto do final do Neoproterozóico e aproximadamente posterior ao pico do

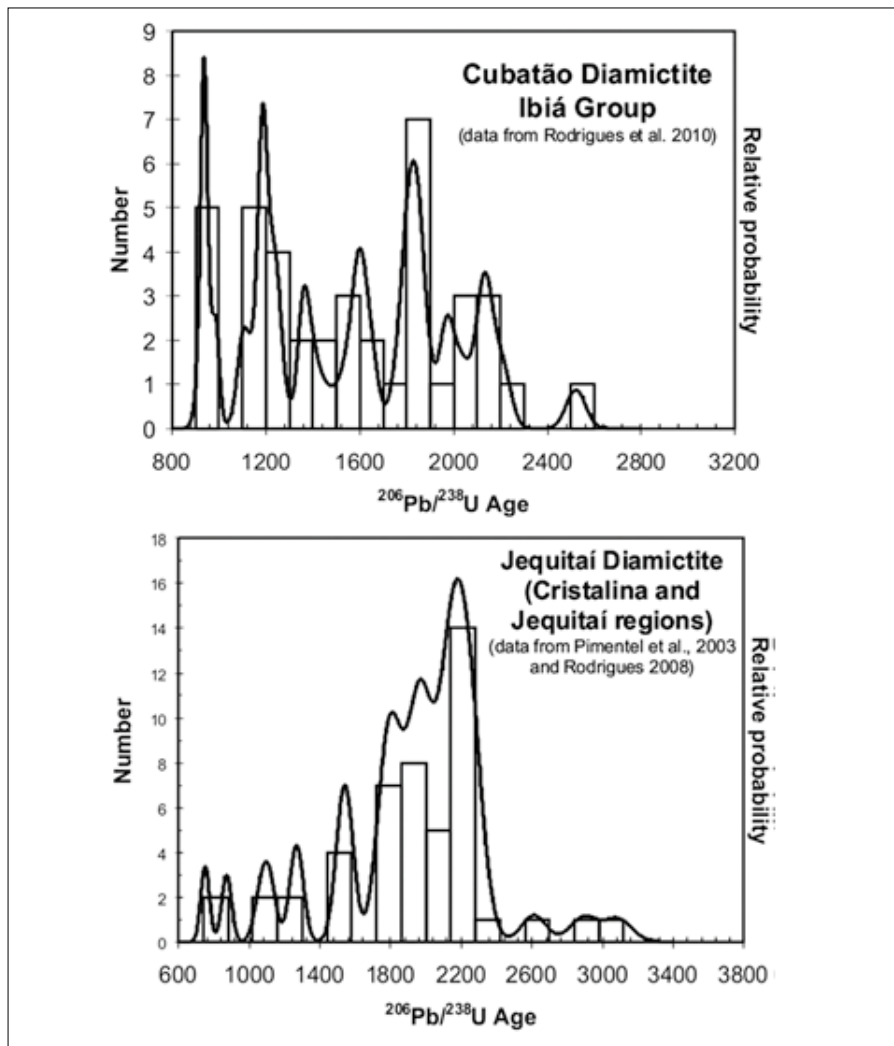


Figura 7.1 - Padrões de proveniência dos metadiamicritos das formações Cubatão (Grupo Ibiá) e Jequitai (Grupo Macaúbas) baseados em dados de SHRIMP em zircões (extraída de Pimentel et al., 2011)

metamorfismo registrado na Faixa Brasília. Portanto, é provável que a maior parte do Grupo Bambuí represente uma bacia *foreland* em relação à evolução do orógeno, como previamente sugerido (Chang *et al.*, 1988; Parenti-Couto *et al.*, 1981). Tais dados, entretanto, vêm constituir uma contradição em relação à idade isocrônica Pb-Pb de aproximadamente 740 Ma, obtida por Babinski *et al.* (2007) nos carbonatos da base da Formação Sete Lagoas, interpretada como a idade inicial de deposição da sequência. Assim sendo, os grãos de zircões muito mais novos datados na porção superior dessa formação, indicam que pode

existir uma importante inconformidade separando a parte inferior rica em carbonato, da parte superior mais rica em rochas dolomíticas.

Embora nenhuma evidência física para tal inconformidade tenha sido ainda registrada, Pimentel *et al.* (2011) consideraram sua possível existência sugerida a partir de estudos prévios com isótopos de C-O, os quais mostraram uma mudança importante nas composições isotópicas em direção ao topo da Formação Sete Lagoas (conforme Santos *et al.*, 2000). Portanto, a parte basal dessa formação pode-

ria representar bem a sequência *cap carbonate* da Formação Jequitaí (Sturtiano), embora sua porção superior seja muito mais nova. De tal modo esses dados, se corretos, seriam indícios de um longo hiato deposicional entre as porções inferior e superior da Formação Sete Lagoas.

No âmbito do projeto em questão, zircões detríticos de litotipos pertencentes à Formação Serra de Santa Helena foram datados nas folhas Andrequicé (Reis *et al.*, 2011) e Corinto (Knauer *et al.*, 2011), revelando, respectivamente idades máximas de 652 Ma e 629 Ma. Esses novos dados confirmam as idades já obtidas para o topo da formação inferior (Sete Lagoas), conforme Pimentel *et al.* (2011).

7.2 - EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

A evolução geológica das unidades estratigráficas reconhecidas no contexto da Folha Montes Claros pode ser assim sumarizada, tendo por base o acervo bibliográfico relacionado no item anterior:

1 – Deposição dos sedimentos arenosos da Formação Duas Barras, basal do Grupo Macaúbas, em ambiente marinho raso a fluvial, numa idade inferior a 900 ± 21 Ma (zircão detrítico), cobrindo os sedimentos siliciclásticos mesoproterozóicos do Supergrupo Espinhaço (que ocorrem a sul e leste, fora da área), principal abastecedor de material clástico dessa formação;

2 – A Formação Duas Barras, por sua vez, é sobreposta pelos diamictitos de ambiente glacial da Formação Serra do Catuni. Embora na área esses sedimentos estejam mal expostos, e ainda bastante mascarados pela deformação, a sul eles foram caracterizados como de origem glaciomarinha proximal. A idade máxima de sedimentação para tais depósitos é balizada em cerca de 850 Ma (zircão detrítico), mas como são conhecidos contatos diretos com a unidade inferior, essa idade deve ser subestimada prevalecendo a idade mais nova (850 Ma) como sua idade máxima;

3 – Provavelmente ocorreu um hiato sedimentar expressivo, até iniciar a sedimentação pelito-carbonática do Grupo Bambuí. Esses depósitos foram acumulados em um mar epicontinental preferencialmente raso, com certas porções localizadas mais profundas, numa bacia de antepaís (*foreland*), onde a principal área-fonte de detritos estaria a oeste, na região da Faixa Brasília;

4 – A seção basal do Grupo Bambuí, Formação Sete Lagoas (não presente na área de trabalho), foi datada em 740 Ma, que indicam os quase 100 Ma (máximos) de anos de diferença para a sequência inferior, cujos calcários representam típicos *cap carbonates*. Entretanto, na porção de topo dessa mesma formação são encontrados zircões detríticos tão novos quanto 620 Ma, o que vem a ser um problema a ser ainda explicado; se a datação de valor superior estiver correta, implicaria em um expressivo hiato deposicional dentro da própria sequência, o que, porém, nunca foi demonstrado com dados de campo;

5 – A sedimentação das formações Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré na área enfocada, marca regionalmente o segundo megaciclo deposicional da Bacia Bambuí, o qual se caracteriza por uma sequência basal marinha transgressiva (Formação Serra de Santa Helena) que evolui para outra, regressiva (Formação Lagoa do Jacaré), com seus depósitos típicos de mar bastante raso;

6 – O terceiro megaciclo de sedimentação do Grupo Bambuí é caracterizado na Folha Montes Claros pela sedimentação dos argilitos e diamictitos da Formação Serra da Saudade, os quais evidenciam uma nova fase transgressiva, cujos depósitos possuem localmente evidências de mar mais profundo. Neste período, a sedimentação que vai caracterizar uma nova regressão marinha, representada pelos depósitos arenosos da Formação Três Marias, não ocorre na região, (somente a oeste), constituindo o topo do Grupo Bambuí;

7 – A sedimentação da Bacia Bambuí ocorreu em parte paralelamente à edificação das faixas Brasília (a oeste) e Araçuaí (a leste) às margens do Cráton São Francisco, durante a orogenia Brasileira. Esse período orogênico teve seu clímax desenvolvido entre 630 Ma e 490 Ma, promovendo dobramentos e falhamentos na zona externa ao cráton, afetando ainda as unidades inferiores do Grupo Bambuí, principalmente nas áreas próximas às margens cratônicas;

8 – Um longo período de quiescência tectônica sobreveio ao final do Brasiliano. A geração da Bacia Sanfranciscana, termo utilizado para designar a depressão na qual se acumularam as coberturas fanerozóicas sobre o Cráton São Francisco,

iniciou-se no final do Paleozóico, possuindo representantes na área enfocada com os depósitos continentais fluviais e eólicos, respectivamente, possuindo idades cretácicas inferior (Formação Abaeté) e superior (Formação Areado);

9 – Por fim, essas unidades cretácicas de cobertura do cráton são soerguidas e capeadas, durante o Cenozóico, por sedimentos inconsolidados, representados por depósitos detrítico-lateríticos, colúvio-eluviais e aluvionares.

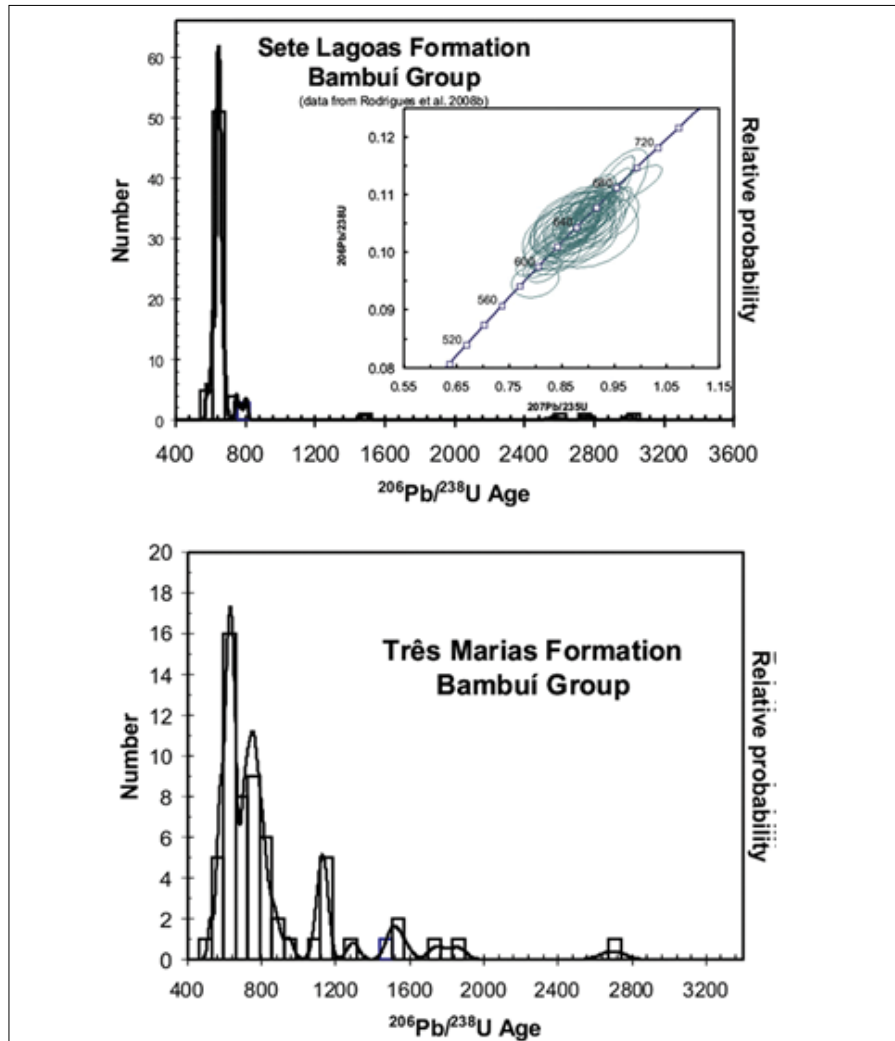


Figura 7.2 - Padrões de proveniência de uma rocha pelítica da base da Formação Sete Lagoas (dados por ICPMS) e para um arcócio da Formação Três Marias (dados SHRIMP), do Grupo Bambuí (extraída de Pimentel et al., 2011)

8 – RECURSOS MINERAIS

O principal bem mineral registrado e de potencial ainda pouco explorado na Folha Montes Claros é o calcário, seguido por quartzo (industrial e gemológico) e areias quartzosas. Em menor escala, aparecem ainda outros bens tais como ouro, minério de ferro e argilas. Ressalta-se que todos os depósitos relativos a esses materiais carecem de estudos específicos a respeito de seus reais potenciais (Figura 8.1).

8.1 - CALCÁRIO

Representa o bem mineral mais importante encontrado na Folha Monte Claros. Esse recurso aflora sobre duas faixas quase contínuas, a oeste e a leste da folha, e a proximidade com numerosas rodovias e também uma ferrovia, poderiam favorecer a maior exploração de tal rocha. Especialmente para a faixa a oeste, análises geoquímicas efetuadas durante o projeto mostram que em geral os teores de CaO são excelentes, ressaltando seu possível aproveitamento na indústria cimenteira (Tabela 1.1). De fato, considerando-se ainda que o material com essa serventia deva possuir CaO > 40%, MgO < 5% e SiO₂ < 2%, observa-se que a maioria das amostras analisadas encontram-se aí enquadradas. De fato, existem algumas tentativas de se explorar o calcário nos arredores de Montes Claros, a maior delas a Mina da Lafarge, na saída dessa cidade para Januária (BR-135). Essa mina abastece uma fábrica de cimento da própria empresa no local (Cimento Montes Claros). Nas proximidades, outras mineradoras utilizam tal recurso como material para construção civil, destacando-se a Cross Mineração (Figura 8.2).

Na faixa a leste uma outra mina foi explorada (a única desta faixa), nas proximidades da BR-251 antes da cidade de Francisco Sá, embora encontre-se paralisada há muitos anos e desconheça-se a finalidade de sua produção (Figura 8.4).

8.1.1 - Aspectos Econômicos

O calcário possui larga aplicação como insumo das indústrias da construção civil e de produção agrícola. Destacada a sua importância local, evidencia-se também sua relevância a nível nacional em vista dos mesmos fatores. O mercado da construção civil consome diariamente quantidades relevantes de cimento e seus agregados, podendo ter contribuição importante de rochas calcárias de acordo com a disponibilidade regional. Além disso, a agressiva expansão agrícola da porção norte mineira demanda cada vez mais de insumos para assegurar a qualidade e quantidade de sua produção.

As reservas brasileiras de calcário disponíveis (DNPM, 2009) são da ordem de 110,00 bilhões de toneladas. Deste montante 50,5 bilhões são lavráveis e 39,01 estão no sudeste, dos quais estima-se que Minas Gerais abrigue reservas lavráveis da ordem de 9,8 bilhões de toneladas. Esse estado possui diferentes pólos produtores, dentre os quais se destacam a região central representada pelos municípios de Sete Lagoas, Vespasiano, São José da Lapa, Pedro Leopoldo e Matozinhos; a região sudoeste representada por Arcos, Pains, Itaú de Minas e Carandaí; e a região norte melhor caracterizada na “faixa” Bocaiúva – Montes Claros”, estendendo-se ainda nesta mesma direção. Por sua posição estratégica, a indústria local atende também, além de toda a porção norte de Minas Gerais, parte do sul da Bahia. Tal produção engloba escala expressiva da cadeia de produtos derivados de calcário. A indústria cimenteira local é representada pelas atividades da Lafarge. Esta indústria de origem multinacional (francesa), instalou-se na região para atender a demanda regional de cimento.

Além disso, a construção civil da região apresenta sérias restrições de insumos e agregados devido à compartimentação geológica local, predominantemente constituída por rochas pelíticas do Grupo Bambuí e/ou depósitos fanerozóicos. Em face desta questão o calcário apresenta-se como importante fonte de agregados para atendimento de tal demanda. Para esta destinação diversas pedreiras se instalaram nos arredores de Montes Claros (a exemplo da Cross Mineração; Figuras 8.2 e 8.3) com instalações mais simplificadas de britagem, produzindo materiais empregados na construção civil local.

A indústria mineral é de razoável relevância na produção agrícola da região. A grande distância dos principais centros urbanos do país e produtores tradicionais de fertilizantes e insumos agrícolas gera grande deficiência regional neste sentido, elevando o custo dos produtos que chegam à região para esta finalidade. De forma a amenizar este déficit, poder-se-ia aproveitar os termos mais magnesianos existentes em parte das reservas de calcário local e se instalarem empreendimentos para produção de corretivos agrícolas, para amenizar tal carência e favorecer a cadeia produtiva agrícola. Apesar da pouco expressiva representação no cenário nacional a indústria mineral poderia ter grande importância na manutenção do crescimento da economia local. Além importante fonte geradora de empregos nas diversas operações instaladas, ela promove o dinamismo e fortalecimento da cadeia produtiva de outros setores importantes para o desenvolvimento regional.

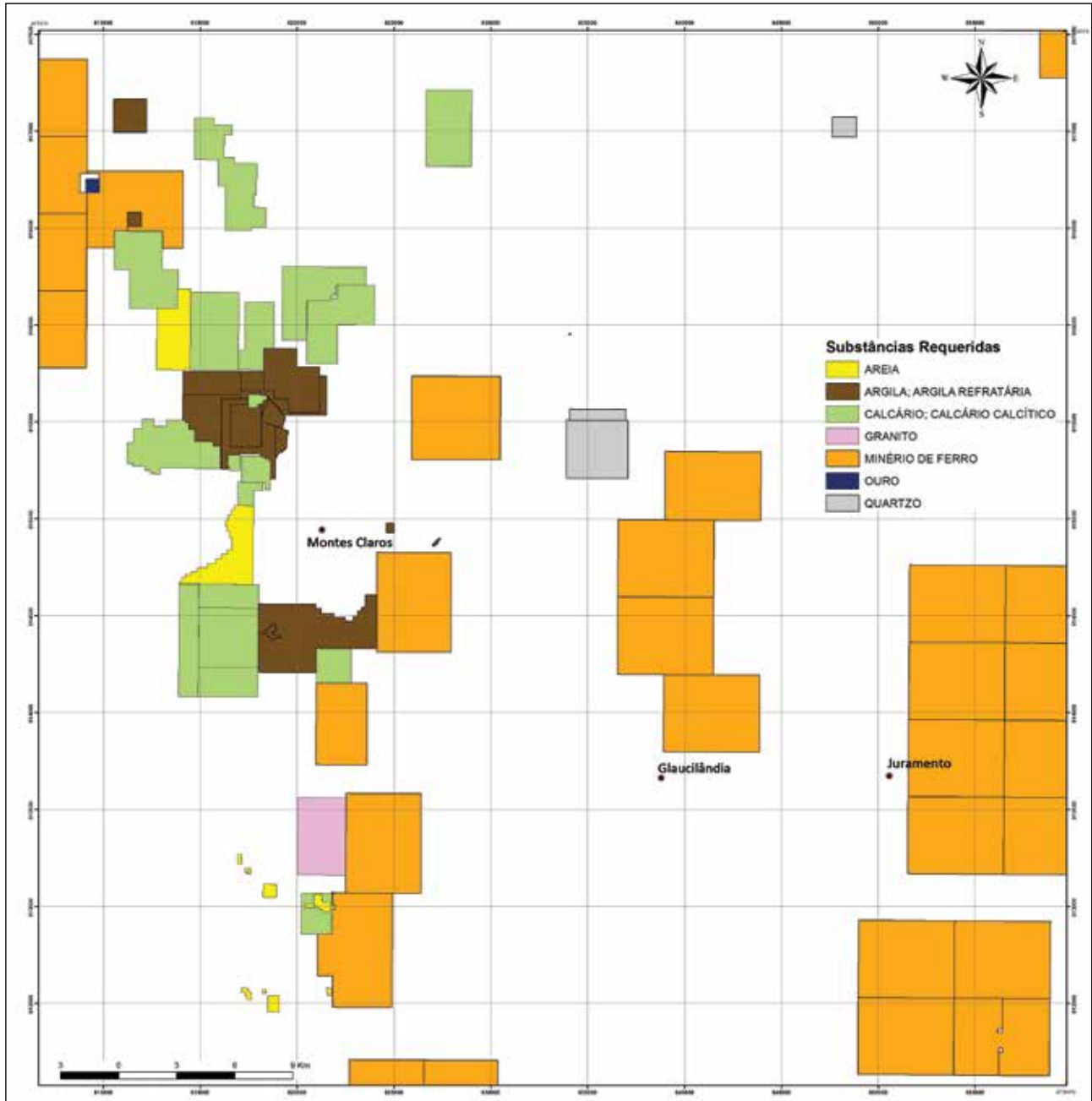


Figura 8.1 - Áreas de direitos minerários na Folha Montes Claros, conforme consulta em julho de 2011, a grande maioria representando pedidos de pesquisa mineral, às exceções dos decretos de lavra das minas de calcário situadas na faixa a oeste da cidade de Montes Claros (site www.dnpm.gov.br)



Figura 8.2 - Imagem aérea de lavra da Cross Mineração, observando-se à esquerda da mesma a rodovia BR-135, em direção a norte para Januária (foto gentilmente cedida pela empresa)



Figura 8.3 - Frente de lavra da Cross Mineração (Ponto MOC-236; foto gentilmente cedida pela empresa)



Figura 8.4 - Mina de calcário paralisada, na BR-251, proximidades da cidade de Francisco Sá (Ponto MOC-092)

8.2 - QUARTZO

O quartzo é outro bem mineral de importância, que é lavrado em veios possantes principalmente na região da folha ao sul (Folha Bocaiúva), com fins siderúrgicos. Naquela região, a Mina do Moinho (município de Olhos d'Água) da RIMA S.A., produz quartzo para obtenção do silício metálico numa grande indústria siderúrgica localizada nos arredores de Bocaiúva. Entretanto, essa mina só é suficiente para atender cerca de 70% da demanda industrial da empresa, obrigando-a a comprar quartzo industrial de inúmeros pequenos produtores de toda região. Como a sequência geológica onde se baseia essa mina (Formação Serra de Santa Helena) se estende para norte na Folha Montes Claros, onde ela possui grande expressão areal, destaca-se a importância prospectiva de tal unidade geológica na área em apreço.

De fato, foram encontrados em diversos locais pequenos garimpos abandonados do mineral (Figura 8.5 A/B), onde, segundo informações locais, se explorava tanto quartzo leitoso para fins industriais como hialino, cristalizado, para fins gemológicos e/ou de coleção. Os veios na região se encaixam nos metassiltitos da Formação Serra de Santa Helena, e possuem espessuras variáveis desde métricas até, como no caso da lavra mostrada (Figura 8.5 A), enxames de veios agrupados que podem atingir cerca de 10 m de espessura.

8.3 - OUTROS RECURSOS MINERAIS

Dentre os recursos minerais de importância econômica encontrados na Folha Montes Claros, destacam-se ainda as areias quartzosas e as argilas

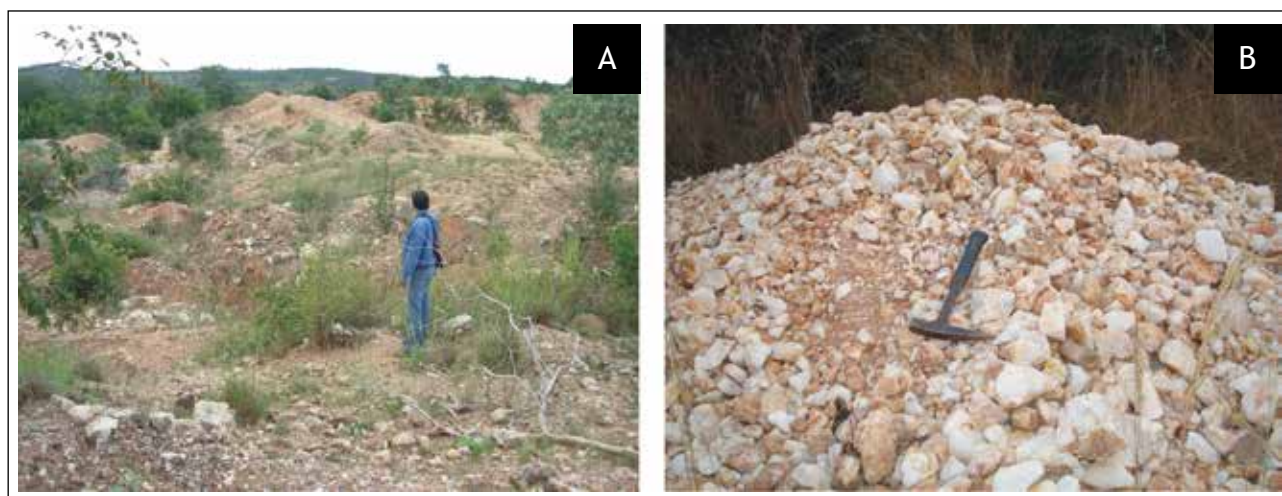


Figura 8.5 - A – Vista geral de lavra de quartzo para fins industriais e gemológicos semi-abandonada na área (Ponto MOC-522). B – Detalhe do material (quartzo leitoso) selecionado para fins industriais

refratárias. As areias são explotadas em alguns locais, visando principalmente os arenitos puros, eólicos, da Formação Urucuia. As argilas, alvo de muitos processos de pesquisa, parecem estar pelo menos em parte associadas ao intemperismo dos argilitos da Formação Serra da Saudade.

Além destes, são conhecidas algumas antigas explorações de ouro (bem como áreas requeridas), em veios de quartzo cortando metassiltitos da Formação Serra de Santa Helena, de portes e poten-

cial inteiramente desconhecidos. Também existem diversas áreas requeridas para minério de ferro; as concentradas no sudeste da folha certamente dizem respeito às anomalias magnéticas produzidas pelos quartzitos ferruginosos da Formação Duas Barras, bem como pelos depósitos detrítico-lateríticos que os capeiam. A presença de litotipos da Formação Serra do Catuni, regionalmente portadores de diamantes, indica ainda o potencial para este bem mineral não só nesta sequência, como nos depósitos secundários de sua alteração.

9 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na apresentação do mapa geológico da Folha Montes Claros, bem como do presente relatório contendo um sumário das informações documentadas em tal mapa, ressalta-se a importância desta região em termos estratigráficos, estruturais e de potencial econômico. Além disso, o mapeamento foi útil especialmente para um conhecimento integrado da tectônica local no contexto da transição do Cráton São Francisco (a oeste) para o Orógeno Araçuai (a leste).

Litotipos neoproterozóicos do Supergrupo São Francisco predominam de modo amplo na região. Neste contexto, destaca-se estruturalmente a zona limítrofe cráton *versus* faixa dobrada, delimitada por uma *master fault* de direção aproximada N-S, que permitiu o cavalgamento das rochas do Grupo Macaúbas (formações Duas Barras e Serra do Catuni), a leste, sobre litotipos do Grupo Bambuí, de cobertura cratônica. Essa grande estrutura também mascarou a maior parte das estruturas sedimentares originais do Grupo Macaúbas. No principal domínio morfotectônico da área, a oeste da zona de falhamentos, predominam dobras amplas e suaves na forma de anticlinais e sinclinais repetidos, de eixos para NNE, que também definem a direção maior dos fraturamentos locais.

No conjunto do Grupo Bambuí, além das formações Serra de Santa Helena (metassiltitos) e Lagoa do Jacaré (metassiltitos rítmicos e calcários)

reconheceu-se pela primeira vez na região a Formação Serra da Saudade e, nesta, a presença de diamictitos associados aos argilitos da sequência, litotipos que provavelmente indiquem condições marinhas mais profundas da bacia. A presença dos arenitos da Formação Urucuia (Cretáceo Superior), outra unidade geológica que era mal conhecida em termos cartográficos, foi confirmada e deve permitir também, através da integração de estudos com áreas mais a oeste (onde estão melhor expostas), um melhor conhecimento regional da unidade.

Diversos depósitos minerais foram encontrados na folha em questão. Destes, destaca-se a presença de duas imponentes faixas calcárias pertencentes à Formação Lagoa do Jacaré, a oeste destacando-se por seu porte, maiores espessuras, rochas mais puras e assim um alto potencial econômico. A garimpagem de quartzo em veios para fins industriais e espécimes gemológicos ou de coleção foi verificada em alguns locais. Diante de tal quadro, a pesquisa mineral detalhada desses bens minerais, com ênfase nas rochas calcárias de grande potencial na faixa oeste da folha (em termos volumétricos e nos seus aspectos geoquímicos), fazem-se ainda necessários. A presença de litotipos “especiais” ao Grupo Bambuí na área, os diamictitos da Formação Serra da Saudade, também induzem a novos estudos para o melhor entendimento da questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIM, Fernando Flecha; NEVES, Benjamin Bley de Brito; ALVES, J.A.C. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco: uma revisão. In: DOMINGUEZ, José Maria Landim; ; MISI, Aroldo (Ed.). O Cráton do São Francisco: trabalhos apresentados na reunião preparatória do II Simpósio sobre o Cráton do São Francisco, realizada em Salvador, Bahia, 8 e 9 de maio de 1992. Salvador: SBG Núcleo BA-SE, 1993. p.45-62.
- ALMEIDA, F. F.M. de. O Cráton do São Francisco. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.
- BABINSKI, Marly; KAUFMAN, A. J. First direct dating of a Neoproterozoic post-glacial cap carbonate. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY, 4, 2003, Salvador. Short Paper. Salvador: CBPM, 2003. v.1, p.321-323.
- _____. et al. Geocronologia U-Pb SHRIMP em zircões detríticos do Grupo Macaúbas: implicações na idade de deposição e proveniência dos sedimentos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 14, 2007, Diamantina. Resumos. [S.l.]: SBG, 2007. p.33.
- _____. A idade do supergrupo São Francisco: revisão e implicações nas glaciações neoproterozóicas. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO, 3, 2005. Salvador. Short Papers. Salvador: CBPM, 2005. p.135-138.
- _____. et al. Neoproterozoic glacial deposits from the Araçuaí orogen, Brazil: age, provenance and correlations with the São Francisco craton and West Congo belt. Gondwana Research, Amsterdam, v. 21, n. 2-3, p. 451-465, Mar. 2012
- BARBOSA, Octavio. Simpósio das formações eopaleozoicas. Rio de Janeiro: SBG, 1965. 11 p. (Serie Bambuí). Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Geologia, 19, 1965, Rio de Janeiro.
- BARCELOS, J.H.; SUGUIO, K. Ambiente de sedimentação da Formação Areado, Cretáceo Inferior da Bacia Sanfranciscana, MG. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 237-242, dez. 1980.
- BRANCO, J.J.R.; COSTA, M.T. Roteiro da excursão Belo Horizonte – Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 14, 1961. Belo Horizonte. Publicação Instituto de Pesquisas Radiativas/UFMG, 5. Belo Horizonte: SBG: 1961. n.5. p. 1-25.
- BRAUN, Oscar Paulo Gross. Contribuição à estratigrafia do Grupo Bambuí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, 1968, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG, 1968. p.154-166.
- _____. A Formação Areado e a Formação Serra Negra. Revista da Escola de Minas, Ouro preto, v. 28, p.100-106, 1970.
- CAMPOS, José Eloi Guimarães; DARDENNE, Marcel Auguste. Estratigrafia e sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 269-282, 1997.
- _____.; _____. A glaciação neopaleozóica na porção meridional da Bacia Sanfranciscana. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 65-76, 1994.
- _____.; _____. Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 283-294, 1997.
- CHANG, H. K. et al. Considerações sobre a evolução tectônica da Bacia do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, 1988, Belém. Anais... Belém: SBG, 1988. v.5, p. 2076-2090.
- CHAVES, Mário Luiz de Sá Carneiro ; DOSSIN, Ivo Antônio ; UHLEIN, Alexandre. Contribuição à geologia estrutural e tectônica das rochas arqueanas e proterozóicas da Serra do Espinhaço Meridional – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., 12-19 out 1986, Goiânia. Anais... Goiânia: SBG, 1986. v.3, p.1191-1203.
- _____.; EGGER, V. A.; DUSSIN, T. M. Diamantes na Serra do Espinhaço entre Serranópolis de Minas e Mato Verde (MG): base geológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DO DIAMANTE, 4, 2005. Anais... Diamantina: SBG Núcleo Minas Gerais, 2005. p.31-34.
- _____.; ANDRADE, K.W. Folha Bocaiúva 1:100.000: relatório final. [Belo Horizonte]: CPRM, 2009. 73p. (Programa Geologia do Brasil).
- _____. BENITEZ, Leila. Folha Jequitai 1:100.000 SE.23-X-C-II: relatório final. Belo Horizonte: CPRM; UFMG, 2006. 45p. (Programa Geologia do Brasil).
- _____. Geologia e mineralogia do diamante da Serra do Espinhaço em Minas Gerais. 1997. 289 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- _____.; KARFUNKEL, J.; ADDAD, J. E. Geologia da região diamantífera de Grão Mogol, Minas Gerais. Geociências, [Rio Claro], v. 18, n.1, p. 129-155, 1999.

- _____; GUIMARÃES, J. T.; ANDRADE, K. W. Litofácies glaciomarinhas na Formação Jequitai (MG) e suas implicações na distribuição regional de diamantes. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 516-526, dez. 2010.
- CHUMAKOV, N.M. Upper Proterozoic glaciogenic rocks and their stratigraphic significance. *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 15, n. 3-4, p. 373-395, Oct. 1981.
- CLOUD, P.; DARDENNE, M. A. Proterozoic age of the Bambuí Group in Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, [S.l.], v.85, n. 5, p. 1673-1676, May 1973.
- CORDANI, Umberto Giuseppe; KAWASHITA, Koji; THOMAZ FILHO, Antônio. A origem do grupo Bambuí no contexto da evolução geotectônica e de idades radiométricas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 70, n. 3, p. 527-548, set. 1998.
- CUKROV, Neven. A glaciação neoproterozóica na porção sul do Cráton São Francisco e suas litofácies nas regiões de Jequitai-MG e Cristalina-GO. 1999. 104p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1999.
- _____; ALVARENGA, Carlos J.S.de; UHLEIN, Alexander. Litofácies da glaciação neoproterozóica nas porções sul do Cráton do São Francisco: exemplos de Jequitai (MG) e Cristalina (GO). *Revista Brasileira de Geociências*, São paulo, v. 35, n. 1, p. 69-76, 2005.
- CULLERS, Robert L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA. *Chemical Geology*, Amsterdam, v.191, n. 4, p. 305-327, 30 Nov. 2002.
- DARDENNE, Marcel Auguste. Os grupos Paranoá e Bambuí na Faixa Dobrada Brasília. In: *SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS*, 1, 1979. Salvador. Anais... Salvador: SBG, 1981. p. 140-157.
- _____. A. Síntese sobre a estratigrafia do grupo Bambuí no Brasil central. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 30, Recife, 1978. Anais... Recife: SBG, v.2. p.597-610.
- DERBY, Orville Adelbert. Observações sobre algumas rochas diamantíferas da Província de Minas Gerais. *Archivos do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, v. 4, p. 121-132, 1879.
- RODRIGUEZ, A.F.S.; FERRAZ, C.P. (Ed.). *Economia Mineral do Brasil*. Brasília: DNPM, 2009. 225p.
- DOSSIN, Ivo Antônio; DOSSIN, Tania Mara; CHAVES, Mario Luiz de Sá Carneiro. Compartimentação estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: os grupos Diamantina e Conselheiro Mata. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 20, n. 1-4, p. 178-186, 1990.
- _____; _____. Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 19-26, 1995.
- FÉBOLI, Wilson Luis. Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais: carta geológica Montes Claros. Belo Horizonte: DNPM; CPRM, 1985. 1 mapa. Escala 1:250.000.
- GROSSI-SAD, João Henrique; CARDOSO, Roberto Nogueira; COSTA, Manoel Teixeira da. Formações cretáceas em Minas Gerais: uma revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 2-13, dez. 1971.
- GUIMARÃES, M.L.V et al. Mapa geológico da Folha Botumirim, Minas Gerais, Brasil. Belo Horizonte: COMIG; UFMG, 1996. 1 mapa. Escala 1:100.000. Projeto Espinhaço.
- HARLAND, W. Brian; RUDWICK, Martin J. S. The great Infra-Cambrian ice age. *Scientific American*, [S.l.], v. 211, p. 28-36, 1964.
- HEINECK, Carlos Alberto et al. Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais: Belo Horizonte: COMIG; CPRM, 2003. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.
- HETTICH, Manfred. Zur Stratigraphie und Genese der Macaúbas nördlich der Serra Negra, Espinhaço-Zone (Minas Gerais, Brasilien). 1973. 42p. Tese (Doutorado) - Albert-Ludwigs Universität, Freiburg, 1973.
- _____. A glaciação proterozóica no centro-norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 87-101, 1977.
- IBGE. *Geografia do Brasil: região sudeste*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. v. 3, 667 p., il.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS (MG). Mapa geológico da folha Montes Claros: Belo Horizonte: IGA, 1978. 1 mapa. Escala 1:500.000. Projeto Radar, MG.
- ISOTTA, Carlos A.L.; ROCHA-CAMPOS, A.C.E.; YOSHIDA, R. Striated pavement of the Upper Pre-Cambrian glaciation in Brazil. *Nature*, London, v. 222, n. 5192, p. 466-468, 3May 1969.
- KARFUNKEL, Barbara; KARFUNKEL, Joachim. Estudos petro-faciológicos do grupo Macaúbas na porção mediana da Serra do Espinhaço, MG. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 29, 1976, Ouro Preto. Anais...Ouro Preto: SBG, 1976, v.2, p.179-188.
- _____; _____. Fazielle Entwicklung der mittleren Espinhaço-Zone mit besonderer Berücksichtigung des Tillit-Problems (Minas Gerais, Brasilien). *Geologisches Jahrbuch*, Hannover, n. 24, p. 3-91, 1977.
- KARFUNKEL, Joachim; HOPPE, Andreas. Late Proterozoic glaciation in central eastern Brazil: synthesis and model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, v. 65, n. 1-2, p. 1-21, may 1988.

- KING, Lester. A geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v.18, n. 2, p. 147-266, 1956.
- KNAUER, Luiz Guilherme. Folha Corinto, escala 1:100.000: relatório final. Brasília: CPRM; UFMG, 2011. Programa Geologia do Brasil.
- LADEIRA, E. A.; BRITO, O. E. A. Contribuição à geologia do Planalto da Mata da Corda. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, 1968. Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte: SBG, 1968. p.181-199.
- MACHADO, N. at al. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 5, 1989. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG, 1989. p.171-174.
- MARTINS, M. S. Geologia dos diamantes e carbonados da bacia do Rio Macaúbas (MG). 2006. 213 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- MARTINS NETO, M. A.; ALKMIM, F. F. Estratigrafia e evolução tectônica das bacias proterozóicas do Paleocontinente São Francisco e suas margens: registro da quebra de Rodínia e colagem de Gondwana. In: PINTO, C.P.; MARTINS NETO, M. A. (Ed.), *Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais*. Belo Horizonte: SBG Núcleo MG, 2001. p.31-54.
- _____; CASTRO, P.T.A.; HERCOS, C.M. O supergrupo São Francisco (Neoproterozóico) no Cráton do São Francisco em Minas Gerais. *Boletim SBG-Núcleo Minas Gerais*, n. 14, p. 22-24, 1997.
- _____; GOMES, N. S.; HERCOS, C. M.; REIS, L. A. Fácies glaciocontinentais (outwash plain) na megasequência Macaúbas (Serra da Água Fria, MG) e seu contexto tectônico. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 179-188, 1999.
- _____; PEDROSA, A. C. S.; LIMA, S. A. A. Tectono-sedimentary evolution of sedimentary basins from Late Paleoproterozoic to Late Neoproterozoic in the São Francisco cráton and Araçuaí fold belt, eastern Brazil. *Sedimentary Geology*, Amsterdam, v. 141-142, p. 343-370, 1 June 2001.
- MIALL, Andrew D. A review of the braided-river depositional environment. *Earth Sciences Review*, Amsterdam, v. 13, n. 1, p.1-62, May 1977.
- MORAES, Luciano Jacques de. Área ocupada pela formação Macaúbas no norte de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 3, p. 111-114, set. 1932.
- _____; GUIMARÃES, Djalma. Geologia da região diamantífera do norte de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 2, p. 153-186, 1930.
- NOCE, C.M.; FOGAÇA, A.C.C. Mapa geológico da folha Curimataí, Minas Gerais, Brasil. Belo Horizonte: COMIG; UFMG, 1996, 1 mapa. Escala 1:100.000. Projeto Espinhaço.
- NOCE, C. M. at al. Nova divisão estratigráfica regional do grupo Macaúbas na faixa Araçuaí: registro de uma bacia neoproterozóica. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 9., 1997. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG, 1997. p.29-30.
- PARENTI, J. G. C. at al. Considerações sobre a idade do Grupo Bambuí, com base em análises isotópicas de Sr e Pb. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 11, p. 5-16, 1981.
- SOARES, Antonio Carlos Pedrosa et al. Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: COMIG, 1994. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.
- _____. et al. The Araçuaí-West Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 110, n. 1-4, 307-323, Aug. 2001..
- _____; CORDANI, Umberto Giuseppe; NUTMAN, Allen. Constraining the age of neoproterozoic glaciation in eastern Brazil: first U-Pb (SHRIMP) data of detrital zircons. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 58-61, 2000.
- PFLUG, Reinhard; RENGGER, Friedrich Ewald. Estratigrafia e evolução geológica da margem sudeste do cráton Sanfranciscano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27., 1973. Aracaju. Anais... Aracaju: SBG, 1973. v.2, p. 5-19.
- _____. A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais. *Boletim DGM-DNPM*, Brasília, n. 226, p. 1-55, 1965.
- _____. Observações sobre a estratigrafia da região de Diamantina, Minas Gerais. *Notas Preliminares e Estudos DGM-DNPM*, [Brasília], n. 14, p. 1-20, 1968.
- Pimentel, Marcio M. et al. Nd isotopes and the provenance of sediments of the Neoproterozoic Brasília Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, Amsterdam, v.14, n. 6, 571-585, Nov. 2001.
- _____. et al. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS U-Pb sedimentary provenance data: a review. *Journal of South American Earth Sciences*, Amsterdam, v. 31, n. 4, p. 345-357, Apr. 2011.
- REIS, Humberto Luis Siqueira et al. Folha Andrequicé: relatório final: escala 1:100.000. Belo Horizonte: CPRM; UFMG, 2011. Programa Geologia do Brasil.
- RIMANN, Eberhard T. A kimberlita no Brasil. *Annaes Escola de Minas de Ouro Preto*, Ouro Preto, v. 15, p. 27-32, 1917.

- SANTOS, R. V. et al. Carbon and oxygen isotope profiles across Meso-Neoproterozoic limestones from Central Brazil: Bambuí and Paranoá groups. *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 104, n. 3-4, p. 107-122, Nov. 2000.
- RODRIGUES, Joseneusa Brilhante. Proveniência de sedimentos dos grupos Canastra, Ibiá, Vazante e Bambuí: um estudo de zircões detríticos e idades modelo Sm-Nd. 2008. 141p. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- SCHOBENHAUS FILHO, Carlos. O Proterozóico Médio no Brasil com ênfase à região centro-leste. 1993. 166p. Tese (Doutorado) - Albert-Ludwigs Universität, Freiburg, 1993.
- SCHOBENHAUS, C. As tafrogêneses superpostas Espinhaço e Santo Onofre, Estado da Bahia: revisão e novas propostas. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 26, 1996. p. 265-276.
- SCHÖLL, Walter Uwe; FOGAÇA, Antônio Celso C. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina (MG). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 1., Diamantina, 1979. Atas... Belo Horizonte: SBG Núcleo Minas Gerais, 1979. p.55-73.
- SGARBI, Geraldo Norberto Chaves et al. Bacia Sanfranciscana: o registro fanerozóico da bacia do São Francisco. In: PINTO, Claiton Piva; MARTINS NETO, Marcelo A. (Ed.). Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais. Belo Horizonte: SBG Núcleo MG, 2001. p. 93-138.
- _____. The Cretaceous Sanfranciscan Basin, eastern plateau of Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 450-452, set. 2000.
- SOUZA, Adolfo Alves de. Folha SE.23-X-C Pirapora: Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais. Belo Horizonte: CPRM, 1985. 2 v. Convênio DNPM/CPRM.
- TROMPETTE, Roland R.. Upper Proterozoic (1800-570 Ma) stratigraphy: a survey of lithostratigraphic, paleontological, radiochronological and magnetic correlations. *Precambrian Research*, Amsterdam, v. 18, n. 1-2, p. 27-52, May 1982.
- UHLEIN, Alexandre et al. A Glaciação Sturtiana (~750 Ma), a estrutura do Rife Macaúbas-Santo Onofre e a estratigrafia do grupo Macaúbas, faixa Araçuaí. *Geonomos*, Belo Horizonte, v.15, n. 1, p. 45-60, 2007.
- _____; TROMPETTE, Roland R.; SILVA, M. Egydio. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco Craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, Amsterdam, v. 11, n. 2, p. 191-203, Mar. 1998.
- _____; _____. ALVARENGA, Carlos J. S. Neoproterozoic glacial and gravitational sedimentation on a continental rifted margin: the Jequitai-Macaúbas sequence (Minas Gerais, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, Amsterdam, v. 12, n. 5, p. 435-451, Sep. 1999.
- _____. Transição cráton-faixa dobrada: um exemplo do cráton do São Francisco e da faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no estado de Minas Gerais: aspectos estratigráficos e estruturais. 1991. 295 p. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- WALDE, Detlef; KARFUNKEL, Joachim; KARFUNKEL, Barbara. O Grupo Macaúbas em Minas Gerais: estratigrafia, gênese e correlações. *Boletim Informativo SBG Núcleo Centro-Oeste*, Cuiabá, v. 7-8, p. 98-113, 1978.