

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**GEOLOGIA 1:25.000, METALOGÊNESE E EVOLUÇÃO
PRECAMBRIANA DA REGIÃO DE ANTÔNIO PEREIRA,
BORDA SUDESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO-MG.**

Gabriel Rossi

Orientador: Prof. Dr. J. H. D. Schorscher

**MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF/24-2006)**

**SÃO PAULO
2006**

1666963

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Geologia, metalogênese e evolução pré-cambriana da
porção N do Quadrícula Antônio Pereira, 1:25.000,
borda SE do Quadrilátero Ferrífero – MG**

Gabriel Rossi



Monografia de Trabalho de Formatura

Banca Examinadora

Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher

Prof. Dr. Caetano Juliani

Prof. Dr. Gergely Andres Julio Szabó

São Paulo

2006

DEDALUS - Acervo - IGC



30900025893

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024176

GEOLOGIA 1:25.000, METALOGÊNESE E EVOLUÇÃO
PRECAMBRIANA DA REGIÃO DE ANTÔNIO PEREIRA,
BORDA SUDESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO -
MG.

Gabriel Rossi

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gabriel Rossi', enclosed within a circular scribble.

Orientador: Prof. Dr. J. H. D. Schorscher

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'João H. D. Schorscher', written in a cursive style.

Monografia de Trabalho de Formatura

TF/24-06

SÃO PAULO 2006

Agradecimentos

Agradeço principalmente aos meus pais, pelo carinho, companheirismo e apoio em todas as etapas da minha vida.

Ao meu orientador, J. H. D. Schorscher, pela oportunidade e pelo empenho em seus ensinamentos.

À Thaís Noffs Battestin, pelo apoio e ajuda durante a elaboração e conclusão desse trabalho.

Aos grandes amigos que sempre estiveram ao meu lado, em especial à Andrezza A. Mota, Débora Buchrieser e Thiago Piacentini.

Aos amigos da república: Mauricio O. S. Neto, Fabio A. Madeira, Frederico M. de Andres e Pedro Ivo.

A todos os amigos e colegas que fazem parte da minha formação pessoal e profissional.

Aos funcionários do IGc-USP que ajudaram, direta ou indiretamente, para que esse trabalho fosse elaborado.

À MVRP Mineração Vale do Rio Piracicaba Ltda. por seu apoio nesse projeto.

Resumo

A região de Antônio Pereira, sudeste do Quadrilátero Ferrífero, foi estudada com mapeamento 1:25.000 e métodos mineralógico-petrográficos visando a evolução precambriana e o potencial mineral. Compreende um embasamento arqueano granito-gnáissico TTG em contato milonítico com supracrustais de tipo greenstone belt do Supergrupo Rio das Velhas, e coberturas paleoproterozóicas dos supergrupos Minas e Espinhaço (Grupo Itacolomí) e da Seqüência da Serra da Boa Vista. Na geologia precambriana destacam-se as relações litoestratigráfico-estruturais da Formação Sabará (Supergrupo Minas) com o Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas); do Grupo Itacolomí, Supergrupo Espinhaço, Seqüência da Serra da Boa Vista e Supergrupo Minas como equivalentes laterais de fácies penecontemporâneos; o estilo tectônico em megadobras ou de cavalgamentos de um sistema colisional de embriçamento frontal para oeste, poliativo, pré e pós-metamórfico ao principal metamorfismo regional, originando empilhamentos com hiatos metamórficos; e da evolução metamórfica policíclica arqueana e proterozóica. Essa região possui grande potencial econômico, principalmente para ouro e ferro. Ouro ocorre em BIF arqueanos do greenstone belt Rio das Velhas; em quartzitos e filitos da Seqüência da Serra da Boa Vista, e em itabiritos da Formação Cauê. Destaca-se o considerável aumento do potencial regional de ouro; pela maior extensão do Grupo Nova Lima e pela continuidade da Seqüência da Serra da Boa Vista de sua localidade tipo, até a região estudada, neste caso, indicado por inúmeros garimpos. Minérios de ferro da Formação Cauê ocorrem com grandes reservas, tanto em algumas minas de classe mundial em produção, quanto em estruturas itabiríticas regionais em fase de pesquisa.

Abstract

The Antônio Pereira region, southeast Quadrilátero Ferrífero, was mapped in a 1:25,000 scale and studied with mineralogical and petrographical methods concerning the Precambrian evolution and knowledge of the regional mineral potential. It is formed by a regional Archean basement of granitic-gnaisses with TTG components building domes in milonitic contact with metavolcano-sedimentary supracrustal greenstone-belt type sequences of the Rio das Velhas Supergroup, covered by Minas and Espinhaço supergroups (Itacolomi Group) and Seqüência da Serra da Boa Vista Paleoproterozoic sequences. Major results regarding Precambrian geology are the distinction and lithostratigraphical and structural relations between Sabará Formation (Piracicaba Group, Minas Supergroup) and Nova Lima Group (Rio das Velhas Supergroup); Itacolomi Group, Espinhaço Supergroup and Seqüência da Serra da Boa Vista as penecontemporaneous lateral facies equivalents, as well as with the Minas Supergroup; the regionally predominant tectonic style, in megafolds or west verging thrusts of a poliaactive collisional system of frontal embrickment, pre- and postmetamorphic in relation to the main regional metamorphism, that originated metasedimentary piles with metamorphic hiatus; and, in general, the regional Archean and Proterozoic polycyclic metamorphic evolution.

The Antônio Pereira region still holds important mineral potential, specially of gold and iron. Gold occurs mainly in Archean BIF of Nova Lima Group – Rio das Velhas greenstone-belt; in quartzites and phyllites of Seqüência da Serra da Boa Vista and in jacutingas, in itabirites of Cauê Formation – Minas Supergroup. Among the major metallogenetic results is a considerable augmentation of the regional gold potential, due to the confirmation of the larger regional extension of Nova Lima Group as well as to the continuity of Seqüência da Serra da Boa Vista which ranges from the type locality, north of Catas Altas, to the study region, where it is indicated by innumerable diggings in virtually all of its occurrences. Iron ores of Cauê Formation occur in large scale deposits in some productive world class mines, as well as in regional itabiritic structures under study – not yet explored.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS E RELEVÂNCIA DO PROJETO	4
3	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	6
4	MATERIAIS E MÉTODOS	8
4.1	Trabalhos preparatórios e de gabinete	8
4.1.1	Base Cartográfica	8
4.1.2	Fotos Aéreas, Ortofoto-Mapas e Imagens de Satélite	8
4.1.3	Mapas geológicos de referência	8
4.2	Trabalhos de campo	9
4.3	Trabalhos Laboratoriais	9
5	DESENVOLVIMENTO E CRONOGRAMA	10
6	GEOLOGIA REGIONAL DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
6.1	Arqueano	11
6.1.1	Terrenos TTG	11
6.1.2	<i>Greenstone belt</i> Rio das Velhas	11
6.1.3	Metagranitóides Borrachudos	13
6.1.4	Metalamprófiros ultrabásicos e ultrapotássicos	15
6.1.5	Geocronologia	15
6.2	Paleoproterozóico	16
6.2.1	Supergrupo Minas	16
6.2.2	Supergrupo Espinhaço	20
6.2.3	Grupo Itacolomí	23
6.2.4	Seqüência da Serra da Boa Vista	23
6.2.5	Metabasitos e anfibolitos	26
6.2.6	Geocronologia	26
6.3	Meso- e Neoproterozóico	27
6.4	Fanerozóico	28
6.5	Evolução orogenética policíclica do Quadrilátero Ferrífero	29
6.5.1	Terrenos TTG arqueanos	30
6.5.2	<i>Greenstone belt</i> Rio das Velhas arqueano	30
6.5.3	Ciclo Minas / Espinhaço paleoproterozóico	31
6.5.4	Ciclo Uruaçuano mesoproterozóico	32
6.5.5	Ciclo Brasileiro neoproterozóico a eopaleozóico	33
6.5.6	Geocronologia	33
7	GEOLOGIA DA ÁREA DE MAPEAMENTO DE SEMI-DETALHE (1:25.000)	35
7.1	Fisiografia	35
7.2	Estratigrafia da quadrícula 1:25.000 de Antônio Pereira	35
7.3	Arqueano	37
7.3.1	Gnaisses e migmatitos lato sensu graníticos (TTG)	37
7.3.2	Grupo Nova Lima	37
7.3.3	Grupo Maquine	41
7.4	Paleoproterozóico	41
7.4.1	Supergrupo Minas	41
7.4.2	Série (Grupo) Itacolomí ou Supergrupo Espinhaço (Formação Sopa Brumadinho)	49
7.4.3	Seqüência da Serra da Boa Vista	50
7.4.4	Metabasitos intrusivos	53
	Ocorre	53
7.5	Fanerozoico	54
7.5.1	Cobertura de Canga	54

7.5.2	Cobertura Aluvionar.....	54
7.6	Estratigrafia proposta para a área de mapeamento.....	54
8	GEOLOGIA ESTRUTURAL	56
8.1	Estruturas Arqueanas.....	57
8.2	Estruturas Paleoproterozóicas	57
8.2.1	Grupo Nova Lima	57
8.2.2	Supergrupo Minas (alóctone).....	57
8.2.2	Supergrupo Espinhaço (parautóctone)	63
8.2.3	Seqüência da Serra da Boa Vista (parautóctone).....	64
8.3	Evolução estrutural.....	64
9	PETROGRAFIA E METAMORFISMO.....	66
9.1	Milonito gnaisses <i>lato sensu</i> graníticos (TTG)	66
9.2	Metaultramáficas (Grupo Nova Lima ou Grupo Quebra Osso)	69
9.3	Xistos (Grupo Nova Lima)	70
9.4	Anfibolitos (Grupo Nova Lima)	73
9.5	Rochas Calciossilicáticas (Transição Formação Gandarela - Formação Cercadinho)	74
9.6	Quartzitos e Metaconglomerados (Formação Sopa Brumadinho)	77
9.7	Quartzitos e Metaconglomerados (Seqüência da Serra da Boa Vista)	77
9.8	Metabasitos intrusivos.....	81
9.9	Metaconglomerados (Grupo Sabará)	81
9.10	Evolução Metamórfica.....	82
10	GEOLOGIA ECONÔMICA	83
10.1	Minério de Ferro.....	83
10.2	Ouro.....	83
10.3	Manganês	84
10.4	Rochas carbonáticas.....	84
10.5	Topázio imperial.....	84
11	CONCLUSÃO	85
12	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

1 INTRODUÇÃO

A Quadrícula Antônio Pereira foi originalmente mapeada por Barbosa, A. (1969), no âmbito do Convênio USGS-DNPM de mapeamento de semidetalhe (1:25.000) do Quadrilátero Ferrífero. O mapa apresentado como prancha nº 8 e suas respectivas seções geológicas prancha nº 11 no relatório final de Dorr (1969) não foi acompanhado de relatório de mapeamento próprio, existindo apenas menções no texto de Dorr (1969) ou na conferência proferida por Barbosa, A.L.M. em 1968 na Sociedade Brasileira de Geociências - Núcleo de Minas Gerais, intitulada: Contribuições Recentes à Geologia do Quadrilátero Ferrífero.

Trabalhos preliminares na região em conjunto com o orientador mostraram tratar-se de uma área de grande potencial para contribuições científicas sobre as relações lito-estratigráficas, estruturais e metamórficas dos supergrupos Minas e Espinhaço, Série (Grupo) Itacolomí e Seqüência da Serra da Boa Vista paleoproterozoicos, suas relações com o embasamento arqueano e depósitos minerais associados de ouro, ferro, manganês, topázio imperial e rochas industriais.

A área de mapeamento (Figura 1) é constituída por rochas do embasamento regional arqueano do Quadrilátero Ferrífero, incluindo associações granito gnáissicas com componentes TTG policíclicas em contato com seqüências supracrustais metavulcano-sedimentares do Supergrupo Rio das Velhas, com coberturas dos supergrupos Minas e Espinhaço, Grupo Itacolomí, e Seqüência Serra da Boa Vista, paleoproterozóicas até mesoproterozóicas.

Como principais ocorrências e possíveis indícios de depósitos minerais foram verificados itabiritos e minérios de ferro da Formação Cauê e ocorrências de manganês, topázio imperial, rochas carbonáticas e mármore da Formação Gandarela (Grupo Itabira, Supergrupo Minas). Garimpos de ouro, ocorrem tanto escavados em quartzitos da Seqüência Serra da Boa Vista e BIF arqueanos do Grupo Nova Lima, quanto nos rios cortando áreas de exposição também dos Supergrupos Rio das Velhas, Minas e da Seqüência Serra da Boa Vista.

Problemas científicos dizem respeito à identificação e as relações litoestratigráficas e estruturais da Formação Sabará (Grupo Piracicaba, Supergrupo Minas) com o Grupo Nova Lima, do Grupo Itacolomí com o Supergrupo Espinhaço e a Seqüência Serra da Boa Vista. Quanto ao estilo tectônico regional em megadobras ou de cavalgamentos de um sistema colisional frontal vergente para oeste, assim como à evolução polimetamórfica e metalogenética.

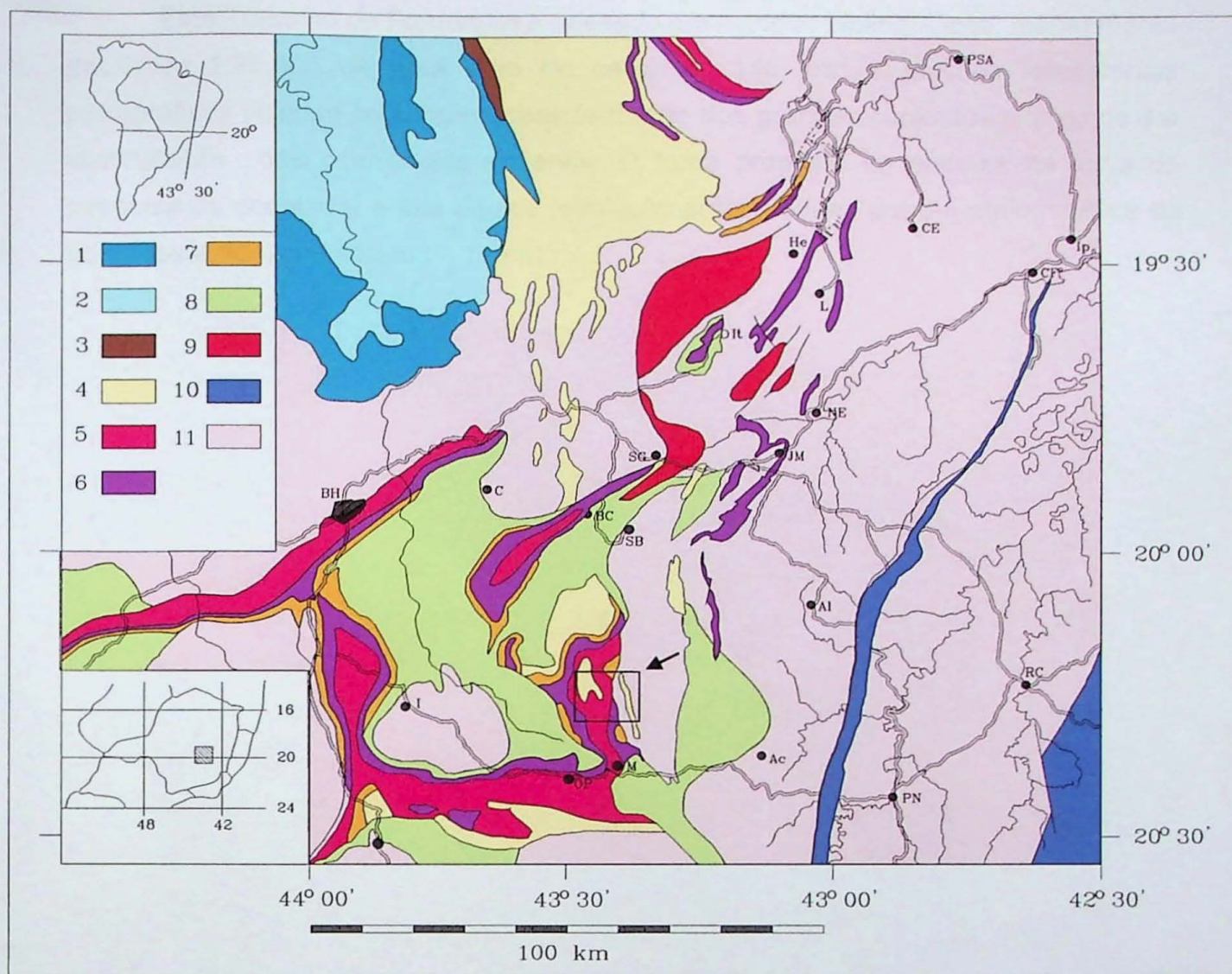


Figura 1 - Esboço geológico do Quadrilátero Ferrífero no contexto da borda E-SE do Cráton do São Francisco e da zona de transição para a faixa móvel Atlântica (Ribeira/Araçuaí), com a localização da área de mapeamento de semi-detelhe 1:25.000. Segundo Schorscher, 1992.

Legenda.

- (1 - 3) - SGr. São Francisco, meso- a neoproterozóico: (1) Gr. Bambuí, rochas carbonáticas; (2) Grupo Bambuí, rochas clásticas; (3) Gr. Macaúbas.
- (4) - SGr. Espinhaço, paleoproterozoico a mesoproterozóico inferior: quartzitos, metaconglomerados e quartzo-mica xistos;
- (5 - 7) - SGr. Minas, paleoproterozóico: (5) Gr. Piracicaba indiviso; (6) Gr. Itabira indiviso (itabiritos predominantes), (7) Gr. Caraça indiviso.
- (8) - *Greenstone belt*/SGr. Rio das Velhas, arqueano, indiviso.
- (9) - Metagranitóides Borrachudos.
- (10) - Milonitos de gnaisses, quartzitos e filonitos.
- (11) - Gnaisses graníticos, migmatitos e metagranitóides indiferenciados (arqueanos e proterozóicos) do complexo regional de rochas TTG (*lato sensu* graníticas).

Cidades e vilas: Ac-Acaiaca; Al-Alvinópolis; BC-Barão de Cocais; BH-Belo Horizonte; C-Caeté; CE-Cocais das Estrelas; CF-Coronel Fabriciano; Co-Congonhas; He-Hematita; I-Itabirito; IP-Ipatinga; It-Itabira; JM-João Monlevade; L-Liberdade; M-Mariana; NE-Nova Era; OP-Ouro Preto; PN-Ponte Nova; PSA-Ponte de Santo Antônio; RC-Rio Casca; SB-Santa Bárbara; SG-São Gonçalo do Rio Abaixo.

2 OBJETIVOS E RELEVÂNCIA DO PROJETO

No âmbito acadêmico, este estudo visou contribuir para a formação do aluno em nível de graduação, pela realização de uma pesquisa interdisciplinar científica fundamental e de aplicação sobre a evolução geológica e os recursos minerais de uma região da borda leste-sudeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, clássica do Pré-cambriano brasileiro.

No âmbito científico, objetivou contribuir para o melhor entendimento e atualização do conhecimento litoestratigráfico, metalogenético e da evolução pré-cambriana policíclica da área, com a caracterização dos grandes conjuntos litológicos arqueanos e paleoproterozóicos e suas inter-relações. Problemas científicos especiais dizem respeito às relações litoestratigráficas e estruturais da Fm. Sabará (Grupo Piracicaba, Supergrupo Minas) com o Grupo Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas), do Grupo Itacolomí com o Supergrupo Espinhaço e a Seqüência da Serra da Boa Vista, ao estilo tectônico regional em megadobras ou de um sistema colisional de *nappes* de cobertura e falhas inversas vergentes para oeste, assim como à evolução polimetamórfica e metalogenética.

No âmbito de aplicação, contribuir para o conhecimento das ocorrências minerais da região, ativas e abandonadas e com a definição de novas áreas potenciais para:

- Ouro, em *BIFs* arqueanos do Grupo Nova Lima, Supergrupo Rio das Velhas, em quartzitos, metaconglomerados e filitos da Seqüência da Serra da Boa Vista, e em Itabiritos da Formação Cauê, Supergrupo Minas; com grande potencial indicado por garimpos, portanto, diretamente ligados a estas ocorrências quanto nos rios e córregos da região;
- Minérios de ferro da Formação Cauê, Supergrupo Minas, que são os principais recursos minerais em exploração na região. Apresentam grandes reservas ainda não exploradas ou em processo de reativação (Minas D'el Rey, da CVRD), assim como várias minas de grande porte em atividade (Alegria, Timbopeba e Fabrica Nova, também da CVRD);
- Manganês nas formações Cauê e Gandarela, Supergrupo Minas, existindo alguns depósitos já exauridos (Miguel Congo, vizinho a Timbopeba, da CVRD), além de áreas com grande potencial, principalmente na região de Antônio Pereira;

- Rochas carbonáticas calcíticas e dolomíticas da Formação Gandarela, Supergrupo Minas, na região de Antônio Pereira, em exploração para corretivo de solo, aditivos siderúrgicos, rochas ornamentais e de construção/pavimentação;
- Topázio Imperial, que ocorre associado a veios de quartzo nos saprólitos de argilitos manganíferos da Formação Gandarela em contato com a Formação Cercadinho, Supergrupo Minas.

3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de mapeamento geológico de semi-detalhe 1:25.000 é delimitada pelas coordenadas UTM 23K 656000 - 670000 e 7750000 - 7760000. Tem aproximadamente 140 km² de extensão e pode ser alcançada a partir da cidade de Mariana pela estrada asfaltada MG-129: Mariana - Antônio Pereira - Santa Bárbara, que corta a sua parte sudoeste (Figura 2). O acesso as partes centrais é possível pela estrada de terra Mariana-Bento Rodrigues, que se inicia a 7 km de Mariana, a partir da estrada asfaltada MG-129 para Antônio Pereira, na região da antiga Fazenda Gualaxo. A parte leste e nordeste da área é servida pela estrada de terra Mariana - Camargos, que se inicia na periferia da cidade de Mariana, no bairro D'el Rey, também a partir da estrada asfaltada MG-129, para Antônio Pereira. Mariana dista 118 km de Belo Horizonte pelas estradas asfaltadas: BR-040 e Rodovia dos Inconfidentes.

A área de mapeamento é recortada por estradas municipais e estradas vicinais que servem às propriedades rurais e também, em toda sua extensão, por estradas de serviço das atividades de reflorestamento desenvolvidas pela CAF Santa Bárbara Ltda., que em muito facilitaram o acesso à parte central. Na parte oeste e noroeste, de propriedade da CVRD, também se contou com o apoio da Companhia para liberação do acesso a suas áreas.

Figura 2 Localização da área de mapeamento de mapa geológico. Estrada da QAF Santa Bárbara, km 129, e 130.



Figura 2. Localização da área de mapeamento no mapa rodoviário. Extraído de: Guia Quatro Rodas, Estradas (2006), p. 16 e 17.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste projeto compreende trabalhos preparatórios e de gabinete, seguidos dos trabalhos da fase principal de levantamentos de dados via pesquisas de campo e estudos laboratoriais diversificados em várias etapas, na fase final foram realizadas a integração e análise dos dados (de campo e estudos laboratoriais) e confrontados com dados da literatura.

4.1 Trabalhos preparatórios e de gabinete

Estudos preliminares de campo e laboratoriais, fotogeológicos e petrográficos macroscópicos, sobre a área deste projeto foram iniciados em julho de 2005 e serviram, em conjunto com estudos bibliográficos, como base para a elaboração do Projeto Inicial desse Trabalho de Formatura. Ainda nessa etapa foram estudados e selecionados os materiais fundamentais para o uso no decurso de todo o projeto, a seguir listados.

4.1.1 Base Cartográfica

- Folha topográfica da Quadrícula de Antônio Pereira 1:25.000 (SF.23-E-II-3-NO) confeccionada por Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A. (1954-56), com georreferenciamento atualizado através da base cartográfica de ortofotos da CEMIG (*Datum* Córrego Alegre), pontos de controle e afloramentos levantados em campo.

4.1.2 Fotos Aéreas, Ortofoto-Mapas e Imagens de Satélite

- Fotos aéreas (preto e branco, em escala aproximada 1:30.000) da CEMIG;
- Fotos aéreas da USAF Missão 96 Área 803 coloridas normais e infravermelhas falsa cor, em escala aproximada 1:40.000;
- Ortofoto-mapas (em escala 1:10.000) em formato digital e impressos da CEMIG;
- Imagens de satélite Landsat 7, ETM+, disponíveis na internet, com georreferenciamento atualizado.

4.1.3 Mapas geológicos de referência

- Barbosa, A.L.M. (1969): Quadrículas 1:25.000 Antônio Pereira, Mariana e Ouro Preto;
- Maxwell (1972): Quadrículas 1:25.000 Santa Rita Durão e Capanema;
- Dorr (1969): Quadrilátero Ferrífero 1:150.000;

- Baltazar & Raposo (1993): Folha Mariana 1:100.000;
- Pinto (1996): Projeto Rio das Velhas;
- COMIG/CPRM (2003): Mapa geológico do Estado de Minas Gerais 1:1.000.000;
- COMIG (2005): Geologia do Quadrilátero Ferrífero Escala 1:50.000 (DVD-ROM).

4.2 Trabalhos de campo

- Mapeamento de detalhe em escala 1:10.000 para apresentação em escala 1:25.000 em conjunto com a aluna Thais Noffs Battestin (TF: 55/06) e demais membros da equipe de campo e alunos estagiários;
- Os trabalhos de campo foram divididos em cinco etapas, totalizando 88 dias de atividades, sendo que, duas foram realizadas no ano de 2005 e três em 2006;
- Verificação, confirmação, mapeamento detalhado em escala 1:5.000 com amostragens e caracterização de alvos de minérios itabiríticos de ferro, em conjunto com a aluna Thais Noffs Battestin (TF: 55/06) e demais membros da equipe de campo e alunos estagiários;
- Compilação de 1222 afloramentos descritos pelas equipes de campo, sendo que 1051 destes foram descritos também pelo autor, incluindo análises estruturais e amostragens. Alguns pontos das outras equipes também foram revisados;
- Amostragens específicas e detalhamento de afloramentos individuais de interesse litoestratigráfico, petrogenético e metalogenético.

4.3 Trabalhos Laboratoriais

- Tratamento das amostras colhidas em campo (descrição macroscópica, escolha de amostras e corte para a preparação das seções delgadas, polidas e geoquímica);
- Descrição microscópica de 29 seções delgadas;

5 DESENVOLVIMENTO E CRONOGRAMA

As atividades desse trabalho de formatura foram desenvolvidas segundo o cronograma:

Cronograma final dos trabalhos realizados durante o ano do TF											
Atividade \ Mês	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Estudos bibliográficos											
Trabalhos fotogeológicos											
Preparação do Projeto Inicial											
Trabalhos de campo											
Preparação de amostras para laminação e geoquímica											
Petrografia											
Preparação do relatório de progresso (mapa geológico preliminar)											
Redação da monografia (mapa geológico final)											
XLIII Congresso Brasileiro de Geologia (participação com trabalho)											
Preparação da apresentação e defesa da monografia											
Semana do Trabalho de Formatura (apresentação e defesa da monografia)											

6 GEOLOGIA REGIONAL DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão bibliográfica foi elaborada em conjunto com o orientador e a aluna Thaís Noffs Battestin (TF: 55/06):

O Quadrilátero Ferrífero, localizado na parte sudeste do Cráton do São Francisco, na zona de transição entre as áreas estáveis do cráton, a oeste, e a Faixa Móvel Ribeira, a leste (Figura 3), é a principal e mais tradicional província mineral do Brasil. Conta com uma grande variedade de bens minerais como ouro, minérios de ferro, manganês, minerais gema, rochas e minerais não metálicos industriais incluindo rochas carbonáticas calcíticas e dolomíticas, filito, bauxita, rocha magnesiana, talco, entre outros.

6.1 Arqueano

O embasamento arqueano na região do Quadrilátero Ferrífero é constituído por domos TTG e seqüências metavulcano-sedimentares do *Greenstone Belt* Rio das Velhas (Almeida, 1976; Schorscher, 1976).

6.1.1 Terrenos TTG

Gnaisses, migmatitos e metagranitóides de composição TTG (tonalito, trondhjemitó, granodiorítico) ocorrem em toda a extensão leste-sudeste do Cráton do São Francisco e também nas faixas móveis Ribeira e Araçuaí do Cinturão Atlântico. Sofreram retrabalhamentos tectono-metamórficos policíclicos, destacando-se um evento de metamorfismo regional dínamo termal progressivo, de oeste para leste.

São as rochas mais antigas da região, datadas em $\geq 3,4$ Ga (Carneiro, 1992). Tratam-se de rochas graníticas, *lato sensu*, hololeucocráticas a leucocráticas, pobres ou isentas de feldspato potássico, ricas em plagioclásio ácido a intermediário e quartzo. Esses terrenos foram as áreas fontes para os depósitos quartzíticos da fase final do *Greenstone Belt* Rio das Velhas, Grupo Maquiné – Supergrupo Rio das Velhas – e somente neste período entraram em evidência como áreas continentais emersas na evolução crustal arqueana.

Essas rochas são virtualmente estéreis em depósitos minerais metálicos, apenas sendo beneficiados para brita e utilizados na construção civil.

6.1.2 Greenstone belt Rio das Velhas

Suas rochas apresentam ampla distribuição regional, ocorrendo em toda a borda leste-sudeste do Cráton do São Francisco, encontram-se variavelmente

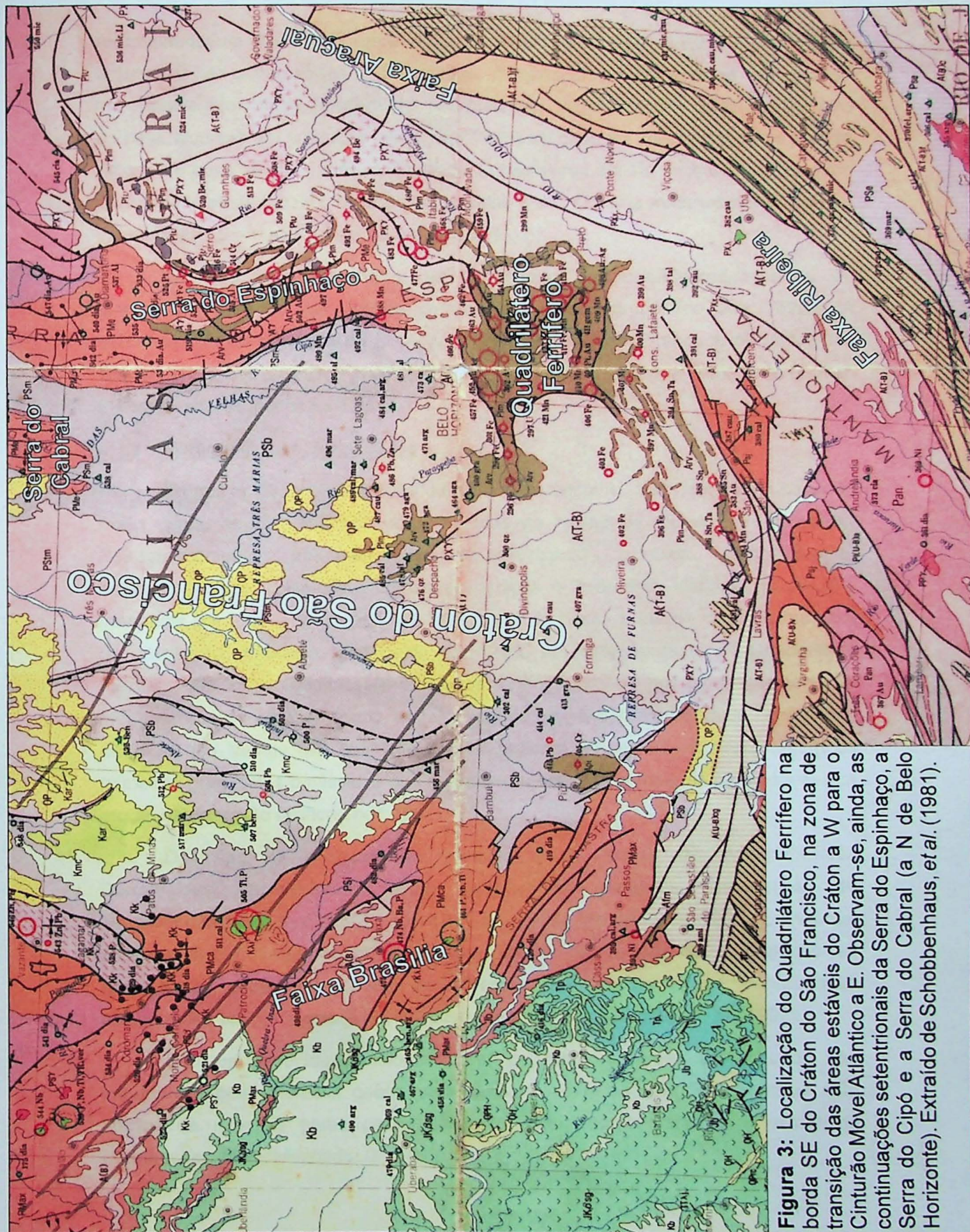


Figura 3: Localização do Quadrilátero Ferrífero na borda SE do Cráton do São Francisco, na zona de transição das áreas estáveis do Cráton a W para o Cinturão Móvel Atlântico a E. Observam-se, ainda, as continuações setentrionais da Serra do Espinhaço, a Serra do Cipó e a Serra do Cabral (a N de Belo Horizonte). Extraído de Schobbenhaus, et al. (1981).

retrabalhadas na fácies xisto verde, anfibolito e até granulito por eventos metamórficos arqueanos e proterozóicos. São rochas metavulcano sedimentares de grande importância econômica, hospedeiras das principais mineralizações e jazidas de ouro do país, algumas em produção centenária. Também ocorrem mineralizações e jazidas de grande porte de manganês, como as de Conselheiro Lafaiete, hoje esgotadas, além de ocorrências de topázio imperial, esmeraldas e de rochas e minerais não-metálicos industriais (rocha magnésiana, pedra sabão, talco).

No Quadrilátero Ferrífero, as seqüências metavulcano-sedimentares do *Greenstone Belt* Rio das Velhas pertencem ao Supergrupo Rio das Velhas. A subdivisão litoestratigráfica do Supergrupo Rio das Velhas e respectivos ambientes deposicionais, segundo Dorr (1969), Schorscher (1979 a, b, 1980a, 1992) e Inda *et al.* (1984) foram resumidas na Tabela 1.

6.1.3 Metagranitóides Borrachudos

Corpos de Granitos Borrachudos (Dorr & Barbosa, A., 1963) formam o segundo maior grupo de rochas graníticas arqueanas na região do Quadrilátero Ferrífero. Petrograficamente tratam-se de álcali-feldspato granitos com fluorita, hololeucocráticos, cinza-claros, grossos, maciços a levemente foliados, tipicamente marcados por uma forte lineação de agregados de biotita e outros minerais máficos, de orientação constante, leste-oeste até S70E, na parte nordeste do Quadrilátero Ferrífero. Os metagranitóides Borrachudos foram formados por processos tectono-metamórficos e metassomáticos, na fase final da orogênese arqueana do *Greenstone Belt* Rio das Velhas. Na evolução crustal regional precambriana, representam os primeiros granitóides potássicos que apareceram em corpos maiores na crosta siálica arqueana da região (Schorscher, 1992).

Datações de amostras de minerais e de rochas de metagranitóides Borrachudos apresentaram idades amplamente variáveis, arqueanas até neoproterozóicas (Herz, 1970; Dussin *et al.*, 1997; Machado G. 1998) Entretanto, análises litoestruturais regionais indicam serem os corpos de metagranitóides Borrachudos arqueanos devido à influência que exerceram na conformação sedimentar e tectônica dos depósitos paleoproterozóicos (Guimarães, M., 1992).

Sob os aspectos metalogenéticos, os metagranitóides Borrachudos são importantes pela anomalia geoquímica de Berílio e pelas relações genéticas com jazidas de minerais gema desse elemento, como águas-marinhas e esmeralda (Schorscher, 1992; Machado, G., 1998).

Tabela 1. Coluna estratigráfica simplificada e litologias principais do Supergrupo Rio das Velhas (Schorsch, 1991).

Super - Grupo	Grupo	Formação	Litologia	Ambiente Depositional	Espessura aprox. em metros
Cinturão de rochas verdes (Greenstone Belt) Rio das Velhas	Maquiné	Casa Forte	Quartzitos maciços e xistosos, sericiticos e cloríticos com níveis intercalações de sericita e clorita, xistos e filitos. Quartzitos, em parte cloríticos e sericiticos com lentes de conglomerados intraformacionais mono e polimíticos (seixos de <i>metachert</i> , BIF, quartzo de veio, quartzo xistos, filitos, metamáficas e metaultramáficas), com pirritas detriticas e estratificação cruzada acanalada unidirecional, de porte decimétrico.	Depósitos tipo molassa: leques aluviais e quartzitos parálcos, flúvio-deltaicos.	>600
		Palmital	Sericita - quartzo xistos e filitos com micas verdes (cromíferas) às vezes grafitosos e subordinadamente com pirita e magnetita. Lentes de quartzo e grauvacas.		~600 a ausente; ~ 1400 máx.
	discordância angular e erosiva.				
	Nova Lima	Indiviso	Filitos em grande parte cloríticos, clorita xistos, sericita xistos, metapelitos em geral, metagrauvacas máficas, metamáficas de origem vulcânica e subvulcânica , metaultramáficas, intercalações de formações ferríferas (BIF tipo Algoma) de fácies carbonática, sulfetada, oxidica com magnetita e silicática, formações manganíferas, <i>metachert</i> ferruginoso, xistos grafitosos, dolomitos, quartzitos, raros conglomerados bimodais com seixos e blocos de formação ferrífera em matriz metapelítica, estruturas de deformação gravitacional (<i>slumping</i> e <i>sliding</i>).	Predominam condições de águas profundas, depósitos tipo <i>flysch</i> , sedimentos químicos e atividades vulcânica e pós-vulcânica (hidrotermal - exalativa) subaquática.	>4000
	Quebra Osso	Indiviso	Metaultramáficas (komatiitos peridotíticos) efusivas, maciças e piroclásticas, metamórficas (f. xisto verde médio a anfibolito inferior), com raras intercalações de formações ferríferas (BIF tipo Algoma), <i>metachert</i> e tufo. Ocorrem derrames maciços com disjunção poliedral, guirlandas de spinifex e brechação nas partes basal e de topo; lavas brechadas, lavas almofadadas, <i>spinifex</i> , e rochas ultramáficas piroclásticas e afaníticas (ex-hialinas) e hialoclastitos.	Vulcanismo ultramáfico subaquático de komatiitos peridotíticos.	>600 máx.
Contatos tectônicos, por zonas de cisalhamento de altos ângulos, com migmatitos, gnaisses e metagranitóides TTG (tonalito-trondhjemit-granodioríticos) arqueanos, em domos.					

6.1.4 Metalamprófiros ultrabásicos e ultrapotássicos

Formam um pequeno enxame de diques cortando metagranitóides TTG do domo de Santa Bárbara, na borda leste-nordeste do Quadrilátero Ferrífero, Schorscher (1992). São rochas raras, tratando-se da primeira ocorrência dessa natureza reconhecida num terreno arqueano TTG e granito-*greenstone belt* do Brasil. Na evolução geotectônica arqueana, foram atribuídos ao estágio de arco magmático maduro orogênico do *greenstone belt* Rio das Velhas.

6.1.5 Geocronologia

Datações de gnaisses, migmatitos e metagranitóides dos terrenos TTG e de xistos e anfibolitos do *Greenstone Belt* Rio das Velhas com os métodos Rb-Sr e K-Ar em minerais e rochas, mostraram idades neoarqueanas e paleoproterozóicas a brasileiras (Herz, 1970; Teixeira, 1982; entre outros). Herz (1970) interpretou seus dados como relevantes das orogêneses dos ciclos Rio das Velhas - neoarqueana, Minas - paleoproterozóica superior, e Brasileiro - neoproterozóica superior a eopaleozóica; e as idades mesoproterozóicas, como causadas por re-homogeneizações e re-equilibrações isotópicas parciais de rochas mais antigas de terrenos policíclicos – sem significado geotectônico.

Thorpe *et al.* (1984) determinaram idades modelo Pb-Pb de cerca de 3,0 Ga em galenas das mineralizações auríferas do distrito de Nova Lima. Uma integração atualizada de todas as datações recentes das minas de ouro do *greenstone belt* Rio das Velhas no Quadrilátero Ferrífero foi elaborada por Abreu (2004), que confirma o predomínio de idades neoarqueanas.

Nos trabalhos de Machado N. *et al.* (1989a, 1993, 1996a,b), Carneiro (1992) e Carneiro *et al.* (1993), foram reportadas idades superiores a 3,4 Ga em zircão de rochas *lato sensu* graníticas de terrenos TTG e em zircões detríticos em metassedimentos deles derivados.

Dos metagranitóides Borrachudos ainda faltam datações confiáveis. As idades reportadas por diversos autores variam de arqueanas até neoproterozóicas (Herz, 1970; Dussin *et al.*, 1997; Machado, G. 1998). Assim, caracteriza-se para a região do Quadrilátero Ferrífero, uma evolução policíclica, que causou re-equilibrações e rejuvenescimentos isotópicos sucessivos, parciais a totais, dos principais sistemas isotópicos usados em geocronologia: Rb-Sr, K-Ar, Pb-Pb e Sm-Nd. Foi em consequência dessa evolução, que as datações pioneiras de Hurley (1961) resultaram em idades aparentes mesoproterozóicas a neoproterozóicas de virtualmente todas as rochas TTG e dos metagranitóides Borrachudos, induzindo Dorr & Barbosa (1963) e

Dorr (1969) a considerem as rochas graníticas em geral, como intrusivas ígneas e as rochas precambrianas mais jovens da região do Quadrilátero Ferrífero.

6.2 Paleoproterozóico

As seqüências itabiríticas do Supergrupo Minas já foram identificadas por Harder & Chamberlin (1915) como perfeitamente comparáveis com unidades análogas algonquianas da região canadense do Lago Superior e são hoje, em geral, aceitas como paleoproterozóicas, típicas, sob todos os aspectos sedimentológicos e geocronológicos, desta era da evolução crustal global. Já as seqüências quartzito-conglomeráticas do Supergrupo Espinhaço e da Série Itacolomí (Guimarães, D., 1931; Dorr, 1969; Costa & Romano, 1976), também designadas na literatura e nos mapeamentos existentes como Formação Quartzito Cambotas do Grupo Tamanduá, Grupo Maquiné, Grupo Caraça e Série (ou Grupo) Itacolomí, continuam controvertidamente interpretadas como arqueanas (Simmons & Maxwell, 1961), paleoproterozóicas (Harder & Chamberlin, 1915; Pflug, 1965, 1968; Dorr, 1969; Schorscher, 1975; Inda *et al.*, 1984; CPRM/COMIG, 2003, entre outros), mesoproterozóicas (Torquato, 1976; Almeida-Abreu, 1993; Schobbenhaus, 1993; Martins-Neto, 1998; Almeida-Abreu & Renger, 1999, 2002, entre outros) e neoproterozóicas (Derby, 1905; Almeida, 1967; 1977; Uhlein, 1991, entre outros).

A recém definida Seqüência da Serra da Boa Vista, anteriormente atribuída ora ao Grupo Caraça (Dorr, 1969), ora ao Grupo Maquiné (Barbosa, 1969; Dorr, 1969; Maxwell, 1972), se destaca das demais pelas numerosas mineralizações de ouro e foi considerada como uma associação de litofácies própria, de idade paleoproterozóica (Luchesi & Schorscher, 1989, 1990; Luchesi, 1991; Schorscher, 1992).

Assim, as seqüências do Supergrupo Espinhaço, do Grupo Itacolomí e da Serra da Boa Vista são problemáticas quanto à idade, posição e correlação estratigráfica. Tanto a diversidade dos nomes em uso, quanto às interpretações antagônicas de ocorrências individuais por autores diferentes, claramente revelam as controvérsias e as polêmicas científicas existentes.

6.2.1 Supergrupo Minas

Dorr *et al.* (1957) e Dorr (1966, 1969) revisaram e definiram a estratigrafia da Série Minas no Quadrilátero Ferrífero, que foi oficialmente adotada pelo projeto DNPM-USGS e, por longo tempo, mantida como subdivisão tipo desta Série na Geologia do Brasil. A coluna estratigráfica de Dorr (1969), com as litologias principais, foi reproduzida na Tabela 2 para o intervalo do Grupo Caraça (inferior) até o Grupo Itacolomí (superior), com modificações menores segundo Schorscher (1992).

Tabela 2. Coluna estratigráfica simplificada e litologias principais do Supergrupo Minas no Quadrilátero Ferrífero (Dorr, 1969) com modificações de Schorsch 1992.

Super - Grupo	Grupo	Formação	Litologia	Ambiente Depositional	Espessura aprox. em metros	
Minas	Itacolomi	Indiviso	Ortoquartzitos, quartzitos, filitos quartzosos, filitos, quartzitos c/ seixos e conglomerados	Molassa parálico	>1000 ?	
	Discordância angular e erosiva					
	Sabará	Indiviso	Clorita xistos, filitos cloríticos, metatufos, grauvas, conglomerados, quartzitos e itabiritos	<i>Flysch</i> eugeossinclinal	>3000	
	Piracicaba	Discordância angular e erosiva local e regional				
		Barreiro	Filitos e filitos grafitosos	Sedimentos de cobertura de <i>shelf</i> estável	150 local-tipo	
		Tabões	Ortoquartzitos	"	125 local-tipo	
		Fêcho do Funil	Filitos quartzosos, filitos dolomíticos, dolomitos simplificados	"	410 local-tipo	
		Cercadinho	Filitos, sericita quartzitos, quartzitos e filitos ferruginosos, <i>metachert</i> , conglomerados e dolomitos	"	~ 600 máx. a 150 min.	
	Discordância angular e erosiva local					
	Itabira	Gandarela	Dolomitos*, calcários, itabiritos, dolomíticos, xistos dolomíticos e itabiritos manganíferos, filitos, itabiritos e xistos verdes	"	~ 600 máx. a ausente	
		Cauê	Itabiritos, itabiritos dolomíticos, filitos, dolomitos e xistos verdes	"	~ 500 máx. a < 50 min.	
	Caraça	Batatal	Filitos, filitos grafitosos, <i>metachert</i> e itabiritos	"	~ 250 máx. a ausente	
		Moeda	Fácies parálica: ortoquartzitos, quartzitos, conglomerados** e filitos. fácies de bacia: sericita - quartzitos, filitos quartzosos e quartzitos	<i>Shelf</i> estável	~ 1000 máx. a < 50 min.	
	Contato basal tectônico de <i>nappes</i> com litologias dos supergrupos Espinhaço e Rio das Velhas e rochas TTG <i>sensu lato</i> graníticas arqueanas					

* com brechas intraformacionais

** com pirita detrítica

Dorr (1969) tinha incluído ainda o Grupo Tamanduá, na base da Série Minas, subdividido na Formação Quartzito Cambotas (basal) – de depósitos arenosos e conglomeráticos marinhos costeiros – e Formação Superior (sem nome formal) – de xistos diversos, filitos, formações ferríferas restritas e mica quartzitos. Schorscher (1975, 1980a, 1992), Schorscher & Guimarães (1976) e Schorscher *et al.* (1982) demonstraram que a Formação Quartzito Cambotas no local tipo, na serra homônima, corresponde a quartzitos e metaconglomerados das formações São João da Chapada, Sopa Brumadinho e Galho do Miguel do Supergrupo Espinhaço. Já a Formação Superior (sem nome formal) do Grupo Tamanduá constitui um pacote de milonito-xistos de protólitos diversos do Grupo Nova Lima, arrastados em zona de falha de baixo ângulo sobre as rochas do Supergrupo Espinhaço, no mesmo local tipo (na parte sul da Serra das Cambotas). Schorscher (1975, 1992), Schorscher & Guimarães (1976), Schorscher *et al.* (1982) e Inda *et al.* (1984) excluíram o Grupo Tamanduá, porém, incluíram duas outras unidades na base do Supergrupo Minas, denominadas Seqüência de Paragnáisses e Seqüência de Xistos Verdes, que observaram no Distrito Ferrífero de Itabira (Tabela 3). Também sugeriram a verificação e individualização da Formação Sabará, como unidade própria de hierarquia maior, isto é, como Grupo Sabará, tendo em vista suas características petrográficas vulcano-sedimentares e geotectônicas sin-orogênicas e, portanto, drasticamente diferentes e incompatíveis com as demais formações do Grupo Piracicaba de *shelf* estável em lenta subsidência.

Sob aspectos metalogenéticos destacam-se as unidades:

Grupo Caraça: abriga na Formação Moeda (inferior), em metaconglomerados monomíticos de tipo *quartz pebble conglomerates*, auríferos, uraníferos e com piritas detríticas, consideráveis reservas de ouro, já lavradas e esgotadas em superfície por garimpos e pequenas minerações. Hoje exigiria lavra subterrânea para sua produção, que ainda não foi viabilizada.

A Formação Batatal (superior) – filitos grafitosos, filitos carbonáticos, carbonatos e *BIF* restritos, formada em ambientes de baixa energia e de elevada produção orgânica, é a unidade hospedeira da mineralização de ouro da mina de Passagem de Mariana (hoje sem produção – turística) em xistos grafitosos turmalinizados e sulfetados (Fleischer, 1971; Fleischer & Routhier, 1973; Vial, 1988).

Grupo Itabira: a Formação Cauê (inferior) - formada por itabiritos (*BIF* tipo Lago Superior) quartzo-hematíticos com teores variáveis de magnetita e dolomita, abriga

Tabela 3. Coluna estratigráfica simplificada e litologias principais do Supergupo Minas no Distrito Ferrífero de Itabira (Schorscher, 1975, Schorscher & Guimarães, 1976, Inda *et al.*, 1984).

Super - Grupo	Grupo	Formação	Litologia	Ambiente Depositional	Espessura aprox. em metros
Minas	Parte superior da seqüência Minas incompleta devido à erosão.				
	Piracicaba	Cercadinho	Sericita xisto e quartzitos, frequentemente ferruginosos, <i>metachert</i> e itabiritos pobres	<i>shelf</i> em subsidência.	>300
	Itabira	Cauê	Itabiritos pobres a ricos, raramente carbonáticos, hematita rica, intercalações finas de filitos e metatufos (tufitos máficos). Níveis de retrabalhamento sinsedimentar	Antiformal no <i>shelf</i> .	~ 500 máx. a < 50 mín.
	Caraça	Indiviso	Muscovita - quartzo xisto, quartzitos finos e micáceos	<i>shelf</i>	~ 50
	Seq. de Xistos Verdes	Indiviso	Clorita quartzo plagioclásio biotita muscovita carbonato anfibólio xistos; intercalações finas de quartzitos e turmalinitos; sulfetos disseminados. Topo da seq. grafitoso, base mais arenosa	<i>shelf</i> sujeito a intensa atividade vulânica.	< 500
	Seq. de Paragneisses	Indiviso	Metagrauvacas, metarcóseos, paragneisses com intercalações de muscovita quartzo xistos, quartzitos micáceos, clorita e/ou biotita quartzo xistos, calcissilicáticas e <i>white schists</i>	Sedimentos fluviais a lacustrinos de <i>rift</i> ativo.	< 1500
Discordância angular e erosiva regional profunda					
Embasamento Arqueano	Indiviso	Indiviso	Migmatitos, gnaisses metatéticos, granulitos, anfibolitos polimetamórficos e metagranitóides		

virtualmente a totalidade das reservas de minérios de ferro do Quadrilátero Ferrífero, além de mineralizações e depósitos de manganês nos itabiritos manganésíferos variavelmente dolomíticos (ex.: minas Conta História e Miguel Congo) e de ouro paladiado, localmente muito ricos, em jacutingas (ex.: nas minas Gongo Sôco, Cauê e Conceição).

A Formação Gandarela, sobreposta, em contato gradacional, à Formação Cauê hospeda numerosas mineralizações e pequenas jazidas de manganês por todo o Quadrilátero Ferrífero. Os corpos de carbonatos dolomíticos (predominantes) e calcíticos são lavrados para corretivos de solos, aditivos de siderurgia e mármore ornamentais.

Grupo Piracicaba: apresenta, excetuando-se a Formação Sabará, principalmente mineralizações de minerais e rochas industriais, como cianita, pirofilita, filito ("superfilito") e ortoquartzito muito puro – para refratários e construção civil.

6.2.2 Supergrupo Espinhaço

Forma serra quartzítica que se estende do Quadrilátero Ferrífero continuamente para norte, por mais de 1000 km, atravessando todo o Estado de Minas Gerais até a Bahia (Eschwege, 1817, 1822, 1832). Em Minas Gerais atinge sua maior expressão na região de Diamantina. O Supergrupo Espinhaço é famoso pelas ricas ocorrências de diamantes nos metaconglomerados polimíticos, da Formação Sopa Brumadinho, da região de Diamantina (MG) e da Série Lavras, na Chapada Diamantina (BA). A estratigrafia atual do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais segue as definições iniciais de Pflug e colaboradores (Pflug, 1965; 1968; Pflug & Renger, 1973; Schöll & Fogaça, 1979) (Tabela 4).

Para sul, nas extremidades meridionais da Serra do Cipó e Quadrilátero Ferrífero, o Supergrupo Espinhaço fica mais restrito e descontínuo, reduzido às três formações inferiores da região de Diamantina e ocorre ainda uma unidade basal de xistos verdes pouco espessa (métrica a decamétrica) correlacionada por Schorscher (1973, 1992) às litologias semelhantes da Sequência de Xistos Verdes do Distrito Ferrífero de Itabira (Tabela 5, cf. Tabelas 3 e 4). No Quadrilátero Ferrífero, ainda segundo Schorscher (1980a), as principais estruturas quartzito-conglomeráticas do Supergrupo Espinhaço são aquelas das serras Cambotas, Caraça, do Pinho e Ouro Branco.

Os principais recursos minerais do Supergrupo Espinhaço são os diamantes, que ocorrem com distribuição regional irregular nos conglomerados da Formação

Tabela 4. Coluna estratigráfica simplificada e litologias principais do SGr. Espinhaço na região de Diamantina (modificada de Pflug, 1968).

Série	Formação	Litologia	
Minas	Rio Pardo Grande	Filitos em parte ricos em ferro e manganês com bancos de quartzitos e dolomitos.	5000 m
	Córrego Pereira	Semelhante à Fm. Córrego dos Borges. Filitos, siltitos, lentes de quartzitos?	4000 m
	Córrego da Bandeira	Quartzitos puros às vezes micáceos, raras brechas intraformacionais.	
	Córrego dos Borges		
	Santa Rita	Filitos e siltitos intercalados.	3000 m
	Galho do Miguel	Ortoquartzitos de granulação variável; intercalações de filitos são raras. Estratificação cruzada de grande porte (dunas eólicas) muito frequente.	2000 m
	Sopa Brumadinho	Quartzitos, filitos, lentes de conglomerados poli e monomíticos, brechas quartzíticas, filitos hematíticos. Ortoquartzitos com seixos isolados na parte basal; estratificação cruzada de pequeno porte abundante.	1000 m
	São João da Chapada		
Pré - Minas	Indiviso	Migmatitos, gnaisses, granitos intrusivos, anfibolitos, filitos, micaxistos, quartzitos, BIF, de associação TTG e granito- <i>Greenstone Belt</i> , arqueana.	0 m

Tabela 5. Coluna estratigráfica simplificada e litologias principais do Supergrupo Espinhaço das extremidades meridionais da Serra do Espinhaço na Serra do Cipó e no Quadrilátero Ferrífero (Schorscher 1975, 1992).

Super - Grupo	Grupo	Formação	Litologia
Espinhaço		As formações superiores do Supergrupo Espinhaço não foram encontradas nas extremidades meridionais da Serra do Espinhaço; faltam devido a não-deposição e/ou erosão.	
		Galho do Miguel	Ortoquartzitos puros com mega-estratificações cruzadas (altura até >10m e extensão até >100m), localmente com delgadas lâminas de sericita xistos nos planos de acamamento.
		Sopa Brumadinho	Quartzitos as vezes ferruginosos, grosseiros a finos, micáceos ou não, com níveis de filitos/xistos sericíticos intercalados e lentes de conglomerados localmente diamantíferos oligomíticos (fácies Altamira, com seixos de quartzo de veio e quartzito) e polimíticos (seixos de itabiritos pobres e ricos em ferro, quartzitos, <i>metachert</i> e muito raros seixos de rochas graníticas do embasamento).
		São João da Chapada	Quartzitos micáceos ou não, às vezes conglomeráticos ou com seixos esparsos na parte basal da sequência (seixos de quartzo de veio, quartzito, filitos/xistos) filitos e filitos hematíticos em níveis intercalados.
	Seqüência de Xistos Verdes	Indiviso	Clorita actinolita albita quartzo, quartzo clorita, quartzo clorita sericita e sericita quartzo xistos/filitos derivados de tufos, tufitos e vulcanitos (?) máficos a ácidos subordinadamente, xistos e filitos metapelíticos grafitosos e xistos metapelíticos com cloritóide.
Discordância angular e erosiva.			
Arqueano indiviso			Embasamento arqueano: terrenos TTG em domos e seqüência meta-vulcanossedimentar do <i>greenstone belt</i> Rio das Velhas.

Sopa Brumadinho. Há, ainda, mineralizações de ouro menores em quartzo filitos e Xistos, milonito xistos e veios de quartzo piritosos nas formações São João da Chapada e Sopa Brumadinho, de cristais de quartzo em veios e a própria areia de ortoquartzitos intemperizados da Formação Galho do Miguel é lavrada para formas de fundição. Da Serra das Cambotas foi descrita a ocorrência de diamantes por Gorceix (1885). Não são conhecidas mineralizações de ouro nos quartzitos e metaconglomerados do Supergrupo Espinhaço no Quadrilátero Ferrífero.

6.2.3 Grupo Itacolomí

A Série, respectivamente, o Grupo Itacolomí foram definidos com base na seção-tipo do pico homônimo, seguindo duas linhas interpretativas. Por Derby (1906), como série própria, mais jovem e sobreposta a Serie Minas com contato por discordância angular e erosiva profunda. Guimarães, D. (1931), Barbosa, O. (1949), Barbosa, A. (1969) e Dorr (1969) seguiram nessa linha e subdividiram a Série Itacolomí em duas fácies, uma de quartzitos e metaconglomerados, sendo o Itacolomí típico, e a segunda, predominantemente filítica a xistosa, denominada de fácies Santo Antônio. Em seus mapeamentos regionais Dorr (1969) e Barbosa A. (1969) estenderam ainda esse conceito, além do local tipo, para as serras de quartzitos e metaconglomerados do Pico da Bandeira (na região de Congonhas), do Ribeiro e do Salto (na região de Lavras Novas, a sudoeste de Ouro Preto), assim como do Pico do Frazão e outras estruturas menores na região de Antônio Pereira, a noroeste e norte de Mariana. Diferentemente, Harder & Chamberlin (1915) e Schorscher (1992), incluíram as mesmas rochas do perfil-tipo do Pico Itacolomí como unidade de topo da Série Minas, classificando-a na hierarquia de formação, respectivamente, grupo (Tabela 2). As rochas do Grupo Itacolomí foram consideradas sob aspectos de tecto-fácies como depósitos orogênicos de tipo molassa derivados de protólitos arenosos e silto-pelíticos depositados em ambiente parálico costeiro (Dorr, 1969).

6.2.4 Seqüência da Serra da Boa Vista

A seqüência quartzito-conglomerática aurífera da Serra da Boa Vista foi re-estudada na região tipo por Luchesi (1991) por abrigar antigas explorações de ouro, incluindo a histórica mina Quebra Osso – objeto de estudos por Moraes & Barbosa (1939). Garimpos abandonados ou ainda hoje em atividade são encontrados desde a região tipo, passando por Catas Altas, Santa Rita Durão, Bento Rodrigues até Camargos, na região de mapeamento 1:25.000 desse Trabalho de Formatura.

A evolução litoestratigráfica, as litologias principais e os ambientes deposicionais descritos por Luchesi (1991) são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Coluna estratigráfica simplificada: Litologias principais e ambientes deposicionais da Seqüência da Serra da Boa Vista (Luchesi, 1991)

Unidade	Membro	Litologia	Ambiente Depositional	Espessura
Seqüência Serra da Boa Vista	Quartzitos Serra da Boa Vista	Quartzitos puros brancos, quartzitos microconglomeráticos por vezes sericíticos, quartzitos ferruginosos, quartzito mica xistos. Níveis com estratificação cruzada decimétrica. Níveis filíticos mais frequentes na porção sul da Serra da Boa Vista.	Subaquático raso.	~300 m
	Metaconglomerados E / W	Metaconglomerado W em lentes descontínuas com estratificação gradacional normal; metaconglomerado E em nível contínuo. Seixos de <i>metachert</i> em matriz sericita, muscovita quartzítica. Pirita detrítica localmente abundante. Minerais pesados: pirita, rutilo e zircão.	<i>Braided alluvium</i>	W: Ausente a 60 m E: 20 a 80m
	Unidade Aurífera da Mina Quebra Osso	Quartzitos micáceos, quartzito - mica xistos, filitos com intercalações centimétricas de <i>metachert</i> e BIF's pobres; presença de pirita abundante em parte oxidada, grafita e fuchcita; unidade descontínua.	Distal, redutor	máximo: 30m
	Metaconglomerado Basal	Metaconglomerado lenticular, descontínuo; seixos de <i>metachert</i> ; matriz sericita quartzítica, localmente com fuchcita. Presença de pirita. Aspecto milonítico.	<i>Fan Aluvial</i>	Ausente a ~10m
	Quartzitos / Filonitos do Contato	Quartzito, quartzito sacaroidal e ferruginoso +/- micáceo; descontínuos no contato W; equivalentes a filonitos no contato E.	Proximal e Distal	0,5 - 8m
Contato tectonizado com Grupo Quebra Osso na porção W e contato tectônico por falha inversa, de alto ângulo, na porção E.				

No local tipo ocorrem, na parte basal da seqüência, dois leitos conglomeráticos de continuidade variável; ambos ricos em pirita detrítica e de composição praticamente monomítica. Os seixos e grânulos são, com poucas exceções, quartzitos puros de recristalização grossa – *metacherts*. Seixos deste tipo são comuns, tanto nos metaconglomerados Sopa Brumadinho, por exemplo, no Distrito de Florália, nordeste do Quadrilátero Ferrífero, quanto nos conglomerados da parte basal do Grupo Itacolomí, no perfil-tipo do Pico Itacolomí e da Serra de Ouro Branco, respectivamente no sudeste e sul do Quadrilátero Ferrífero.

Esses metaconglomerados apresentam na matriz sericítico-quartzítica, localmente fuchsítica, pirita detrítica abundante, e encaixam um leito descontínuo filítico, xistoso a quartzítico, piritoso, localmente grafitoso, fuchsítico e com finas lentes de formações ferríferas (centimétricas a decimétricas) – da mineralização de ouro. O ouro, isento de paládio e com teores de prata bastante variáveis, ocorre principalmente nos xistos e filitos/filonitos grafitosos, piritosos e quartzosos, localmente fuchsíticos e na parte basal do nível conglomerático superior, caracterizando uma mineralização de tipo *paleoplacer* modificado.

A parte superior da seqüência é constituída por quartzitos finos puros até fracamente micáceos de cor branca. Localmente, ocorrem estratificações cruzadas de pequeno porte (centimétrica), finas camadas filíticas e, ainda, raros leitos ferruginosos pela alteração de piritas.

Luchesi (1991) concluiu que a seqüência quartzito-conglomerática da Serra da Boa Vista apresenta uma evolução de fácies desde fluvial de rios entrelaçados na base, a marinha costeira de baixa energia. A seqüência teria sido depositada no Paleoproterozóico, no intervalo de tempo em que as condições do ambiente deposicional variaram de redutoras, com pirita detrítica, para oxidantes com a deposição de finas camadas de *BIF* de fácies óxido com hematita. No quadro geológico regional Luchesi (1991) interpretou a Seqüência da Serra da Boa Vista – que assim formalmente denominou – no contexto das seqüências paleoproterozóicas principais, dos supergrupos Minas e Espinhaço, como um membro de fácies transicional entre os mesmos, formada em um ambiente deposicional regionalmente limitado. Quanto aos trabalhos anteriores, cabe destacar que Moraes & Barbosa (1939), em seu trabalho pioneiro sobre a Mina Quebra Osso, correlacionaram essa seqüência àquela da Serra do Caraça, adjacente imediatamente a oeste. Nessa mesma área tipo, Simmons (1968) e Dorr (1969) consideraram a seqüência da Serra da Boa Vista como Formação Moeda do Grupo Caraça, Supergrupo Minas.

As continuidades regionais da Seqüência da Serra da Boa Vista, nas quadrículas Catas Altas e Santa Rita Durão, foram mapeadas por Dorr (1969) e Maxwell (1972) ora como Formação Moeda, ora como Grupo Maquiné. Na Quadrícula Antônio Pereira, Barbosa, L. (1969) identificou a continuação da seqüência como Maquiné (incerto). Luchesi (1991), e posteriormente como geólogo da Mineração São Bento, verificou a continuidade litoestratigráfica, estrutural e metalogenética da Seqüência da Serra da Boa Vista na Quadrícula Catas Altas e que no mapeamento regional 1:25.000, deste trabalho, foi confirmada também nas quadrículas Santa Rita Durão e Antônio Pereira.

6.2.5 Metabasitos e anfibolitos

São rochas de protólitos basálticos a andesíticos tholeiíticos continentais, subvulcânicos, que cortam na forma de diques e *sills* todos os conjuntos metassedimentares paleoproterozóicos acima descritos, além das rochas do embasamento arqueano. São muito comuns no Supergrupo Espinhaço, como intrusivas intraformacionais, cortando inclusive a Formação Galho do Miguel. Também cortam o Grupo Itacolomí e a Seqüência da Serra da Boa Vista, entre outras, na área de estudo. No Supergrupo Minas são conhecidos em diferentes minas de ferro da CVRD e MBR, por exemplo, nas minas do Cauê, Timbopeba e do Pico, entre outras. Nos trabalhos de geologia de mina da CVRD foram mapeados como intrusivas e, principalmente quando intemperizados, exigem cuidados especiais na mineração: representam contaminantes dos minérios de ferro e podem causar a instabilidade de taludes.

Geotectonicamente, essas rochas pertencem ao ciclo Minas/Espinhaço, representando seu magmatismo sin-orogênico inicial, básico a intermediário, vulcânico e subvulcânico. Sofreram a orogênese final deste ciclo e foram transformadas, adquirindo paragêneses e foliação, inicialmente em metabasitos e, a partir do grau médio, em anfibolitos típicos de metamorfismo regional dínamo termal progressivo (Guimarães D. 1933; Guimarães M. 1992; Schorscher, 1992).

6.2.6 Geocronologia

Datações geocronológicas da orogênese do Supergrupo Minas foram obtidas desde Herz (1970), principalmente em minerais e rochas policíclicas granito-gnáissicas e anfibolitos do embasamento arqueano, indicando de 2,2-1,8 Ga. Apenas recentemente foram obtidas datações em rochas metassedimentares do Supergrupo Minas, inicialmente por Babinski *et al.* (1991), isócronas Pb-Pb em metacarbonatos com estromatólitos da pedreira Cumbe (perto da vila de Cachoeira do Campo) da

Formação Gandarela, Grupo Cauê, de aproximadamente 2,4Ga. Assim, essas datações confirmaram as evidências geológicas quanto à idade paleoproterozóica incontestável do Supergrupo Minas.

Para as seqüências quartzito-conglomeráticas do Supergrupo Espinhaço, também atribuídas ao Grupo Tamanduá, como Formação Quartzito Cambotas (Dorr, 1969) ou, ainda ao Grupo Caraça do Supergrupo Minas (COMIG/CPRM, 2003) e aquelas do Grupo Itacolomí, os trabalhos mais recentes de datação de zircões detríticos (Machado, N. *et al.*, 1989a,b; Machado, N. *et al.*, 1993; Machado, N. *et al.*, 1996a; Machado, N. *et al.*, 1996b) assumiram um papel muito importante. Documentaram idades e proveniências idênticas para todas essas seqüências. Os zircões detríticos mais antigos apresentaram idades e fontes arqueanas (de até >3 Ga), e os mais recentes, idades paleoproterozóicas (~2,15 Ga), tanto para a Formação Quartzito Cambotas, o Grupo Itacolomí e os supergrupos Espinhaço e Minas. As datações foram efetuadas em rochas do Pico do Itacolomí, Serra do Caraça, Serra das Cambotas, Serra de Ouro Branco e de todos os grupos do Supergrupo Minas no Quadrilátero Ferrífero. Essas datações confirmaram os resultados anteriores de Schorscher (1980c, 1992) que, com base em estudos litoestratigráficos, estruturais e faciológicos, considerou as estruturas de Quartzito Cambotas como continuações do Supergrupo Espinhaço no Quadrilátero Ferrífero (cf. Moore, 1969) e também quanto à correlação dos supergrupos Minas e Espinhaço como equivalentes laterais de fácies coevas, paleoproterozóicas.

Das rochas da Seqüência da Serra da Boa Vista, ainda não foram publicadas datações específicas, e as datações de diques metabásicos de metamorfismo regional progressivo, intrusivos no Supergrupo Minas e nas seqüências quartzito-conglomeráticas em geral (Supergrupo Espinhaço, Grupo Tamanduá, Grupo Itacolomí), ainda são pouco conclusivas, variando no intervalo de >2,1 até ~0,8Ga (Teixeira, 1982; Teixeira *et al.*, 1990).

6.3 Meso- e Neoproterozóico

Até o presente, não são conhecidos da região do Quadrilátero Ferrífero e adjacências, depósitos metassedimentares mesoproterozóicos bem definidos. As interpretações do Supergrupo Espinhaço nesse sentido (Brito Neves *et al.*, 1979; Almeida Abreu & Renger, 2002, entre outros) e/ou até de idades neoproterozóicas (Uhlein, 1982) carecem de confirmações. À luz dos dados geológicos disponíveis são menos prováveis (Schorscher, 1992).

Vestígios metassedimentares neoproterozóicos também faltam na área do Quadrilátero Ferrífero, na zona de transição e do Cinturão Móvel Atlântico, a leste do Cráton do São Francisco. Os mais próximos são os depósitos do Supergrupo São Francisco, grupos Macaúbas e Bambuí, a oeste e noroeste do Quadrilátero Ferrífero e da Serra do Espinhaço meridional (Figuras 1 e 3).

Porém, ocorrem por toda a extensão do corpo principal e nos terrenos adjacentes a leste da Serra do Espinhaço meridional, incluindo a Serra do Cipó e o Quadrilátero Ferrífero, metabasitos coronitizados termometamórficos derivados de tholeiitos continentais em diques e pequenas intrusões, enfileirados em zonas de fraturas regionais reativadas (de direções noroeste, nor-noroeste, norte-sul e leste-oeste). Estes metabasitos apresentam texturas microgábricas ofíticas até subofíticas ígneas bem preservadas e não foram afetados pelos processos metamórficos regionais dínamo-termais progressivos da orogênese do Supergrupo Minas. São isentos de qualquer foliação penetrativa, assim, apresentando paragêneses termometamórficas sem deformações orogênicas associadas. As texturas metamórficas são de coronitização em zonas de reação que se desenvolveram seguindo as bordas de grãos entre plagioclásio, olivina, ortopiroxênio e os minerais opacos titanomagnetita e/ou ilmenita. Trata-se de coronas complexas, formadas de actinolita, clinozoisita-epidoto, granada cálcica incolor a amarelada e biotita. O plagioclásio magmático, nessas reações, adquiriu a típica turbidez (*clouding*) por exsoluções submicroscópicas de coríndon e nos estados mais avançados iniciou-se a recristalização poligonal.

O magmatismo desses metabasitos foi interpretado como da fase generativa, da instalação e início da subsidência da bacia deposicional intracontinental do Supergrupo São Francisco do Ciclo Brasileiro, mesoproterozóico superior a neoproterozóico, nas partes internas estáveis do Cráton do São Francisco meridional, a oeste da Serra do Espinhaço e do Quadrilátero Ferrífero (Figuras 1 e 3). A coronitização termometamórfica dos metabasitos sem deformação orogênica compressiva associada é uma evidência quanto à natureza geotectônica, sem processos colisionais maiores, do evento tectono-termal final do ciclo Brasileiro (Schorscher, 1992).

6.4 Fanerozóico

As rochas fanerozóicas na região do Quadrilátero Ferrífero compreendem basaltos mesozóicos, sedimentos flúvio-lacustres mio-pliocênicos e produtos de intemperismo plio-pleistocênicos (os últimos designados na

literatura regional como terciários e quaternários). São, em geral, raras e de expressão regional restrita, com exceção das crostas e chapadas de canga, relacionadas e importantes no contexto dos minérios de ferro do Grupo Itabira, Supergrupo Minas.

Os basaltos mesozóicos ocorrem preferencialmente em diques de espessuras métricas até decamétricas, associados às mesmas falhas e fraturas regionais reativadas, de direções noroeste, nor-noroeste, norte-sul e leste-oeste, que também controlaram a intrusão dos metabasitos microgábricos coronizados (mesoproterozóicos). São basaltos até andesitos de filiação tholeiítica continental com texturas intersertais até hialopiliticas, relacionados ao magmatismo da Bacia do Paraná e a abertura do Atlântico Sul. As datações existentes se agrupam na faixa de 80 a 90Ma (revisões em: Guimarães M., 1992; Schorscher, 1992).

Sedimentos flúvio-lacustres mio-pliocênicos ocorrem em bacias sedimentares continentais restritas, a exemplo das bacias de Fonseca e Gandarela. A primeira, contém sedimentos areno-argilosos, entre esses, folhelhos papiráceos com rico inventário de fósseis de plantas (Sant'Anna & Schorscher, 1997) e a segunda apresenta inclusive depósitos biogênicos de linhito (Lima & Salard-Chebouldaef, 1981; Pinto & Pares-Regalli, 1991).

Ainda na região leste e sudeste do Quadrilátero Ferrífero encontram-se vastos depósitos de canga, sendo conglomerados ferruginosos de cor marrom escura com seixos, calhaus e blocos subarredondados até angulosos de itabiritos e minérios hematíticos de ferro, quartzito e quartzo em matriz arenosa a argilosa ferruginosa. Dadas as suas formas sedimentares tabulares, extensões e mapeabilidade, Sant'Anna & Schorscher (1997) e Sant'Anna *et al.* (1979) definiram as áreas de maior extensão desses conglomerados como a Formação Chapada de Canga, de idade incerta, terciária a quaternária. Essa formação é representativa de um sistema de leques aluviais associados lateralmente a planícies de rios entrelaçados, sob influência tectônica e condições semi-áridas, tendo como área-fonte as rochas ferríferas e carbonáticas do Grupo Itabira do Supergrupo Minas (cf. Mello *et al.*, 2000). Depósitos de cangas têm importância no contexto desse trabalho como coberturas das formações ferríferas e rochas associadas, dificultando os trabalhos de mapeamento geológico e também, como um potencial subgrupo de minérios de ferro.

6.5 Evolução orogenética policíclica do Quadrilátero Ferrífero

Essa evolução iniciou-se com a formação das mais antigas rochas encontradas nos terrenos TTG arqueanos, há mais de 3,4 Ga. No entanto, dois eventos orogenéticos foram os mais marcantes: a orogênese Rio das Velhas, neoarqueana, e

a orogênese do ciclo Minas-Espinhaço, do Paleoproterozóico Superior. A atuação, nessa região, de uma orogênese mesoproterozóica Uruaçuana, é duvidosa. A mais recente orogênese foi aquela do final do Ciclo Brasileiro, de idade neoproterozóica a eopaleozóica.

6.5.1 Terrenos TTG arqueanos

As rochas dos terrenos TTG, mais antigas da região, apontam, por suas características geológicas e petrográficas, para processos de anatexia regional generalizados, em níveis médios a profundos da crosta arqueana, muito embora, quantitativamente, os mais importantes para a formação da crosta siálica arqueana continuam pouco conhecidos e não podem ser atribuídos a uma orogênese definida. Mundialmente os terrenos de rochas TTG formaram-se num vasto intervalo de tempo que se iniciou há mais de 4,0Ga e terminou no Neoarqueano.

6.5.2 Greenstone belt Rio das Velhas arqueano

Essa orogênese datada de idade neoarqueana encerrou os estágios TTG e *granito-greenstone belt* de evolução crustal arqueana na região leste-sudeste do Cráton do São Francisco por volta de 2,9 a 2,7Ga. Deixou seu registro principal na associação das seqüências supracrustais do *greenstone belt* Rio das Velhas com metagranitóides TTG em domos, e com os metagranitóides Borrachudos em zonas de cisalhamento.

O metamorfismo regional deste evento foi de fácies xisto verde inferior a médio, nas regiões centrais e leste do Quadrilátero Ferrífero como também em grande parte dos terrenos TTG associados que apresentam paragêneses retrometamórficas equivalentes. O gradiente metamórfico nas regiões norte-nordeste foi de tipo Barrowiano – indicado por estilpnomelano – nos *BIF* tipo algoma de fácies silicato, por exemplo, na mina São Bento.

A evolução tectônica produziu estruturas típicas, mundialmente verificadas em terrenos análogos, de domos TTG soerguidos em relação às seqüências supracrustais metavulcano-sedimentares justapostas. Estas, por sua vez, amoldaram-se aos domos TTG, foram comprimidas em quilhas sinclínorias profundas e desenvolveram, em seu interior, dobramentos apertados, freqüentemente isoclinais, com padrões de interferência complexos, resultando em planos axiais irregulares, dobrados e redobrados, predominando caimentos de altos ângulos. Os contatos entre os domos TTG e as seqüências *greenstone belt* são tectônicos, metamorfisados e metassomatizados. As rochas justapostas apresentam-se tectonizadas, como milonitos, ultramilonitos e filonitos, freqüentemente com alterações aloquímicas e

eventualmente termometamórficas locais. Também podem ocorrer intrusões graníticas e de pegmatóides locais tardios, causando metamorfismo de contato restrito nas rochas do *greenstone belt*.

A formação e associação tectônica dos metagranitóides Borrachudos à seqüência do *greenstone belt* Rio das Velhas, por processos associados tectono-metamórficos e metassomáticos tardi-orogênicos, representa o início dos processos de potassificação da crosta siálica arqueana.

6.5.3 Ciclo Minas / Espinhaço paleoproterozóico

Segundo Schorscher (1975, 1988, 1992) o Ciclo Minas/Espinhaço ter-se-ia iniciado no Paleoproterozóico Inferior, com a formação de um sistema de *rift* intracontinental com magmatismo diamantífero (documentado pelos diamantes da Formação Sopa Brumadinho, Supergrupo Espinhaço), na crosta siálica preexistente de terrenos TTG e granito-*greenstone belt*, de evolução crustal arqueana. Seguir-se-ia um período sedimentar principal, de margem passiva, com deposição proximal ao continente, dos sedimentos do Supergrupo Espinhaço (e Grupo Itacolomí), em parte praias eólicos (uma parte da Fm. Galho do Miguel) e em áreas mais distais, do Supergrupo Minas (com apenas fraco magmatismo/vulcanismo básico a ácido) e de depósitos de fácies transicionais como a Seqüência da Serra da Boa Vista. A evolução terminaria pela inversão da margem continental passiva para ativa, indicada pela sedimentação distal vulcano-sedimentar da Formação (ou Grupo) Sabará (unidade superior do Supergrupo Minas), numa orogênese colisional predominantemente ensiálica, de tipo alpino, designada de orogênese do Ciclo Minas/Espinhaço. Esta causou obdução/duplicação crustal, tectônica de *nappes* de cobertura e metamorfismo regional progressivo, de oeste para leste, da fácies xisto verde (nas partes centrais e oeste do Quadrilátero Ferrífero) a anfibolito superior e granulito, na faixa Rio Piracicaba (cf. Herz, 1978), Nova Era, Piçarrão e Santa Maria de Itabira, com continuações para norte, até Sabinópolis e Guanhões e para sul, até Acaiaca e Ponte Nova. O metamorfismo apresentou evolução plurifacial como efeito típico de gradientes P/T variáveis, indicados por paragêneses pré- a sin-tectônicas, de mais alta pressão, e pós-tectônicas, de temperaturas mais elevadas. Os gradientes dessa evolução foram em geral de tipo Barrowiano, porém, nos estágios pré a sin-tectônicos, no seu campo limítrofe de mais elevada pressão, indicado pela associação regional de micas brancas fengíticas com cianita.

A idade de deposição do Supergrupo Minas é tipicamente paleoproterozóica, dada a natureza de seus metassedimentos, que, como no caso dos

metaconglomerados auríferos piritosos e fracamente uraníferos, com seixos de quartzo, da Formação Moeda (*quartz pebble conglomerates*, de tipo *Witwatersrand*) e dos itabiritos da Formação Cauê (formações ferríferas do tipo Lago Superior) são depósitos típicos, constituindo-se em marcos universais de litofácies e cronológicos da evolução terrestre, formados, globalmente, entre aproximadamente 2,7 e 2,4 Ga. Assim, Schorscher (1992) admitiu um intervalo de sedimentação para o Supergrupo Minas de 2,7 até 2,2 Ga, estendido, por correlações litoestratigráficas e tectono-metamórficas, inclusive ao Supergrupo Espinhaço e Grupo Itacolomí.

Os resultados de estudos geocronológicos recentes em rochas do Quadrilátero Ferrífero e da Serra do Espinhaço meridional sustentam essa interpretação (ver item 6.2.6 Geocronologia).

A orogênese do Ciclo Minas/Espinhaço é considerada por muitos autores, entre esses Dorr (1969), Herz (1970) e Schorscher (1975, 1980a; 1992), como o principal evento orogênico da evolução crustal regional no Proterozóico. A idade dessa orogênese foi estimada como paleoproterozóica superior e confirmada pela grande maioria dos estudos geocronológicos indicando o intervalo de 2,1 a 1,8 Ga (Herz, 1970; Teixeira *et al.*, 1990; Machado, N. *et al.*, 1996; Dussin *et al.* 1997; Rettinger 1998, entre outros).

Sobre a evolução estrutural existem opiniões divergentes advogando processos autóctones (por ex.: Dorr, 1969; Alkmim & Marshak, 1998, entre outros) e alóctones (por ex.: Barbosa, L., 1969; Fleischer, 1971; Schorscher, 1975, 1976b, 1980a, 1992, entre outros). O primeiro modelo supõe uma evolução por estruturação regional da área em domos e quilhas. No segundo, as unidades Minas teriam sido arrastadas como sistemas de *nappes* das fácies de leste e sudeste para oeste e noroeste até o seu sítio atual, sobre os depósitos paraúctones do Supergrupo Espinhaço, da Seqüência da Serra da Boa Vista e do Grupo Itacolomí.

Os depósitos paraúctones teriam, por sua vez, sido estruturados por um sistema regional de falhas inversas escalonadas (*en echelon*) de direção geral norte-sul com caimentos de ângulos médios a altos para leste. Aparentemente, ocorreu ainda, principalmente na parte da borda leste-sudeste do Quadrilátero Ferrífero, uma fase tardia da orogênese Minas/Espinhaço, de reativação do sistema de falhas norte-sul escalonadas, atenuando os ângulos dessas para caimentos médios até baixos para leste e empurrando as estruturas quartzíticas paraúctones localmente sobre os *nappes* do Supergrupo Minas.

6.5.4 Ciclo Uruaçuano mesoproterozóico

A existência de uma orogênese uruaçuana, mesoproterozóica, é controvertida e admitida, por apenas poucos autores, para explicar a evolução do Supergrupo Espinhaço a norte do Quadrilátero Ferrífero (p.ex. Almeida Abreu & Pflug, 1994). Na região do Quadrilátero Ferrífero, idades mesoproterozóicas obtidas por Herz (1970) já foram consideradas pelo próprio autor como efeitos de reajustes isotópicos parciais causados pelo Ciclo Brasileiro. Nos trabalhos mais recentes, também não foram encontradas evidências sugestivas da atuação de uma orogênese mesoproterozóica nessa região da borda leste-sudeste do Cráton do São Francisco.

6.5.5 Ciclo Brasileiro neoproterozóico a eopaleozóico

A orogênese Brasileira, neoproterozóica a eopaleozóica como principal e/ou o mais marcante diastrofismo proterozóico é afirmada por autores como Teixeira (1982), Endo (1997) e outros. Estes baseiam seus trabalhos em dados essencialmente estruturais, seqüenciando deformações que correlacionam com dados geocronológicos K-Ar, Ar-Ar e Rb-Sr, provenientes, em sua maioria absoluta, de rochas e minerais de unidades mais antigas, policíclicas.

Santos (1986), Veneziani (1987) e Schorscher (1976a, b, 1980a, 1992) consideram efeitos essencialmente térmicos regionais como expressão mais provável do evento Brasileiro, sobretudo nas porções leste e nordeste do Quadrilátero Ferrífero, onde se registraram as idades K-Ar características desse evento. Processos tectônicos orogênicos compressivos seriam subordinados, de baixa intensidade e restritos às poucas regiões, onde, efetivamente, podem ser observados. Por exemplo, a nordeste de Belo Horizonte, rochas do Supergrupo Espinhaço, da borda oeste da Serra do Cipó, encontram-se empurradas por falhas inversas, de médio-alto ângulo, sobre as rochas do Grupo Bambuí.

6.5.6 Geocronologia

Para a evolução tectono-metamórfica regional policíclica arqueana à neoproterozóica, da borda sudeste do Cráton do São Francisco, são de particular interesse alguns dados recentes de datação e geotermobarometria de paragêneses metamórficas. Rettinger (1998) na região compreendida entre Itabira, Santa Bárbara, Mariana, Piçarrão, Nova Era e Ponte Nova, verificou em granadas de xistos e gnaisses metapelíticos de protólitos arqueanos de fácies anfibolito inferior a granulito, a ocorrência de:

- Inclusões de monazita com idades arqueanas (>2,7 – 3,1 Ga), nos núcleos das granadas formados nos estágios fracos de metamorfismo incipiente, indicativas da história termal anterior das monazitas e seus protólitos no Arqueano;

- Inclusões de monazita de idade paleoproterozóica superior, de 1,8-2,2 Ga, nas zonas de borda de granada formada sob condições do pico termal do principal metamorfismo regional; e
- monazita livre na textura de fundo das mesmas rochas, com idades variáveis mesoproterozóicas a neoproterozóicas, de 1,4-0,5 Ga, representando monazita reequilibradas parcial à totalmente, dependendo da intensidade local dos eventos metamórficos posteriores uruaquano e brasileiro, ou apenas brasileiro.

Estes resultados indicariam, claramente, a orogênese final do ciclo Minas/Espinhaço, paleoproterozóica, como causador do principal evento tectono-metamórfico regional, que imprimiu e conservou sua idade por reequilibração da monazita, incluída durante o crescimento da granada em suas zonas, formadas durante o pico termal do metamorfismo regional. Este evento segue-se a uma história metamórfica anterior, seja da constituição dos terrenos TTG e graníticos arqueanos (como mais prováveis formadores e fornecedores da monazita detrítica), seja de reequilibração, já como monazita detrítica, nos protólitos metassedimentares dos gnaisses metapelíticos, durante a orogênese Rio das Velhas, retratada pelas idades da monazita incluída nos núcleos das granadas de baixo grau metamórfico. E, por fim, seguiram-se ao metamorfismo principal, um ou dois evento(s) metamórfico(s), em geral mais fracos, entretanto variáveis, causando as reequilibrações observadas nas monazitas livres na textura da rocha no ciclo brasileiro e/ou, eventualmente, já no ciclo uruaquano.

7 GEOLOGIA DA ÁREA DE MAPEAMENTO DE SEMI-DETALHE (1:25.000)

As formações Cauê, Gandarela e Cercadinho, aqui descritas, foram estudadas em maior detalhe por Battestin (2006).

7.1 Fisiografia

Os principais aquíferos da área são os rios: Gualaxo do Norte e do Carmo, sendo o primeiro responsável pela drenagem da parte norte e central da área e o segundo pela parte sul e sudeste.

O relevo da região é dominado por serras de cristas alongadas de direção norte-sul, assimétricas, com caimento sempre mais suaves para leste e íngremes para oeste, dado pela disposição e estrutura dos metassedimentos paleoproterozóicos dos Supergrupos Minas, Espinhaço, Série/Grupo Itacolomí e Seqüência da Serra da Boa Vista. De oeste para leste, nota-se ainda um decréscimo inicialmente forte (ex.: Morro do Frazão) e depois suave dos ângulos de caimento para leste das unidades metassedimentares paleoproterozóicas.

As altitudes variam de 600 m nas partes mais baixas do leito do Rio Gualaxo do Norte a 1382 m no ponto mais alto da Serra da Andorinha.

7.2 Estratigrafia da quadrícula 1:25.000 de Antônio Pereira

As unidades geológicas encontradas e discriminadas no mapeamento geológico 1:25.000 da quadrícula de Antônio Pereira por Barbosa (1969) com base na coluna estratigráfica de Dorr (1969) são abaixo listadas, do topo para a base (seguindo a legenda do mapa):

Depósitos Superficiais do Terciário(?) e Quaternário:

- Aluvião
- Laterita, bauxita e detrito ferruginoso não cimentado
- Canga

Rochas Metamorfisadas do Pré-Cambriano:

Série Itacolomí

- Série Itacolomí indivisa: quartzito com lentes de conglomerado e filito
 - Fácies Santo Antônio: quartzitos, filitos e algum conglomerado

Discordância

Série Minas

- Formação Sabará: rochas metavulcânicas, xisto verde, clorita-xisto, filito e quartzito, com lentes de conglomerado. Membro quartzito

Discordância

- Grupo Piracicaba
 - Formação Barreiro: grafita xisto, micaxisto e filito
 - Formação Fêcho do Funil: filito, filito dolomítico, dolomito; pequena quantidade de quartzito e formação ferrífera
 - Formação Cercadinho: quartzito ferruginoso, filito prateado, sericita xisto. Membro filito; membro quartzito
- Grupo Itabira
 - Formação Gandarela: dolomito, calcário magnesiano, itabirito dolomítico, filito e quartzito
 - Formação Cauê: Itabirito Cauê
 - Grupo Itabira indiviso: itabirito, itabirito filítico e dolomítico, minério de ferro de alto teor
- Grupo Caraça
 - Formação Batatal: xisto e filito
 - Formação Moeda: quartzito e filito
 - Grupo Caraça indiviso: quartzito, filito, algum conglomerado

Discordância

Série Rio das Velhas

- Grupo Maquiné
- Grupo Maquiné indiviso (indicado no mapa com interrogação onde duvidoso): quartzito, conglomerado, filito quartzoso, e filito
- Grupo Nova Lima indiviso: xisto, filito, rochas metavulcânicas, pequena quantidade de quartzito, dolomito, formação ferrífera. Membro quartzito, associado aos filitos, possivelmente do mesmo grupo; membro xisto

Rochas Ígneas e Graníticas

- Granito gnáissico
- Metabasito, anfibolito, esteatito e talco-xisto

Nesse contexto cabe ainda lembrar que de acordo com a ordenação estratigráfica de Dorr (1969) e o trabalho de datação de Herz (1970), as Séries Minas e Itacolomí foram atribuídas ao Paleoproterozóico e a Série Rio das Velhas ao Arqueano. As rochas graníticas foram consideradas em sua totalidade como intrusivas, por Dorr (1969) como as rochas précambrianas mais jovens da região e intrusivas na Série Minas (e na Série Itacolomí) e por Herz (1970), divididas em grupos de idades diferentes, arqueanas, paleoproterozóicas e neoproterozóicas.

No presente estudo de Trabalho de Formatura, algumas das unidades acima listadas, discriminadas por Barbosa A. (1969) em seu mapeamento pioneiro da quadrícula de Antônio Pereira 1:25.000 foram verificadas e confirmadas, mas outras foram reajustadas para outras formações, grupos ou até supergrupos diferentes conforme Rossi *et al.* (2006) e será explicado a seguir.

7.3 Arqueano

7.3.1 Gnaisses e migmatitos lato sensu graníticos (TTG)

Ocorrem principalmente nas partes leste e central da área em afloramentos de grande extensão (Prancha 1; Foto 1); na parte oeste não foram encontrados. Essas rochas geram relevo de morros arredondados alongados na direção noroeste-sudeste com baixas altitudes. Foram observados como litologias predominantes gnaisses graníticos e migmatitos estromáticos a nebulíticos, por vezes com dobras ptigmáticas, cortados, subordinadamente, por diversas fases de intrusões graníticas até pegmatóides em diques e bolsões irregulares leucocráticos a hololeucocráticos.

Essas rochas estão em contato principalmente com o Grupo Nova Lima, por falhas inversas de médio a alto ângulo. A natureza desses contatos gera zonas miloníticas que dificultam, ou até impedem a observação de qualquer estrutura pretérita nos gnaisses bem como facilitam o intemperismo.

Essas rochas são virtualmente estéreis do ponto de vista econômico, mas poderiam ser exploradas para brita ou para rocha ornamental.

7.3.2 Grupo Nova Lima

Está presente em quase toda a área com predomínio na parte leste (principalmente) e centro-leste. Não se destaca no relevo, exceto quando ocorrem formações ferríferas (*BIF* tipo Algoma) que sustentam algumas cristas de morros.

Prancha fotográfica 1

Foto 1: Gnaiss granítico migmatítico com
dobras pítgmáticas.

(Afloramento GX-592)

Foto 2: Clorita-muscovita-quartzo xisto com
porfiroblastos de estauroлита e granada.

Grupo Nova Lima.

(Afloramento GX-647)

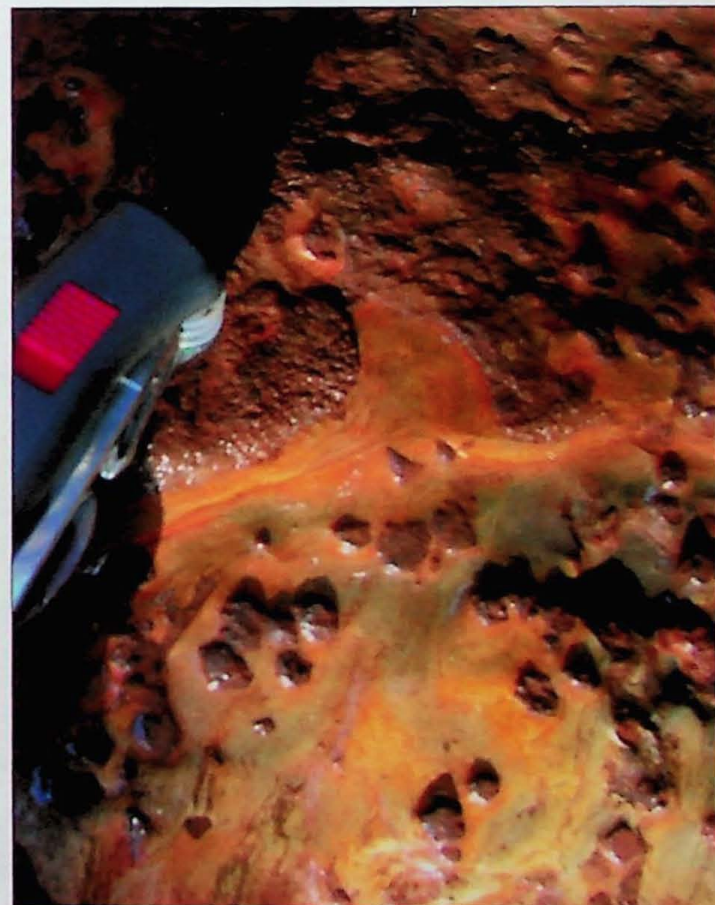
Foto 3: Superfície de clorita-muscovita-
quartzo xisto com porfiroblastos de
estauroлита e granada.

Grupo Nova Lima.

(Afloramento GX-647)

Foto 4: Gnaisses máficos intemperizados.
Grupo Nova Lima.

(Afloramento GX-573)



As litologias principais são:

- Sericita/muscovita-clorita-quartzo xistos com ou sem porfiroblastos de magnetita, granada e estauroлита (Prancha 1; Fotos 2 e 3), contendo lentes milimétricas de *metachert* paralelas à foliação e veios de quartzo com alguns centímetros de espessura sub-concordantes à foliação principal;
- BIF tipo Algoma, de fácies óxido com magnetita, carbonato e, mais raramente, sulfeto, formando leitos com espessuras variando de alguns metros a dezenas de metros;
- Rochas metaultramáficas, principalmente talco xistos com porfiroblastos de carbonato (magnesita?) e talco-clorita xistos em lentes descontínuas de até dezenas de metros de espessura, e
- anfibolitos e plagioclásio-anfibólio xistos finos a médios em leitos de alguns metros de espessura.

Na parte basal do Grupo Nova Lima (inferida pela proximidade de gnaisses graníticos) são comuns intercalações de rochas metaultramáficas como talco xistos e esteatitos formando leitos de continuidade lateral variável, possivelmente representando derrames komatiíticos do Grupo Quebra Osso. Neste trabalho, entretanto, o Grupo Quebra Osso não pôde ser individualizado com segurança e não será tratado separadamente com maior detalhe, pois não foram encontradas ocorrências significativas dessas rochas em posição estratigráfica e estrutural certificada.

Na parte superior do Grupo Nova Lima, ocorrem intercalações métricas a sub-métricas de sericita-clorita-quartzo xistos até sericita-quartzo xistos com aumento na quantidade de quartzo (e diminuição da clorita) até a passagem para os quartzitos do Grupo Maquiné.

No extremo leste da área as rochas do Grupo Nova Lima adquirem estrutura gnáissica bem definida, passando a gnaisses metapelíticos e metamáficos (anfibolíticos) e são também associados a rochas metaultramáficas e anfibolitos. Em alguns locais ocorrem ainda bolsões pegmatóides de anatexia incipiente com pouco quartzo, predominando feldspatos caolinizados. Os gnaisses metapelíticos e metamáficos (anfibolíticos) em geral apresentam bandamento composicional em lentes centimétricas até métricas de cores de intemperismo marrom avermelhadas que sugerem alteração de lentes mais ricas em biotita e/ou clorita, alternando com lentes

ocre e marrom amarelados de anfíbolitos e róseo esbranquiçado quartzo-caolínicos de gnaisses graníticos (Prancha 1; Foto 4).

7.3.3 Grupo Maquine

Tem ocorrência restrita a uma estreita faixa no sudoeste da área, e ainda necessita de confirmações com estudos microscópicos petrográficos.

Trata-se de quartzitos a sericita/muscovita-quartzo xistos com intercalações de clorita-sericita-quartzo xistos, porções microconglomeráticas de matriz sericítica com grãos de quartzo de veio, arredondados e esféricos, e sulfetos dispersos e em lentes submilimétricas. Em geral possuem cor cinza-claro esverdeado.

O contato basal com o Grupo Nova Lima é gradacional e foi traçado onde começam a predominar sericita-quartzo xistos sobre sericita-clorita xistos.

7.4 **Paleoproterozóico**

7.4.1 Supergrupo Minas

Formação Moeda: tem ocorrência principal restrita no alto da Serra da Andorinha, sudoeste da área e de menor expressão em pequenos afloramentos descontínuos e isolados na parte sudeste da área, a leste e sudeste da Minas D'el Rey. A Formação Moeda constitui-se na unidade basal do alóctone regional do Supergrupo Minas de tipo *nappe* de coberturas, em contato direto com as rochas do embasamento arqueano, no caso, dos grupos Maquiné e Nova Lima. Seu contato superior metassedimentar tectonizado em geral é com a Formação Cauê, faltando, ou sendo mal expostas as rochas da Formação Batatal.

Aflora formando estruturas em cúspide no alto das serras e em suas encostas como lajeados de grande extensão ao longo dos planos do acamamento que, em geral, são seguidos pela foliação regional principal (S_n).

As rochas principais são quartzitos a milonito quartzitos finos a médios, fracamente micáceos nos planos do acamamento, em geral paralelos à foliação milonítica, de espaçamento centimétrico, com sulfetos finos disseminados predominando pirita, provavelmente detríticos. Subordinadamente ocorrem muscovita-quartzo xistos e filitos/filonitos como intercalações delgadas, milimétricas até centimétricas. Os quartzitos, quando frescos são branco esverdeados, mas normalmente apresentam frentes redox de intemperismo que dão a essas rochas cores características e aspecto manchado com porções de preservação primária branco esverdeadas e vermelhas pigmentadas de hematita da oxidação da pirita

Prancha fotográfica 2

Foto 1: Lavra artesanal de quartzitos micáceos com sulfetos. Formação Moeda.

(Afloramento GX-755)

Foto 2: Lote de topázio imperial lavrado em saprólitos de carbonatos manganíferos por garimpeiros em Antônio Pereira. Formação Gandarela.

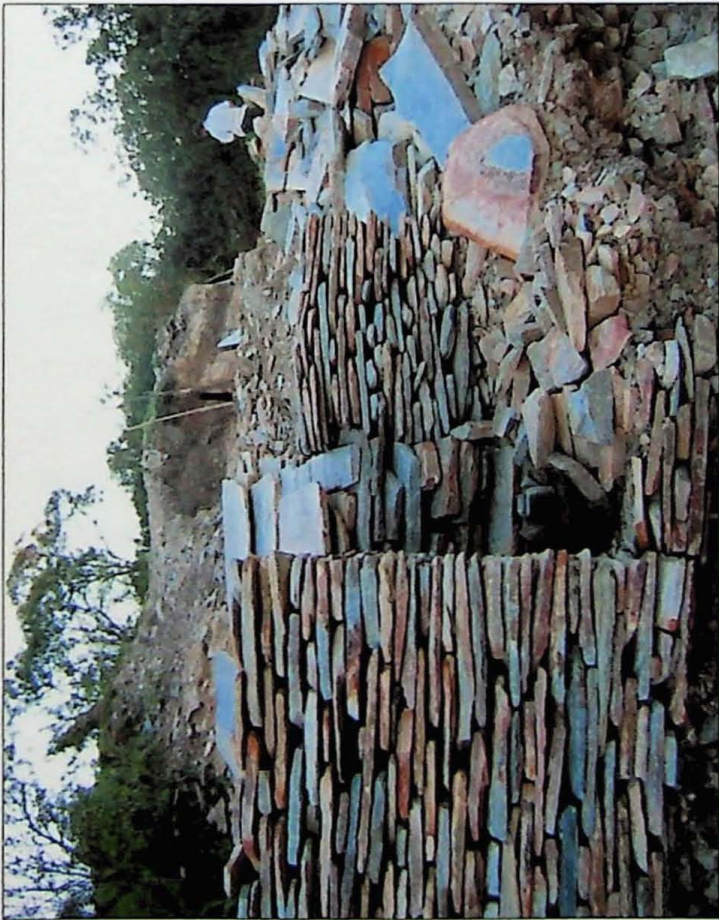
(Afloramento GX-359)

Foto 3: Brecha sedimentar com clastos angulosos de formação ferrífera hematítica, metachert e carbonato em matriz carbonática hematítica. Formação Gandarela.

(Afloramento GX-458)

Foto 4: Metaconglomerado polimítico de grânulos a blocos com matriz areno-micácea. Grupo Sabará.

(Afloramento GX-666)



disseminada (Prancha 2; Foto 1). Não foram encontrados metaconglomerados de tipo *quartz pebble conglomerates* auríferos, nem indícios de atividade garimpeira que são típicas dessa formação em outras partes do Quadrilátero Ferrífero (p.ex.: na parte sudoeste do sinclinal Gandarela e no sinclinal da Serra da Moeda). Na área estudada os quartzitos Moeda são explorados localmente como rocha ornamental para calçamento e revestimento (Prancha 2; Foto 1).

Formação Batatal: formada por sericita e/ou muscovita xistos e filitos a filonitos pobres em quartzo, freqüentemente grafitosos e piritosos, por vezes, carbonáticos e eventualmente com bancos de rochas carbonáticas pouco espessos (p.ex. em subsolo, na mina de ouro de Passagem de Mariana), apresenta-se na área de estudos sempre pobre em afloramentos, descontínua, atingindo, no máximo, poucos metros de espessura. Por esses motivos, essa formação não pode ser representada no mapa geológico (Anexo 2).

O modo de ocorrência da Formação Batatal na área foi condicionado, mais provavelmente, por uma combinação de: não-deposição ou de erosão subsequente à deposição (sendo conhecidos horizontes de retrabalhamento intraformacional em outras áreas); da redução ou exclusão da seqüência durante o nappismo (devido a plasticidade das rochas); ou ainda dada a baixa resistência ao intemperismo químico e físico.

Formação Cauê: ocorre em duas faixas principais, uma no sudoeste da área e outra na parte central com direção geral norte-sul, largura irregular, estreitando e descontínua para norte. É constituída de itabiritos, itabiritos dolomíticos e mais raramente de itabiritos anfíbolíticos, todos, em geral, fortemente intemperizados, e contém também, ainda que subordinadamente, porções hematíticas friáveis (moles) ou compactas (duras) de minérios ricos de ferro, assim como leitos/pacotes centimétricos a decimétricos de quartzito sacaroidal ferruginoso ou branco puro de provável origem química (*metacherts*). Os itabiritos são formações ferríferas bandadas – tipo Lago Superior – de fácies óxido, metamórficas, em geral com teores intermediários de ferro, constituídas, em proporções variáveis de hematita, magnetita, quartzo e dolomita, como minerais principais. Nos itabiritos anfíbolíticos, encontrados somente intemperizados, ocorrem ainda pseudomorfos argilo-limoníticos de anfíbólios fibro-radiados.

A Formação Cauê tem contato inferior predominantemente brusco com a Formação Moeda e localmente – onde preservados – gradacional, em pequeno intervalo, com filitos/filonitos da Formação Batatal. O contato superior é também

gradacional normalmente com carbonatos dolomíticos e rodocrosíticos (manganesíferos) da Formação Gandarela, ou seus produtos de intemperismo. Entretanto, na parte central da área, onde a Formação Gandarela apresenta-se pouco desenvolvida ou ausente, o contato superior é também gradacional, porém diretamente com a Formação Cercadinho.

Sob aspectos estruturais e estratigráficos a estrutura ferrífera Cauê do oeste-sudoeste da área apresenta-se em posição normal e aquela da parte central da área em posição invertida. Nesse caso, os critérios de topo e base tomados como referência foram: o empilhamento estratigráfico regional normal das unidades, empobrecimento para o topo no teor de ferro assim como a ocorrência no topo da Formação Cauê de bancos de *metachert* e de itabiritos dolomíticos e manganesíferos.

Formação Gandarela: ocorre principalmente no oeste da área, com grandes espessuras; na região central é restrita a poucas lentes mapeáveis de, no máximo poucas dezenas de metros de espessura ou mesmo ausente. É formada por rochas carbonáticas metamórficas e mármore rodocrosíticos (manganesíferos), dolomíticos e calcíticos, com lentes e bancos centimétricos até decimétricos hematíticos, magnetíticos e mistos hematita-magnetíticos (em matriz carbonática), bancos de itabiritos quartzo-hematíticos com teores variáveis de magnetita, bancos de *metachert* brancos puros e, na parte superior, bancos calciossilicáticos. Leitões de retrabalhamento com brechas *sin-sedimentares* carbonáticas e/ou itabiríticas (Prancha 2; Foto 3) são bastante comuns.

A Formação Gandarela tem contato basal transicional com a Formação Cauê e superior, também gradacional, de carbonatos róseos rodocrosíticos para carbonatos brancos com bancos de metamargas / rochas calciossilicáticas e quartzitos carbonáticos e, por fim, para filitos e quartzitos já da Formação Cercadinho.

A Formação Gandarela pode estar ausente local, ou mesmo, regionalmente por motivos sedimentares de não-deposição ou de erosão subsequente, tectônicos ou de intemperismo. Neste último caso gera depósitos de argilas residuais frequentemente manganesíferas, de concentrações variáveis de Mn, por vezes econômicas. Também ocorrem garimpos de topázio imperial em saprólitos manganesíferos com veios de quartzo (Prancha 2; Foto 2).

Formação Cercadinho: ocorre na parte oeste da área, com exposições de grande extensão e na região central e sudeste em faixas relativamente estreitas. As rochas mais comuns são filitos sericíticos prateados e quartzitos hematíticos cinzas.

Os filitos prateados têm cor cinza clara e são compostos de sericita, quartzo fino subordinado, hematita fina disseminada e grafita em traços. Comumente apresentam ainda cianita porfiroblástica, geralmente pós-cinemática, em rosetas. Com o aumento dos teores de grafita e diminuição de quartzo gradam para filitos grafitosos com tons de cinza mais escuros. Esses filitos ocorrem em camadas centimétricas a decimétricas formando pacotes de até 50 metros de espessura.

Os quartzitos hematíticos formam bancos de até 1 metro de espessura, são finos a médios, homogêneos ou com teores variáveis de hematita, crescentes ou decrescentes nos bancos. Esses quartzitos apresentam ainda, com maior frequência na parte inferior da formação, camadas e leitos de retrabalhamentos intraformacionais com seixos intemperizados substituídos por concentrações porosas e friáveis de óxidos de manganês. Brechas sedimentares com clastos angulosos de quartzitos hematíticos em matriz quartzo-sericítica também ocorrem.

Quartzitos manganésíferos, marrom claro a marrom escuro (cor "borra de café") representam uma variedade mais rara em relação aos quartzitos hematíticos e ocorrem em bancos de até 30 centímetros de espessura. Quartzitos sericíticos brancos com cianita eventualmente substituída por pirofilita são metassedimentos transicionais entre os quartzitos finos puros e os filitos.

A Formação Cercadinho tem contato basal gradacional com o Grupo Itabira podendo este ser com a Formação Gandarela ou diretamente com a Formação Cauê. O contato superior observado apenas na região centro-norte da área, é também gradacional nesse caso com metaconglomerados da Formação, respectivamente, Grupo Sabará.

De um modo geral observaram-se assembléias minerais de quartzo, hematita, sericita e cianita localmente pseudomorfizada para pirofilita em filitos e quartzitos, sugerindo fácies xisto verde médio, com retrometamorfismo para xisto verde baixo.

Formações Fêcho do Funil e Barreiro: as unidades litotípicas predominantemente filíticas e xistosas variavelmente grafitosas, e subordinadamente, quartzíticas finas e hematíticas, mapeadas e atribuídas a essas duas formações por Barbosa A. (1969) em função de sua suposta associação com xistos da Formação Sabará, nesse mapeamento não foram confirmadas. As rochas em questão são aqui atribuídas, respectivamente, a Formação Cercadinho (filitos prateados e quartzitos hematíticos) e ao Grupo Nova Lima (filitos e xistos grafitosos).

Formação (Grupo) Sabará: foi mapeada por Barbosa A. (1969), no sentido de Dorr (1957, 1969) como a unidade litoestratigráfica do topo da Série Minas, de

hierarquia de formação, que representaria os depósitos sedimentares, vulcânicos e vulcano-sedimentares sinorogênicos de tipo *flysch* do colapso orogênico paleoproterozóico superior dessa série, numa faixa principal de largura variável de 1-3 km e de extensão norte-sul continua por toda a área, da parte centro-oeste na divisa norte, até a parte centro-leste na divisa sul. A composição litológica dessa formação, ainda segundo Barbosa A. (1968) e Barbosa A. (1969, cf. legenda do mapa), compreenderia uma associação indivisa de rochas metavulcânicas, xistos verdes, clorita xistos, filitos e quartzitos com lentes de conglomerado, sem discriminação das litologias individuais no mapa, e uma faixa quartzítica maior, essa sim, individualizada no mapa como “membro quartzito”.

No mapeamento desse trabalho foi constatada uma separação regional e local tectônica por cavalgamentos da associação das rochas metavulcânicas e de xistos máficos incluindo o membro quartzito, da associação metassedimentar de filitos, quartzitos e metaconglomerados sobreposta, que, portanto, foram separadamente mapeadas.

Na associação das rochas metavulcânicas e de xistos máficos incluindo o membro quartzito, foram adicionalmente reconhecidos e mapeados vários leitos e horizontes de *BIF* de tipo Algoma, *metachert* ferruginoso e de rochas metaultramáficas como tremolita-clorita-talco xistos com ou sem porfiroblastos de carbonato (magnesita?), esteatitos e clorititos, todos com espessuras métricas a decamétricas e de extensão lateral de centenas de metros até poucos quilômetros. Os *BIF* são de fácies óxido com magnetita e silicato – sendo esses mais bem preservados, e os das fácies carbonato e eventualmente sulfeto, ou mista carbonato-sulfeto sempre fortemente intemperizados e de mais difícil identificação em campo. Foram observados alguns garimpos de ouro em exposições de *BIF*.

Essa associação de tipo seqüência metavulcano-sedimentar máfica-ultramáfica foi, em função de suas propriedades de litofácies e por suas características estruturais distintas do Supergrupo Minas e principalmente da Formação Cercadinho, consideradas compatíveis com o Grupo Nova Lima, separada da Formação Sabará de Barbosa, A. (1969) e considerada como parte do Grupo Nova Lima do Supergrupo e *greenstone belt* arqueano Rio das Velhas (Anexo 2).

A associação metassedimentar de metaconglomerados com matriz filítica e intercalações de filitos, quartzito filitos, sericita/muscovita-quartzito xistos, quartzitos micáceos e quartzitos puros foi encontrada e delimitada em uma faixa estreita de direção norte-sul de aproximadamente 600 por 100 metros, afinando tanto para sul

quanto para norte até o desaparecimento. Localizada no centro-norte da área, no extremo nordeste da faixa principal da Formação Sabará mapeada por Barbosa, A. (1969) (Anexo 2) e essa associação sustenta uma pequena escarpa no relevo local que ressalta sobre a associação de rochas metavulcânicas e de xistos máficos a oeste.

O contato com a Formação Cercadinho, a leste, é metassedimentar gradacional e tectônizado, disposto em inversão estratigráfica e estrutural; já com a associação de rochas metavulcânicas e de xistos máficos, a oeste, é por falha inversa de ângulo baixo a médio.

O contato da unidade metassedimentar da Formação Sabará com a Formação Cercadinho representa geneticamente uma discordância angular e erosiva, desenvolvida no curso da sedimentação do Supergrupo Minas, no final ou após o término da sedimentação Cercadinho. As matrizes dos metaconglomerados da Formação Sabará variam de filíticas cinza-prateadas a xistosas muscovíticas e levemente cloríticas, verde-claras, tendo ainda porções variavelmente quartzosas até mica quartzíticas de granulação média a microconglomeráticas com grânulos, representando uma evolução petrográfica contínua a partir dos filitos e quartzitos principais da Formação Cercadinho. Os filitos, xistos e quartzitos intercalados nos metaconglomerados, também, são praticamente idênticos com litologias análogas da Formação Cercadinho.

Quanto aos clastos desses metaconglomerados polimíticos há de se ressaltar que variam de grânulos até blocos e compreendem litologias características do Supergrupo Minas como filitos prateados e sericita quartzitos Cercadinho, itabiritos e rochas carbonáticas do Grupo Itabira, além de quartzo de veio, *metachert*, jaspilito, *BIF* tipo Algoma, quartzitos (Formação Moeda?), fuchcita quartzitos piritosos da Seqüência da Serra da Boa Vista, xistos máficos Nova Lima e gnaisses graníticos e metagranitóides do embasamento arqueano. A composição dos clastos claramente revela que a discordância que separa a Formação Cercadinho da unidade metassedimentar da Formação Sabará foi de extensão regional e, pelo menos localmente de alcance profundo, atingindo o embasamento arqueano. A natureza sedimentar gradacional desse contato na região estudada é devida ao retrabalhamento erosivo preferencial da Formação Cercadinho e a redeposição desses produtos de erosão finos e grossos, nos metaconglomerados polimíticos e, em geral, como protólitos sedimentares da associação dos metassedimentos Sabará.

Os metaconglomerados (Prancha 2; Foto 4) variam de matriz a clasto suportados e apresentam porções com estratificação gradacional com granocrescência ascendente, reforçando a posição invertida dessa unidade. Por fim deve ainda ser mencionada a intensa deformação tectônica indicada pelo estiramento forte, porém variável dos clastos dependendo dos tipos litológicos individuais.

Geneticamente os metaconglomerados em conjunto com os demais metassedimentos associados são aqui preliminarmente interpretados como depósitos sin-orogênicos do Supergrupo Minas originados por fluxo de detritos em canais de correntes de turbidez.

Apenas essa associação metassedimentar de metaconglomerados, metarenitos, quartzitos, micaxistos e filitos da Formação Sabará de Barbosa, A. (1969) foi aqui mantida e considerada como Grupo Sabará e como a unidade litoestratigráfica superior do Supergrupo Minas, separada do Grupo Piracicaba subjacente por uma discordância angular regional e erosiva localmente profunda, desenvolvida durante a orogênese desse supergrupo. Assim, no mapa geológico (Anexo 2), a área de ocorrência das rochas Sabará foi reduzida drasticamente, uma vez que a maior parte das litologias metaígneas e metavulcano-sedimentares antes também atribuídas a essa formação (sericita-clorita xistos com ou sem porfiroblastos de granada, lentes milimétricas de *metachert* paralelas a foliação, veios de quartzo com alguns centímetros de espessura sub-concordantes com a foliação, leitos de *BIF* tipo algoma e leitos de talco xisto com porfiroblastos de carbonato, xistos máficos etc.) foram excluídas do Grupo Sabará, como aqui considerado, e incluídas no Grupo Nova Lima.

Os metaconglomerados do Grupo Sabará foram explorados durante muito tempo como cantaria, haja vista a grande quantidade de colunas, batentes e placas de calçamento presentes em construções antigas da cidade de Mariana, porém ainda não foi encontrada na região nenhuma lavra destas rochas, nem construções modernas que utilizassem esse material.

7.4.2 Série (Grupo) Itacolomí ou Supergrupo Espinhaço (Formação Sopa Brumadinho)

Litologias predominantemente quartzito-metaconglomeráticas da Série Itacolomí, e filito-metaconglomeráticas da Fácies Santo Antônio já foram mapeadas na região de estudos por Barbosa A. (1969), em duas faixas estreitas com extensão de vários quilômetros na direção norte-sul e mais outros dois corpos maiores, um desses formando o Morro do Frazão, uma das elevações de maior altitude da área; todos localizados no quadrante noroeste da quadricula de Antônio Pereira 1:25.000. Essas

rochas já foram correlacionadas com as unidades equivalentes da Serra do Espinhaço a norte do Quadrilátero Ferrífero e consideradas de idade mesoproterozóica (Costa & Romano, 1976; Almeida Abreu & Renger, 2002). Mais recentemente, com base em datações de zircões detríticos na área do local-tipo do Pico Itacolomí por Machado N. *et al.* (1996a, b) foram elevados, em estudos de integração regional, a hierarquia de Grupo e incluídas como unidade da parte basal do Supergrupo Minas paleoproterozóico (COMIG/CPRM, 2003). Dadas as relações litoestratigráficas e estruturais regionais assim como as idades de zircões detríticos, essas rochas serão aqui tratadas como Supergrupo Espinhaço paleoproterozóicas e coeval como equivalentes laterais de fácies do Supergrupo Minas.

Essas rochas foram encontradas em dois corpos principais: No extremo noroeste da área, no maciço do Morro do Frazão e em uma faixa norte sul na parte central da área e suas litologias principais, em ambas ocorrências são:

- Sericita/muscovita-quartzo filitos, xistos e quartzitos com teores variáveis, freqüentemente elevados, de cianita parcialmente substituída por pirofilita, por vezes com estruturas sedimentares rítmicas em bancos centimétricos a decimétricos (Prancha 3, Fotos 1, 2, 5);
- Quartzitos variavelmente micáceos e feldspáticos médios a grossos, por vezes microconglomeráticos;
- Metaconglomerados intraformacionais monomíticos de grânulos e seixos de *metachert*;
- Metaconglomerados e metabrechas intraformacionais polimíticos com grânulos e seixos, respectivamente, fragmentos angulosos de itabiritos, *metachert*, quartzitos, jaspilitos e filitos/xistos em matriz de quartzitos hematíticos (Prancha 3; Fotos 3, 4). Essas rochas são consideradas como representativas da Formação Sopa Brumadinho do Supergrupo Espinhaço.

Os metassedimentos da faixa do centro da área, constituídos por quartzitos arcoseanos micáceos apresentam estaurolita porfiroblástica (Prancha 3; Foto 1) nas camadas metapelíticas.

7.4.3 Seqüência da Serra da Boa Vista

As unidades quartzíticas da parte leste da área de estudos, anteriormente mapeadas por Barbosa, A. (1969) como "Grupo Maquiné indiviso duvidoso", formando faixas sub-paralelas de direção norte-sul e noroeste-sudeste foram, nesse

Prancha fotográfica 3

Foto 1: Quartzito micáceo com estaurolita porfiroblástica. Formação Sopa Brumadinho.

(Afloramento GX-874)

Foto 2: Sericita-cianita filito (Cianitito). Formação Sopa Brumadinho.

(Afloramento GX-706)

Foto 3: Metaconglomerado com seixos arredondados a angulosos de formação ferrífera hematítica e metachert, alguns preservam bandamento composicional original. Formação Sopa Brumadinho.

(Afloramento GX-709)

Foto 4: Metabrecha sedimentar com galhas de formação ferrífera hematítica. Formação Sopa Brumadinho.

(Afloramento GX-709)

Foto 5: Intercalações rítmicas de quartzito fino a metapelito. Formação Sopa Brumadinho.

(Afloramento GX-708)

Foto 6: Estratificação cruzada acanalada com sets decimétricos. Seqüência da Serra da Boa Vista. Em contato com dique de rocha metabásica.

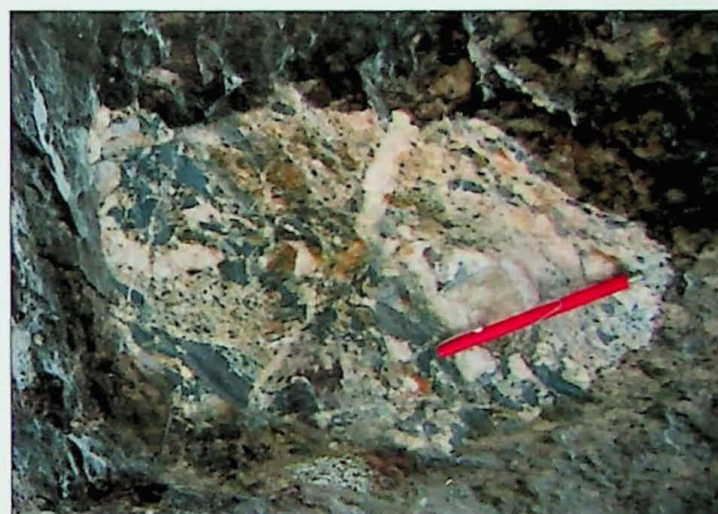
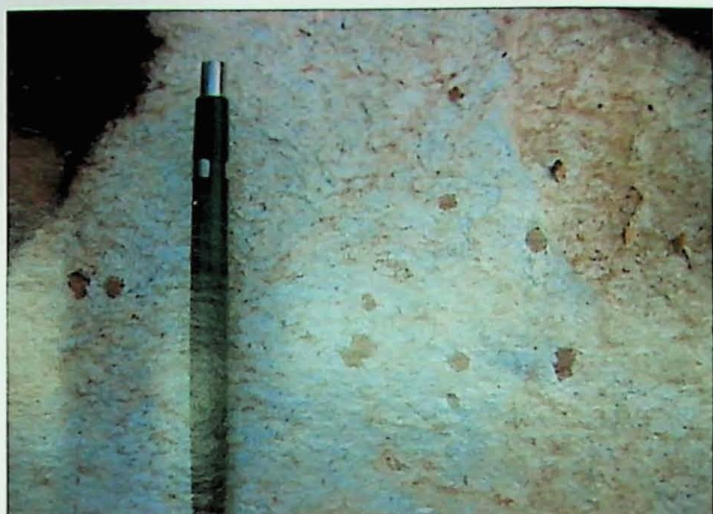
(Afloramento GX-118)

Foto 7: Metaconglomerado com grânulos e seixos de *metachert*, em matriz quartzo-muscovítica verde clara. Cor dada pela fuchcita e Fe-muscovita. Seqüência da Serra da Boa Vista.

(Afloramento GX-642)

Foto 8: Metaconglomerado com seixos de formação ferrífera hematítica e metachert. Seqüência da Serra da Boa Vista.

(Afloramento GX-287)



mapeamento, reconsideradas em função de suas propriedades litoestratigráficas, metalogenéticas e estruturais específicas como da Seqüência da Serra da Boa Vista, proposta por Luchesi (1991) para as rochas análogas da Serra homônima da região da borda leste do Quadrilátero Ferrífero, do vale do Córrego Quebra Osso. Trata-se de seqüências de muscovita quartzitos, por vezes com estratificações cruzadas de pequeno porte (Prancha 3; Foto 6), fuchcita quartzitos piritosos, metaconglomerados oligomíticos com grânulos e seixos de *metachert* (Prancha 3; Foto 7) e polimíticos com seixos de itabiritos e *metachert* principalmente (Prancha 3; Foto 8), ambos piritosos.

As características mineralógicas e metalogenéticas dessa unidade são, respectivamente, a muscovita esverdeada, por vezes associada com fuchcita e a abundância de garimpos de ouro, que a destacam de todas as demais seqüências quartzíticas do Quadrilátero Ferrífero. Na região-tipo, Luchesi (1991) definiu as mineralizações de ouro como do tipo *paleoplacer* modificado, que é aqui estendido para essa região. O potencial de ouro é indicado pela atividade garimpeira, entretanto, necessita de estudos mais detalhados para sua quantificação e eventual viabilização.

Sob aspectos sedimentológicos e de ambiente deposicional essa seqüência foi considerada por Luchesi (1991) e aqui confirmada, como de fácies intermediária entre as principais unidades paleoproterozóicas regionais do Quadrilátero Ferrífero, dos supergrupos Minas e Espinhaço, com ocorrência regional embora mais restrita.

Assim, um dos resultados de destaque deste trabalho é a discriminação de uma nova seqüência estratigráfica, de considerável extensão regional e potencial metalogenético para ouro, confirmado pela presença de inúmeros garimpos. A continuidade do padrão metalogenético, por toda sua extensão, confere à Seqüência da Serra da Boa Vista uma excepcional qualidade e prioridade para futuros trabalhos visando à quantificação do seu potencial aurífero (Rossi & Schorscher, 2006).

7.4.4 Metabasitos intrusivos

Ocorre em diques, *sills* e pequenos *plugs*. Foram encontrados em todas as ocorrências de rochas da Seqüência da Serra da Boa Vista, da Formação Sopa Brumadinho e em alguns afloramentos do embasamento arqueano, principalmente na parte leste da área. Esses metabasitos são comuns em toda a região da borda leste-sudeste do Quadrilátero Ferrífero e pertencem à evolução sedimentar e magmática dos Supergrupos Espinhaço e Minas e Seqüência da Serra da Boa Vista.

7.5 Fanerozoico

7.5.1 Cobertura de Canga

Presente em quase toda a área, principalmente sobre formações ferríferas, porém ocorre também recobrimdo outras unidades por fluxo de detritos em encostas. Na parte centro sudeste da área é bem desenvolvida.

Cangas são caracterizadas por conglomerados com grânulos a matacões de itabiritos ricos a itabiritos dolomíticos, com clastos arredondados (em fácies aluvionares) a angulosos e irregulares (em fácies eluviais ou coluviais), e cimentação ferruginosa, por óxidos e hidróxidos de ferro. Quando presente, concreções argilosas ferruginosas com quartzo e fragmentos de rocha em fração areia são conhecidas como “canga terrosa”.

Hoje é economicamente utilizada, quando rica em itabiritos de boa qualidade, na blendagem, para aumentar as reservas de minério de ferro. Também é utilizada como cascalho na pavimentação de estradas de terra.

7.5.2 Cobertura Aluvionar

Ocorre ao longo dos rios e córregos da região, formadas principalmente por grânulos a seixos de itabirito, hematita e quartzo na fração areia fina, contém subordinadamente seixos de quartzito, xistos e filitos. Economicamente exploradas da época do império até hoje para a retirada de ouro, proveniente seqüências vulcano sedimentares auríferas arqueanas e metassedimentos auríferos paleoproterozóicos.

7.6 Estratigrafia proposta para a área de mapeamento

As unidades geológicas encontradas e discriminadas no mapeamento geológico 1:25.000 da região de Antônio Pereira (anexo 2) são abaixo listadas, do topo para a base (conforme a legenda do mapa):

Depósitos Superficiais do Cenozóico:

- Cobertura Aluvionar
- Cobertura de Canga

Paleoproterozóico (supergrupos Minas e Espinhaço e Seqüência da Serra da Boa Vista como equivalentes laterais de fácies, penecontemporâneos)

Supergrupo Minas (alóctone, como sistema de nappes de fácies)

- Grupo Sabará

Discordância angular e erosiva profunda

- Grupo Piracicaba
 - Formação Cercadinho
- Grupo Itabira
 - Formação Gandarela
 - Formação Cauê
- Grupo Caraça
 - Formação Moeda

Contato basal tectônico: Plano de arraste do sistema regional de nappes de fácies

Seqüência da Serra da Boa Vista (indivisa, autóctone a parautóctone)

Supergrupo Espinhaço (autóctone a parautóctone)

- Formação Sopa Brumadinho

Contato basal com o embasamento arqueano: discordância angular e erosiva profunda tectonizada

Arqueano:

Supergrupo (Greenstone Belt) Rio das Velhas

- Grupo Maquiné indiviso
- Grupo Nova Lima indiviso

Contato basal tectônico

Complexo regional de rochas TTG

- Milonito gnaisses, *lato sensu* Graníticos incluindo componentes TTG retrabalhados

8 GEOLOGIA ESTRUTURAL

A área mapeada (Anexo 2) pode ser dividida em três blocos de extensão norte sul, limitados por grandes falhas inversas de alto ângulo – de acordo com os litotipos predominantes – de oeste para leste temos:

- A. Metassedimentos paleoproterozóicos, principalmente alóctones do Supergrupo Minas, relativamente mais espessos – em repetições por falhas inversas e cavalgamentos menores – em posição estratigráfica normal; em menor proporção para autóctones do Supergrupo Espinhaço, Formação Sopa Brumadinho, também em posição estratigráfica normal; e poucas exposições de rochas arqueanas, metassedimentos dos Grupos Nova Lima e Maquiné do *greenstone belt* Rio das Velhas. Nesse bloco não há ocorrência de ortognaisses do embasamento;
- B. Metassedimentos arqueanos do Grupo Nova Lima, em menor quantidade ocorrem metassedimentos paleoproterozóicos, tanto alóctones do Supergrupo Minas – aqui, relativamente com menores espessuras e em posição estratigráfica invertida – quanto para autóctones, em posição estratigráfica normal, do Supergrupo Espinhaço, Formação Sopa Brumadinho. São raras e não representáveis na escala do mapa as ocorrências de ortognaisses do embasamento;
- C. Rochas arqueanas, principalmente metassedimentos do Grupo Nova Lima, os afloramentos de ortognaisses do embasamento – em geral miloníticos – possuem grandes extensões. Os metassedimentos paleoproterozóicos da Seqüência da Serra da Boa Vista, são para autóctones e apresentam em geral posição estratigráfica normal, com exceção de algumas ocorrências no flanco leste da Serra do Gambu.

Com isso pode se dizer que de oeste para leste há um aumento significativo na quantidade de exposições de rochas do embasamento arqueano, e um decréscimo na quantidade de afloramentos de coberturas metassedimentares proterozóicas. Esse aumento ocorre em paralelo com a elevação do grau metamórfico, que atinge até fácies anfibolito inferior no extremo leste e também acompanhado de maior soerguimento dos blocos crustais orientais, hoje mais expostos por erosão.

8.1 Estruturas Arqueanas

As rochas do embasamento arqueano têm direção geral noroeste-sudeste com caimentos médios a altos para nordeste (Figura 4: A). Nas unidades xistosas do Grupo Nova Lima é possível observar pelo menos duas fases de deformação (Prancha 4; Foto 1), sendo a primeira supostamente neoarqueana, do soerguimento dos domos TTG e colapso orogênico do *greenstone belt* Rio das Velhas e a segunda, paleoproterozóica, representada também nas rochas de cobertura do Supergrupo Minas e correlatas (discutido mais adiante). O primeiro evento é responsável pela estruturação noroeste do embasamento, que gera foliação penetrativa obliterando em grande parte as estruturas primárias sedimentares. Estas feições foram observadas em raros afloramentos.

As lineações de interseção – eixo b de crenulação – foram divididas em dois grupos, um (Li-2) com direção sudeste-noroeste praticamente horizontal e o outro (Li-1) com caimento mais acentuado para leste/sudeste (Figura 4: C); quanto as lineações de estiramento mineral (Le), estas apresentam caimento suave a médio para sudeste e suave para leste-nordeste (Figura 4: E) e não foram hierarquizadas. Estas estruturas são reflexo do evento neoarqueano e ocorrem em geral obliteradas pelas estruturas proterozóicas.

8.2 Estruturas Paleoproterozóicas

8.2.1 Grupo Nova Lima

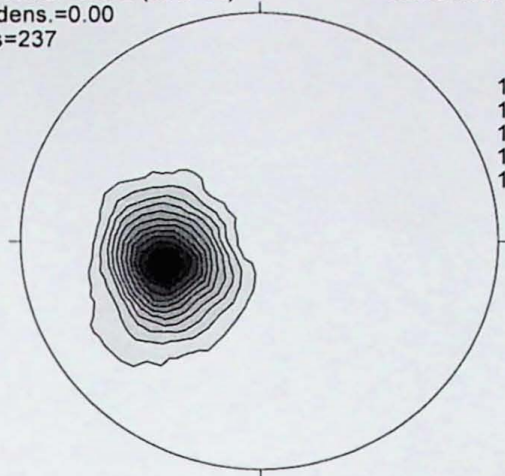
Apresenta lineação de interseção (Li) com caimento suave para norte-nordeste (Figura 4: C) e lineação de estiramento mineral (Le) com caimento suave a médio para leste-sudeste (Figura 4: E).

8.2.2 Supergrupo Minas (alóctone)

As unidades litoestratigráficas principais têm direção norte-sul (Figura 4: B), podendo variar a direção para noroeste-sudeste – na Serra de Antônio Pereira – e nordeste-sudoeste – ao sul do Morro do Frazão – com mergulhos de baixo ângulo para leste. A foliação principal está presente em todas as unidades do Supergrupo Minas e em geral coincide com o acamamento.

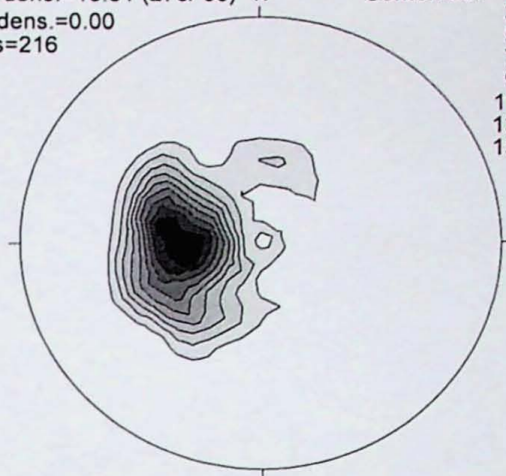
As estruturas proterozóicas podem ser observadas tanto nos xistos do Grupo Nova Lima quanto nas unidades do Supergrupo Minas: apresentam Li com direção geral norte-sul com caimento suave a horizontal (Figura 4: C e D) e Le com caimento

Max. dens.=19.52 (250/ 54) N
Min. dens.=0.00
Polos=237



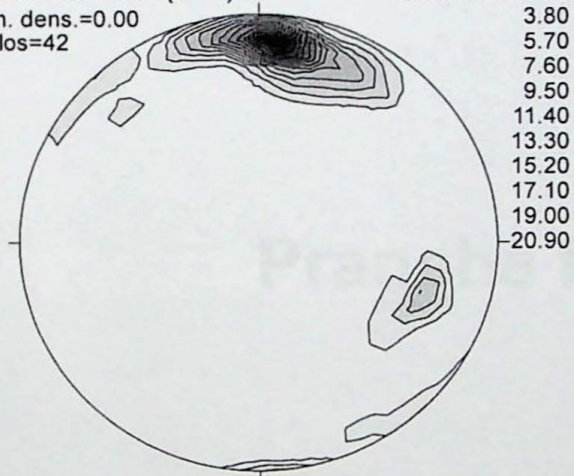
A) Sn (S2) Grupo Nova Lima

Max. dens.=16.31 (270/ 66) N
Min. dens.=0.00
Polos=216



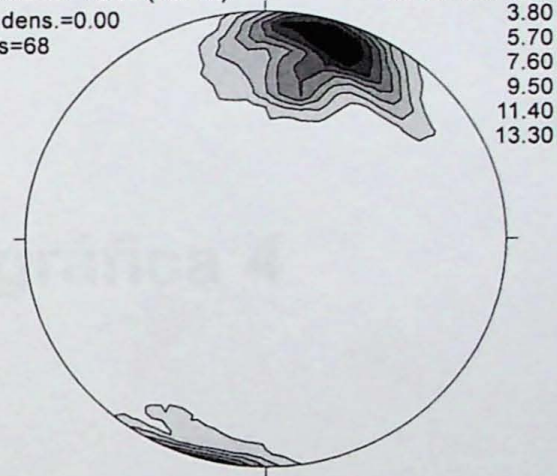
B) Sn (S2) Formação Cercadinho

Max. dens.=22.62 (5/ 12) N
Min. dens.=0.00
Polos=42



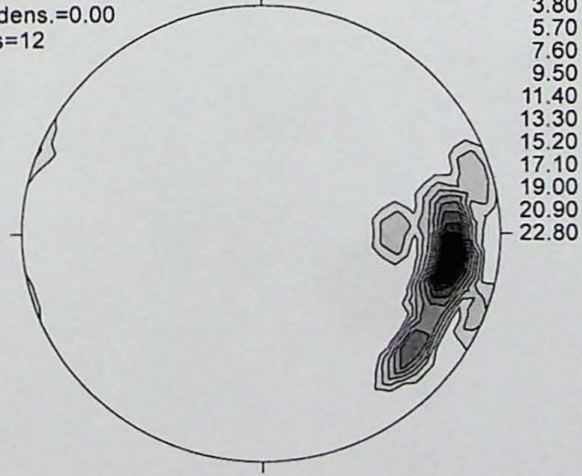
C) Li Grupo Nova Lima

Max. dens.=13.53 (18/ 12) N
Min. dens.=0.00
Polos=68



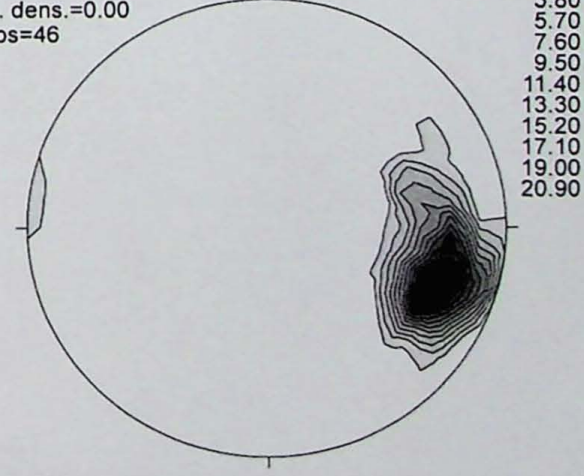
D) Li Formação Cercadinho

Max. dens.=24.61 (104/ 24) N
Min. dens.=0.00
Polos=12



E) Le Grupo Nova Lima

Max. dens.=22.40 (114/ 30) N
Min. dens.=0.00
Polos=46



F) Le Formação Cercadinho

Figura 4: Projeção estereográfica no hemisfério inferior, igual área.

Prancha fotográfica 4

Foto 1: Foliações: S₀ (Verde), S₁ (Azul) e S₂ (Amarelo). Grupo Nova Lima.

(Afloramento GX-32)

Foto 2: Dobras intrafoliais miloníticas, em itabiritos dolomíticos. Formação Cauê.

(Afloramento GX-33)

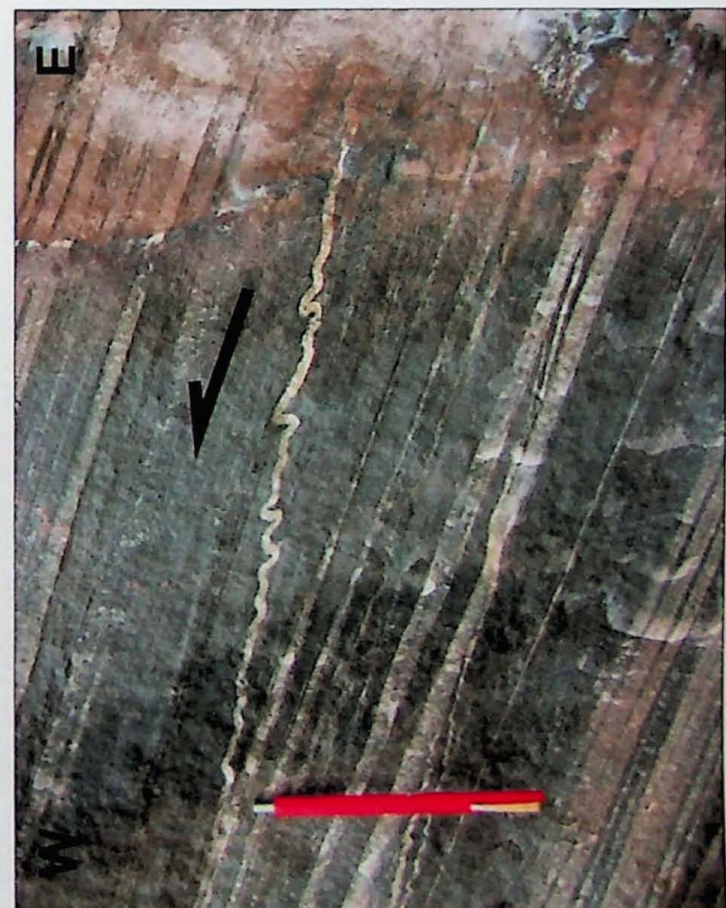
Foto 3: Dobras em veios de quartzo mostrando vergência do transporte tectônico para oeste (W), mármore hematítico. Formação Gandarela.

(Afloramento GX-458)

Foto 4: Sigmoides de deformação assimétrico em veio de quartzo, mostrando vergência do transporte tectônico para oeste (W).

Quartzitos micáceos fuchsílicos. Observar foliação de ângulo mais elevado que as das fotos 2 e 3 dessa prancha. Sequência da Serra da Boa Vista.

(Afloramento GX-1058)



suave a intermediário para leste-sudeste. As lineações de estiramento mineral são praticamente *down dip* nos metassedimentos proterozóicos e perpendiculares (em projeção) a Li (Figura 4: D e F).

O Grupo Sabará apresenta estruturas com orientação semelhante às estruturas dos metassedimentos do Supergrupo Minas, diferindo quase que totalmente das estruturas observadas nos xistos do Grupo Nova Lima, assim essa é mais uma ferramenta para sua distinção. A lineação de estiramento (Le) foi obtida medindo-se o estiramento dos seixos e a lineação de interseção (Li) na porção metapelítica. Como se trata de um metaconglomerado com matacões tem-se que levar em conta o grau de incerteza nas medidas. As medidas são apresentadas em um só estereograma (Figura 5).

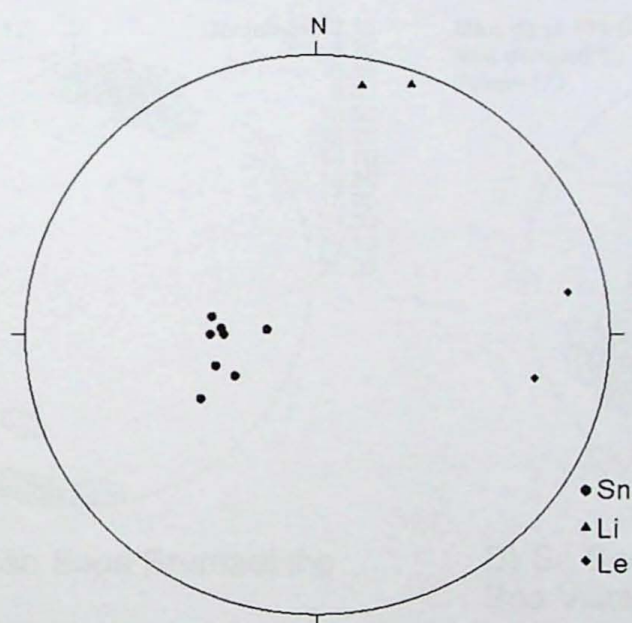
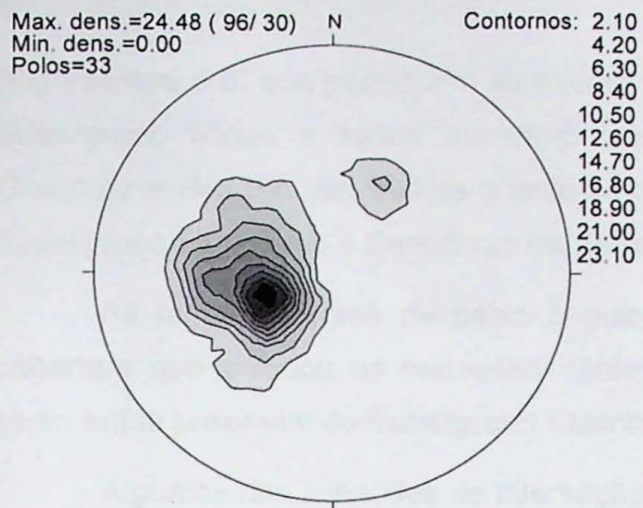


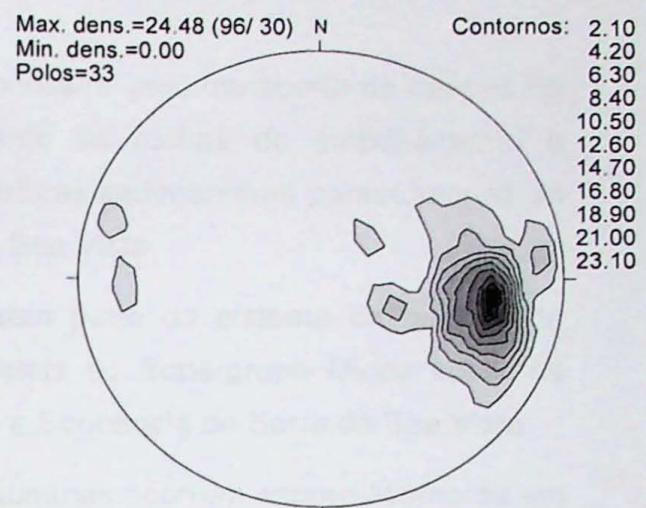
Figura 5: Projeção estereográfica no hemisfério inferior, igual área: Sn, Le e Li, Formação Sabará.

As variações nas direções de mergulho são devidas a acomodações das *nappes* sobre o paleorrelevo, como no caso da Serra da Andorinha, onde predominam mergulhos para nordeste, em uma pseudo-concordância com o embasamento; ou ainda ao sul do Morro do Frazão com caimentos para sudeste.

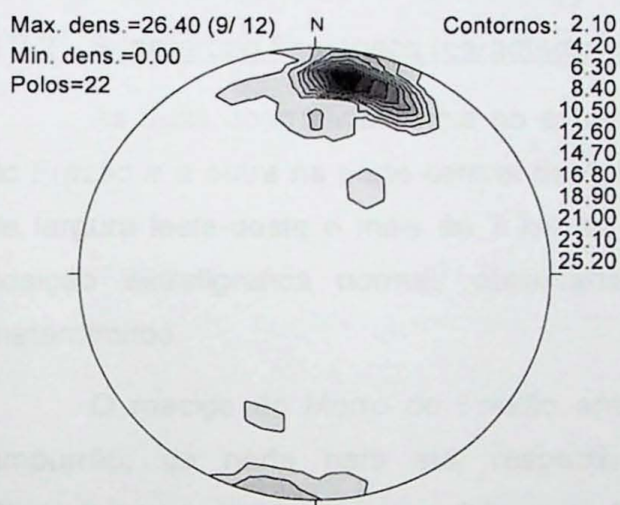
Mais uma evidência das relações de contemporaneidade dos metassedimentos dos Supergrupos Minas e Espinhaço e da Seqüência da Serra da Boa Vista são as lineações de estiramento mineral (Le) com caimento suave a intermediário para leste-sudeste e as lineações de interseção (Li) com caimento suave para norte-nordeste



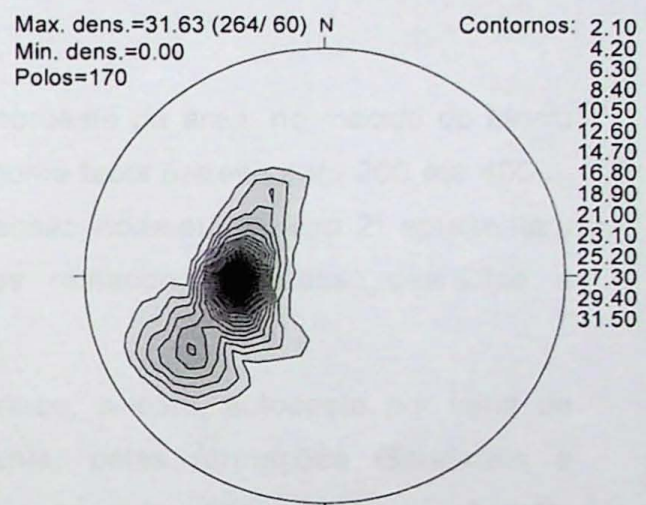
A) Sn Formação Sopa Brumadinho



B) Le Formação Sopa Brumadinho



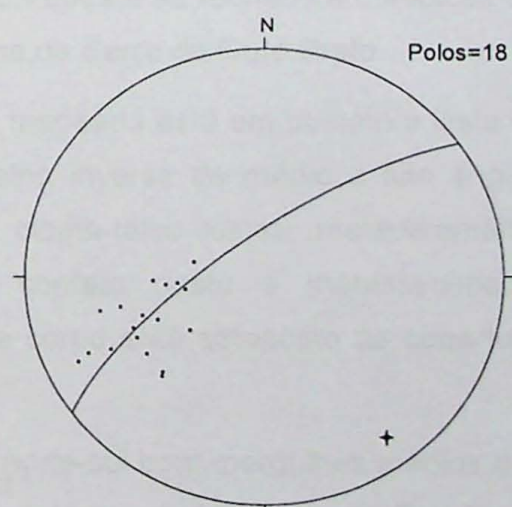
C) Li Formação Sopa Brumadinho



D) Sn Sequência da Serra da Boa Vista



E) Le Sequência da Serra da Boa Vista



A) Sn Sequência da Serra da Boa Vista (Serra do Gambu) com ajuste de dobra cilíndrica

Figura 6: Projeção estereográfica no hemisfério inferior, igual área.

(Figuras 4, 5 e 6) que pertencem ao evento responsável pelo transporte de *nappes* do Supergrupo Minas e foram superimpostos tanto às rochas do embasamento e *Greenstone Belt* Rio das Velhas quanto às coberturas sedimentares para autóctones do Supergrupo Espinhaço e Seqüência da Serra da Boa Vista.

As falhas inversas de baixo ângulo fazem parte do sistema de *nappes* de cobertura que colocou os metassedimentos distais do Supergrupo Minas sobre os sedimentos proximais do Supergrupo Espinhaço e Seqüência da Serra da Boa Vista.

Algumas das lineações de interseção arqueanas ocorrem esporadicamente em metassedimentos do Supergrupo Minas, o que sugere a reativação de estruturas arqueanas durante a Orogênese Minas/Espinhaço e corrobora com a interpretação dada às falhas de alto ângulo soerguendo blocos crustais.

8.2.2 Supergrupo Espinhaço (para autóctone)

As duas ocorrências, uma no extremo noroeste da área, no maciço do Morro do Frazão e a outra na parte central da área, numa faixa estreita com 200 até 400 m de largura leste-oeste e mais de 7 km de extensão norte-sul (Anexo 2) apresentam posição estratigráfica normal, observada nos metaconglomerados, quartzitos e metarritmitos.

O maciço do Morro do Frazão encontra-se, a leste, sotoposto por falha de empurrão, de norte para sul, respectivamente, pelas formações Gandarela e Cercadinho, entre si separadas por falhas de empurrão de baixo ângulo, representando um empilhamento de *nappes*. A oeste é imediatamente sobreposto a uma fina camada de xistos granatíferos do Grupo Nova Lima (não representada no mapa geológico, Anexo 2), que por sua vez é sobreposta às rochas carbonáticas das Formações Gandarela ou Cercadinho, do alóctone da Serra de Ouro Preto.

A faixa norte-sul da parte central da área mapeada está em contato a leste e a oeste, com o Grupo Nova Lima; a leste por falha inversa de médio a alto ângulo, aflorando, próximo ao contato, uma faixa de clorita-talco xistos, metaultramáfica, estimada em 10 metros de espessura. O contato oeste é metassedimentar tectonizado. Somente no extremo sudeste, este corpo está sotoposto às coberturas alóctones do Supergrupo Minas.

Em geral apresenta foliações de direção norte-sul com mergulhos médios para leste, porém algumas zonas miloníticas, como a face sul do Morro do Frazão, de direção praticamente leste-oeste apresentam foliação de alto ângulo, com mergulhos para sul constituindo-se em *nappes* laterais a oblíquas (Figura 6: A). As lineações de

estiramento mineral (Le), dadas pelo quartzo, possuem caimento médio para leste-sudeste (Figura 6: B). As lineações de interseção (Li) apresentam caimento suave para norte-nordeste e eventualmente para sul-sudoeste (Figura 6: C).

8.2.3 Seqüência da Serra da Boa Vista (parautóctone)

Ocorrem em três ocorrências principais, uma na Serra do Gambu (em duas faixas subparalelas), outra no extremo sudeste, ambas com direção principal noroeste-sudeste, e uma última no centro-nordeste da área mapeada – também com duas faixas subparalelas – de direção norte-sul. Apresentam mergulhos médios a altos para nordeste e leste respectivamente.

A foliação pode ser dividida em dois grupos, um de direção norte-sul, com mergulho de ângulo médio para leste e outro de direção noroeste-sudeste, com mergulho de ângulo alto para nordeste (Figura 6: D). As lineações de estiramento mineral (Le) apresentam caimento médio para leste-sudeste (Figura 6: E). Já as lineações de interseção (Li), pouco evidentes, possuem caimento suave para norte-nordeste.

Em geral o contato oeste é sedimentar tectonizado com xistos do Grupo Nova Lima, e a leste por falhas de alto ângulo que podem até dobrar isoclinalmente, invertendo o flanco leste e deixando-o com menor espessura ou até ausente.

Para a ocorrência da Serra do Gambu foram plotados as atitudes em estereograma (Figura 6: F) e ajustada uma guirlanda de dobra cilíndrica, obtendo um eixo b com caimento suave para sul-sudeste, condizente com a direção da Serra.

A vergência do transporte tectônico para oeste é verificada tanto nas *nappes*, dada por dobras recumbentes de escala decamétrica ou dobras intrafoliais (Prancha 4; Fotos 2 e 3) da Formação Cauê e dos cavalgamentos de alto ângulo, mostrado em sigmóides de deformação de veios de quartzo em quartzitos da Seqüência da Serra da Boa Vista (Prancha 4; Foto 4).

8.3 **Evolução estrutural**

Durante o arqueano superior ocorre o fechamento do *Greenstone Belt* Rio das Velhas e soerguimento dos domos TTG, metamorfizando e colocando as rochas do *Greenstone Belt* em contato tectônico com as rochas gnáissicas e migmatíticas.

No paleoproterozóico superior a orogênese Minas/Espinhaço gerou um sistema colisional frontal com vergência para oeste, com *nappes* de cobertura pré- a pós-metamórficas do Supergrupo Minas sobre os metassedimentos autóctones a parautóctones, do paleoproterozóico inferior, do Supergrupo Espinhaço (Grupo

Itacolomí, Filito Santo Antônio) e da Seqüência da Serra da Boa Vista e também sobre os gnaisses e migmatitos do do complexo TTG e os metassedimentos do *Greenstone Belt* Rio das Velhas. No embasamento esse evento é responsável pelas sucessivas intercalações de metassedimentos do *Greenstone Belt* com gnaisses e migmatitos, observadas no bloco leste da área.

No brasiliano possivelmente algumas estruturas pretéritas foram reativadas, porém, em regime rúptil como fraturas.

Quanto à neotectônica observam-se muitas fraturas e diques clásticos na cobertura de canga (Sant'Anna & Schorsch, 1997 e Sant'Anna *et al.*, 1997), porém essas estruturas não foram estudadas nesse trabalho.

9 PETROGRAFIA E METAMORFISMO

Das amostras coletadas em campo foram selecionados exemplos representativos para a caracterização das unidades litológicas e do grau de metamorfismo. Destas foram confeccionadas seções delgadas, para estudos microscópico-petrográficos. A localização das amostras estudadas no mapa topográfico encontra-se no Anexo 3. As abreviações utilizadas nas pranchas fotográficas são de Kretz (1973) *apud* Spear (1993) e Kretz (1983) *apud* Bucher & Frey (1994). As amostras selecionadas serão descritas e comentadas na ordem da sucessão estratigráfica.

9.1 Milonito gnaisses *lato sensu* graníticos (TTG)

Foram estudadas duas seções delgadas das amostras dos afloramentos GX-294 e GX-295. São constituídos por: *Quartzo*: 45%, bimodal: fino, poligonal, disperso ou em finos veios que cortam o plagioclásio; e quartzo médio, policristalino, com extinção ondulante em aglomerados facoidais e veios (Prancha 5: Foto 1); *Plagioclásio* (*An*~30): 35%, grosso, saussuritizado, com inclusões de biotita fina (também de saussuritização); bordas alteradas para microclínio (Prancha 5: Foto 2). Pode ocorrer também em grãos finos, límpido e zonado em suturas de quartzo fino; *Muscovita*: até 8%, muito fina a fina, em veios e aglomerados, ou em bordas de biotita, ocorre também como inclusões de saussuritização no plagioclásio; *Biotita*: 4 a 7%, com terminações lobadas, ou em feixes, algumas com exsoluções de opacos e bordas alteradas para clorita (Prancha 5: Foto 3) e muscovita; *Carbonato*: 5%, provavelmente calcita, xenoblástico, poiquiloblástico ou em filetes contornando grãos de quartzo (Prancha 5: Foto 4); *Hornblenda*: 5%, xenoblástica, poiquiloblástica, límpida, localmente corroída em alguns pontos (Prancha 5: Foto 5); *Clorita*: até 5%, com inclusões de opacos ou em bordas de hornblenda e biotita; *Clinozoisita*: 2%, muito fina a fina, em contato ou inclusa em plagioclásio; *Epidoto*: 1%, fino, em contato ou incluso em biotita; *Opacos*: até 1%, em lamelas de exsolução na biotita e incluso na clorita (Prancha 5: Foto 6); *Alanita*: mineral traço, com fraturas preenchidas por carbonato.

Foi observada a seguinte paragênese de metamorfismo progressivo: biotita-hornblenda e as seguintes paragêneses de retrometamorfismo: quartzo-albita (sericita)-carbonato; biotita-clorita-opacos; biotita-hornblenda-epidoto; albita-clinozoisita e clorita-biotita-epidoto.

O retrometamorfismo é evidenciado pela biotita alterada para clorita, que libera Fe na forma de óxidos, formando lamelas de exsolução e pela presença de carbonato, provavelmente calcita, formado pela liberação de cálcio, nas fraturas da alanita.

Prancha fotográfica 5

Foto 1: Plagioclásio sausrítico com bordas microclinizadas, cataclástico com fraturas preenchidas por quartzo fino poligonal. Polarizadores cruzados.

(SD-295B)

Foto 2: Detalhe das bordas microclinizadas e de fraturas com quartzo poligonal do plagioclásio da foto 1. Polarizadores cruzados.

(SD-295B)

Foto 3: Biotita com terminações lobadas, em paragênese com clorita, hornblenda, epidoto e quartzo. Polarizadores paralelos.

(SD-294A)

Foto 4: Calcita xenoblástica e em filetes entre grãos de quartzo. Polarizadores cruzados.

(SD-294A)

Foto 5: Hornblenda levemente poiquiloblástica em paragênese com epidoto, clorita, quartzo e biotita. Polarizadores paralelos.

(SD-294A)

Foto 6: Biotita com exsoluções de opacos com bordas alteradas para clorita. Polarizadores paralelos.

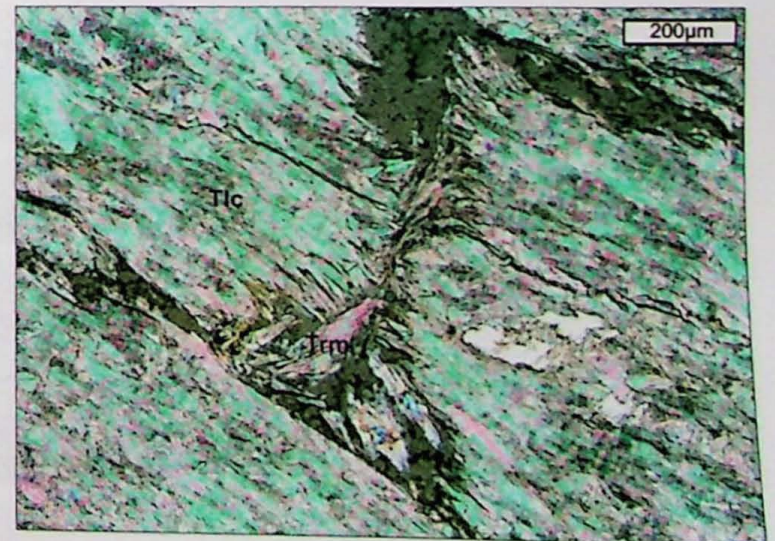
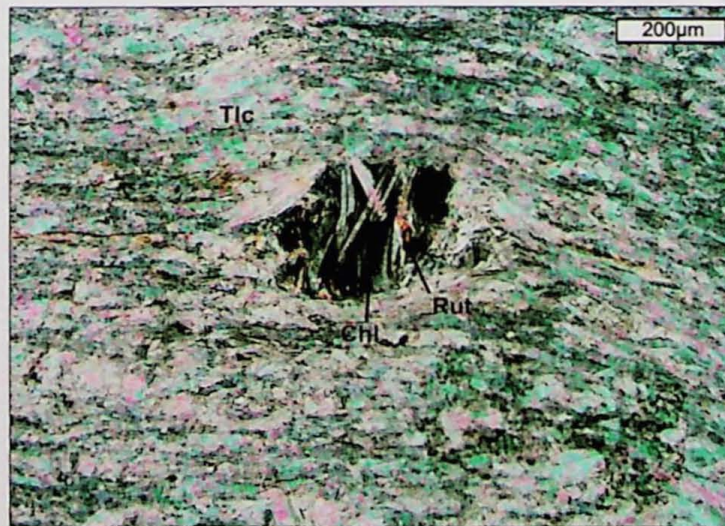
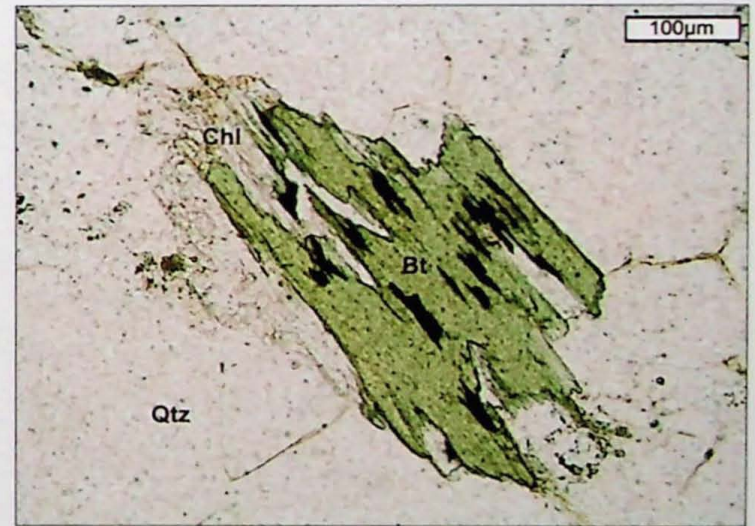
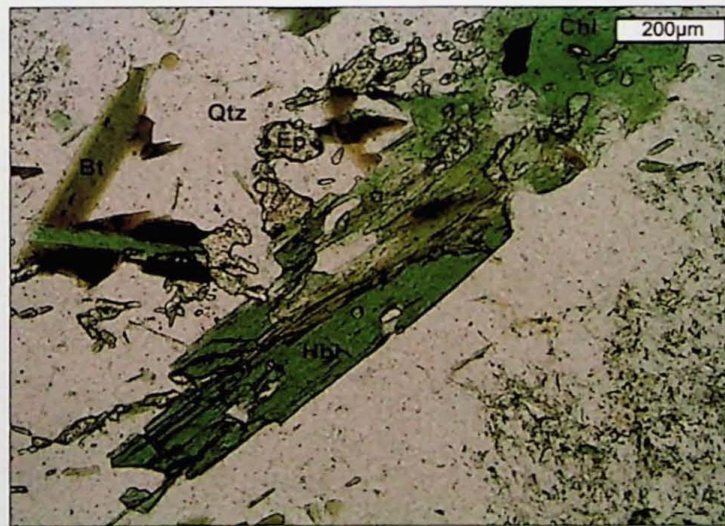
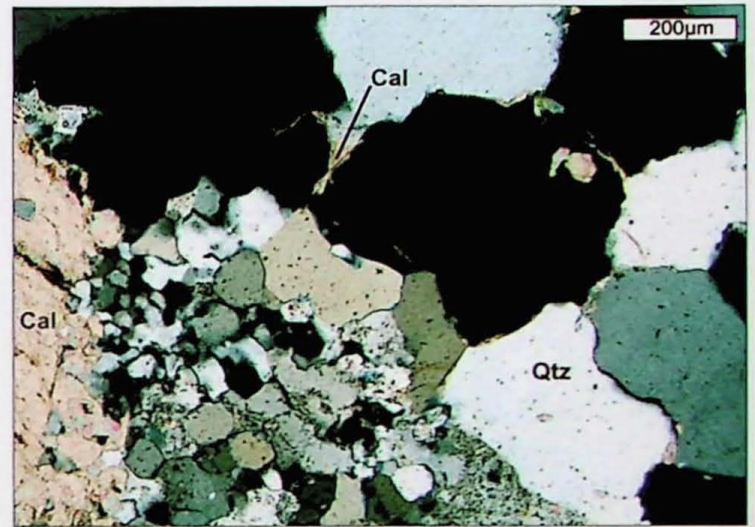
(SD-295B)

Foto 7: Talco xisto com porfiroclasto pseudomorfizado por clorita com rutilo nas fraturas. Polarizadores cruzados.

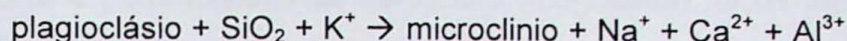
(SD-322)

Foto 8: Talco xisto com tremolita em zona de cisalhamento e fratura. Polarizadores obliquamente cruzados.

(SD-322)



As bordas de cristais de plagioclásio alteradas para microclínio indicam potassificação, dada pela reação:

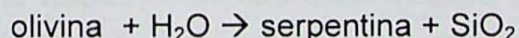
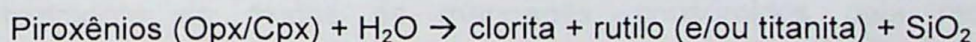


As rochas estudadas são de ortognaisses félsicos, metatéticos, hololeucocráticos a leucocráticos, portando, caracteriza-se o metamorfismo em fácies anfibolito médio a superior, retrometamorfizados para fácies epídoto anfibolito até, eventualmente, xisto verde inferior.

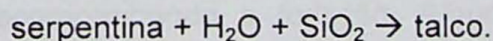
9.2 Metaultramáficas (Grupo Nova Lima ou Grupo Quebra Osso)

Foram estudadas duas seções delgadas das amostras dos pontos GX-322 e GX-331, que consistem de *talco*: 60 a 80%, muito fino a fino, orientado segundo a foliação principal, alguns cristais relativamente mais grossos, fibro-radiados; *Clorita*: 25%, principalmente xenoblástica, intercrescida com os cristais de talco. Pode ocorrer pseudomórfizando porfiroclastos, possivelmente de piroxênios, com rutilo nas fraturas (Prancha 5: Foto 7), ocorre também em veios tardios; *minerais opacos*: 5 a 15%, xenoblásticos, em leitos que acompanham a foliação; *tremolita*: menos de 1%, idioblástica (Prancha 5: Foto 8), em contato com talco e clorita; *carbonato*: até 3%, provavelmente magnesita, *boxworks* e pseudomorfos com formas romboédricas e preenchimento castanho escuro; *cromita* e *rutilo* raros.

Foram observadas as seguintes paragêneses: tremolita-talco-clorita; clorita-talco-opacos; clorita-talco e rutilo-clorita, que sugerem morfismo progressivo segundo as reações:



porém, a total transformação de olivina em talco depende da entrada de SiO_2 e H_2O no sistema metamórfico, que ocorre pela reação:



A alta pressão parcial de CO_2 , confirmada pelos pseudomorfos porfiroblásticos de carbonato, aumenta a estabilidade do rutilo no fácies xisto verde superior até anfibolito inferior.

A amostra do ponto GX-322 do sudeste da área apresenta tremolita, estável de fácies xisto verde a início da fácies anfibolito, o que não ocorre na amostra do ponto GX-331, localizada no extremo leste da área, o que sugere fácies metamórfica mais alta que a da amostra anterior, uma vez que a composição mineralógica é semelhante.

Pela assembléia mineral é possível sugerir um protólito ígneo, vulcânico, de composição ultramáfica e ultrabásica (komatiítico). O metamorfismo para clorita-talco xistos ± tremolita e porfiroblastos de carbonato (magnesita) foi de fácies xisto verde superior a anfibolito baixo.

9.3 Xistos (Grupo Nova Lima)

Foram estudadas cinco seções delgadas de amostras dos afloramentos GX-134, GX-149, GX-646, GX-648, e GX-Z-76. Os xistos consistem de *muscovita* (*sericita*): 35 a 55%, muito fina a fina, compondo a matriz, ocorre também em cristais relativamente mais grossos, sendo estes pós-cinemáticos. São caracterizadas por três fases distintas (Prancha 6: fotos 1 e 5), como resumido a seguir:

1ª: muito fina, crenulada, pré-S_n;

2ª: plano axial à crenulação, S_n e

3ª: idioblástica, pós tectônica, pós S_n.

clorita: 15 a 25%, muito fina a fina, discordante da foliação, geralmente formando a matriz junto com a muscovita. *quartzo*: 10 a 31%, policristalino (*metachert*), em lentes finas e disrúptas, ou em pequenos aglomerados. *granada*: até 8%, porfiroblástica (<8 mm), geralmente idioblástica (tardi- a pós-tectônica). Em alguns casos é possível observar sobrecrecimento idioblástico de granada, com pigmentação criptocristalina de minerais opacos, envolvendo núcleo arredondado a sub-idioblástico límpido. Tais feições foram tentativamente interpretadas como núcleos espessartíticos preservados na parte interna passando para bordas almandínicas, sendo que, nestas as “sombras” seriam eventualmente de óxidos de manganês, consumidos pela molécula espessartita no núcleo, mas não mais quando do sobrecrecimento almandínico, ou exsolvidas durante a transformação de espessartita em almandina (Prancha 6: foto 2). A granada em geral é poiquiloblástica, com inclusões de clorita, clinozoisita e cloritóide (Prancha 6: foto 3). *minerais opacos*: 5 a 15%, ocorre em geral irregulares, intersticiais, acompanhando a foliação. Alguns tabulares (ilmenita), alongados ou também granulares (magnetita), podem ocorrer como porfiroblastos idioblásticos (Prancha 6: foto 4). *cloritóide*: perfaz até 5%, ocorre prismático, idioblástico, intercrecido com granada e clorita, quando livre é posterior a foliação principal (Prancha 6: foto 5). Em alguns casos apresenta-se pseudomorfizado para clorita; *estauroлита*: até 2%, porfiroblástica, geralmente idioblástica. *Turmalina*: até 2%, muito fina quando associada a lentes de quartzo, e fina, quando junto a matriz clorítica/muscovítica. *rutilo*: ocorre em traços.

Prancha fotográfica 6

Foto 1: Muscovita em diversas fases de crescimento (Pré- Sim- e Pós-tectônica) em xisto do Grupo Nova Lima. Polarizadores cruzados.

(SD-648)

Foto 2: Granada límpida sobrecrecida por granada com "sombras" possivelmente de pigmentos de óxidos de Mn. Os pigmentos mostram estrutura pretérita da rocha. Xisto granatífero do Grupo Nova Lima. Polarizadores paralelos.

(SD-149A)

Foto 3: Granada com inclusões de cloritoide em xisto do Grupo Nova Lima. Polarizadores paralelos.

(SD-149B)

Foto 4: Porfiroblasto de magnetita idioblástico em xisto do Grupo Nova Lima. Polarizadores paralelos.

(SD-646)

Foto 5: Porfiroblasto de cloritoide em matriz de muscovita e clorita em xisto do Grupo Nova Lima intemperizado. Polarizadores paralelos.

(SD-294A)

Foto 6: Hornblenda com núcleo poiquiloblástico, sobrecrecida por hornblenda límpida em anfibolito metabásico. Polarizadores paralelos.

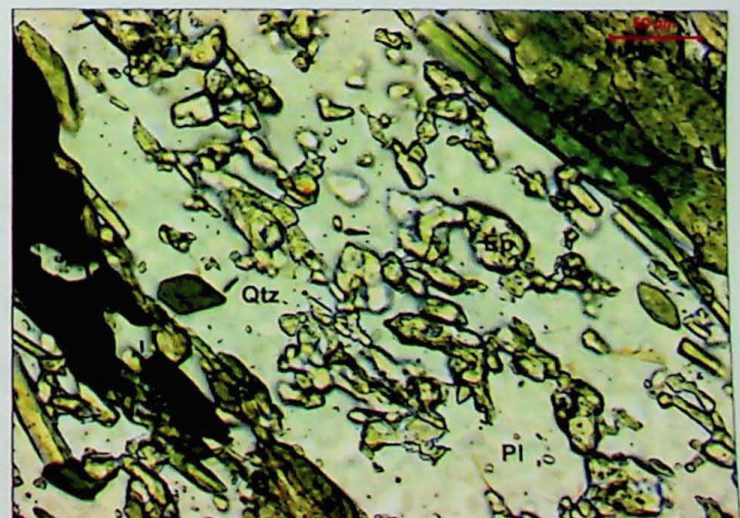
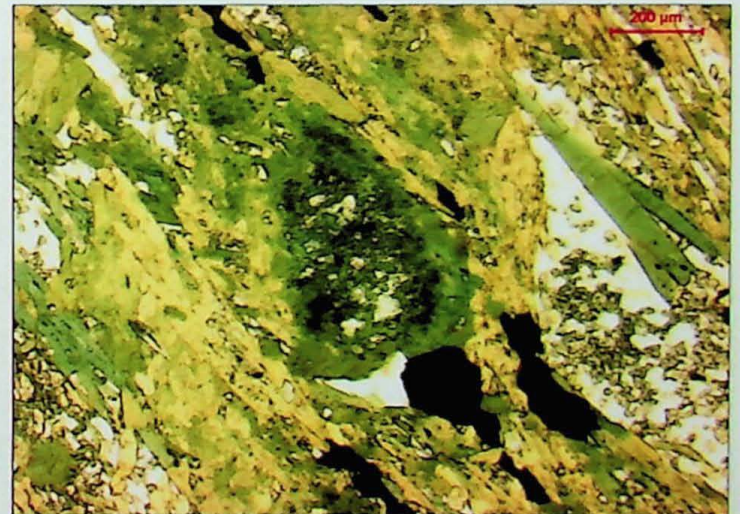
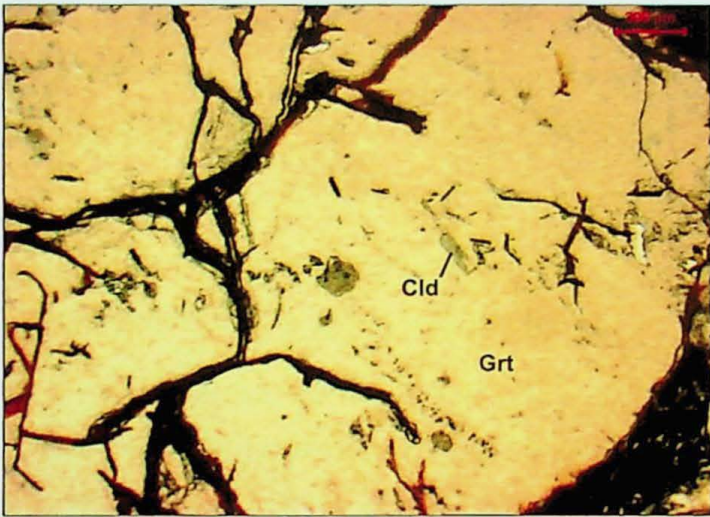
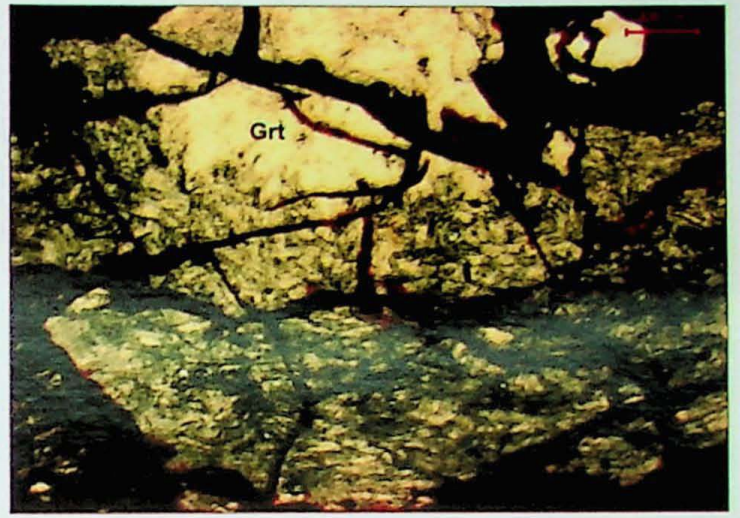
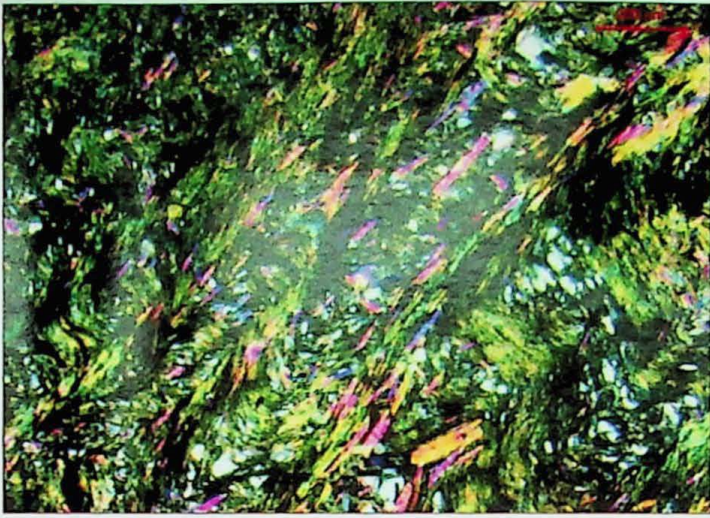
(SD-295A)

Foto 7: Porfiroblasto de carbonato, possivelmente dolomita, xenoblástico, intersticial aos cristais de hornblenda em anfibolito metabásico. Polarizadores paralelos.

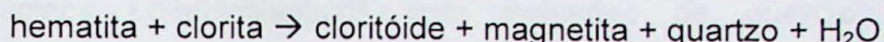
(SD-295A)

Foto 8: Epidoto junto a quartzo em plagioclásio sausrizado de anfibolito metabásico. Polarizadores paralelos.

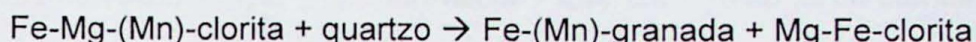
(SD-295A)



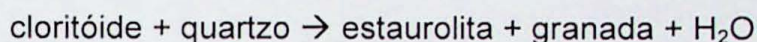
Foram observadas as seguintes paragêneses de metamorfismo progressivo: cloritóide-clorita-granada; muscovita-clorita-cloritóide; muscovita-clorita-granada; muscovita-clorita-estaurolita, que são sugestivas das seguintes reações, seguindo ordem crescente de metamorfismo:



para a formação do cloritóide e dos porfiroblastos de magnetita em fácies xisto verde inferior;



para a formação da primeira granada (espessartítica), em fácies xisto verde inferior e do sobrecrecimento de almandina em fácies xisto verde alto;



para a formação de estaurolita e da segunda geração de granada (almandínica) em fácies xisto verde alto até fácies anfibolito.

A presença de estaurolita, fácies anfibolito, só foi observada nas seções delgadas do nordeste da área, no ponto GX-648, nas amostras mais a sul, ponto GX-149 ocorre cloritóide na matriz, o que sugere fácies xisto verde médio, isso mostra um alto crescimento do gradiente metamórfico em uma curta distância, causada pela sobreposição de escamas tectônicas. Nota-se que apesar da presença de granada, indicando que estas rochas estão na zona da biotita, por motivos composicionais esse mineral não se formou.

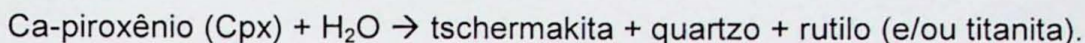
A assembléia mineral é sugestiva de protólitos como rochas metassedimentares vulcanoclásticas intermediárias a básicas, com condições intempéricas de clima quente e ambiente redutor, dado pela presença de cloritóide. Metamorfizadas para quartzo-clorita-muscovita xistos com \pm cloritóide e \pm granada \pm estaurolita \pm magnetita porfiroblástica em fácies xisto verde médio a anfibolito inferior.

9.4 Anfibolitos (Grupo Nova Lima)

Foram estudadas duas seções delgadas, das amostras GX-295 e GX-323. Esses anfibolitos são constituídos por *hornblenda*: 50 a 70%, fina a média, xenoblástica, cristais maiores com núcleos poiquiloblásticos com inclusão de quartzo e sobrecrecimento límpido (Prancha 6: foto 6); *plagioclásio*: 13%, extinção concêntrica (zoneamento metamórfico inverso); *quartzo*: 10 a 20%, poligonal, policristalino, alguns grãos com extinção ondulante, em alguns casos fitado, policristalino; *carbonato*: até

10%, provavelmente dolomita poiquiloblástica, xenoblástica, média. (Prancha 6: foto 7); *minerais opacos*: 7 a 10%, irregulares, xenoblásticos, intersticiais, em leitos segundo a foliação; *clinozoisita*: 5%, granular, fina, formada junto aos grãos de quartzo pela saussuritização do plagioclásio (Prancha 6: foto 8); *rutilo* como mineral traço.

Os núcleos poiquiloblásticos com inclusões de quartzo dos cristais relativamente maiores de hornblenda, sugerem hidratação dos cristais magmáticos de piroxênio para a formação de anfibólios segundo a reação:



Foram observadas as seguintes paragêneses: plagioclásio-hornblenda-clinozoisita-quartzo; plagioclásio-clinozoisita-quartzo; dolomita-epídoto-hornblenda, que sugerem metamorfismo de fácies epídoto anfibolito.

A assembléia mineral é sugestiva de protólito ígneo, subvulcânico, básico, tholeiítico oceânico, metamórfico para quartzo-plagioclásio-hornblenda xisto com clinozoisita, dolomita e rutilo, em fácies epídoto anfibolito.

9.5 Rochas Calciossilicáticas (Transição Formação Gandarela - Formação Cercadinho)

Foram estudadas três seções delgadas das amostras dos afloramentos GX-384, GX-386 e GX-684. Estas consistem de *carbonato*: 65 a 80%, provavelmente alternando proporções maiores de calcita e dolomita (Prancha 7: foto 1), podem ocorrer em várias dimensões, geralmente grosso em leitos puros, e mais finos em leitos quartzosos ou hematíticos (amostras dessas e outras rochas equivalentes, analisadas por Difração de Raio X, mostraram maior ocorrência de dolomita do que de calcita (Battestin, 2006)); *quartzo*: até 15%, fino, em leitos quartzo-carbonáticos (Prancha 7: foto 2) *muscovita*: até 10%, fina, em leitos quartzo-muscovíticos com opacos (metapelíticos); *minerais opacos*: até 10%, (Prancha 7: foto 2); *talco*: até 8%, fino, disseminado na matriz carbonática; *estaurolita*: até 5%, em leitos metapelíticos, poiquiloblástica (Prancha 7: foto 3 e 4); *clinozoisita/epídoto*: até 2%, poiquiloblástico, ocorre nos leitos calciossilicáticos; *cianita*: menos que 1%, poiquiloblástica, também nos leitos metapelíticos; *tremolita*: menos que 1%, fina, dispersa na matriz carbonática.

Foram observadas as seguintes paragêneses: estaurolita-muscovita-hematita; tremolita-carbonato-quartzo; muscovita-carbonato-quartzo; cianita-muscovita-quartzo.

Prancha fotográfica 7

Foto 1: Dolomito com finos leitos de quartzo e de opacos tabulares (hematita). Polarizadores paralelos.

(SD-386B)

Foto 2: Leitos de opacos tabulares (hematita) e quartzo-carbonáticos (Qtz) e carbonáticos (Carb). Polarizadores paralelos.

(SD-386B)

Foto 3: Porfiroblasto de estaurolita idioblástico em paragênese com muscovita, quartzo e opacos. Polarizadores cruzados.

(SD-684A)

Foto 4: Porfiroblastos de estaurolita idioblásticos e poiquiloblásticos em camada fina, metapelítica. Polarizadores cruzados.

(SD-684A)

Foto 5: Feldspato sausrizado. Opacos placoides (hematita) e granulares (magnetita). Polarizadores paralelos.

(SD-340B)

Foto 6: Cristais aciculares porfiroblásticos de cloritoide em paragênese com cianita e opacos. Polarizadores paralelos.

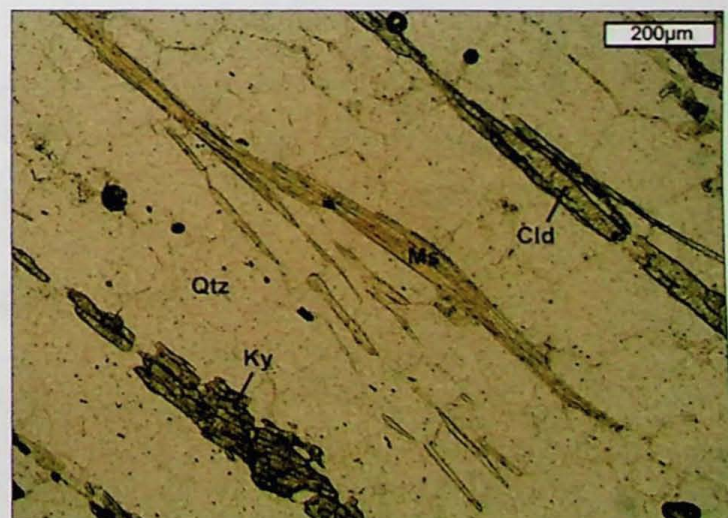
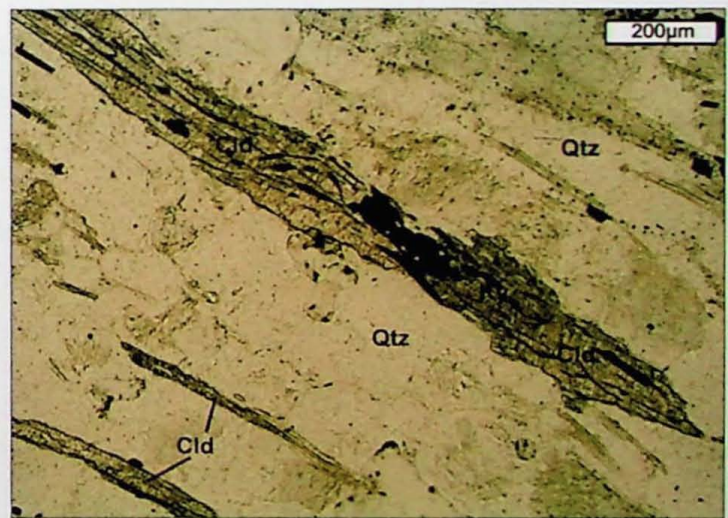
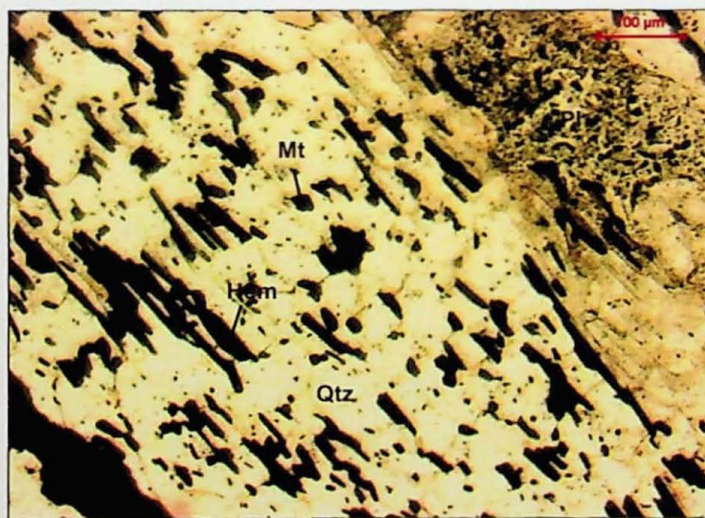
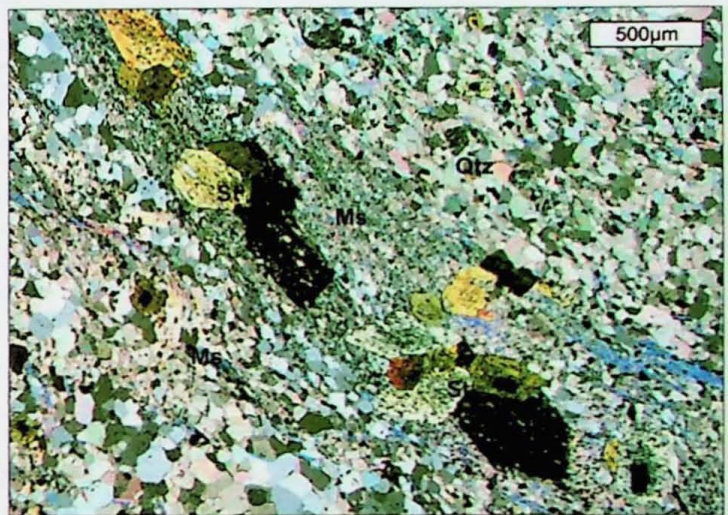
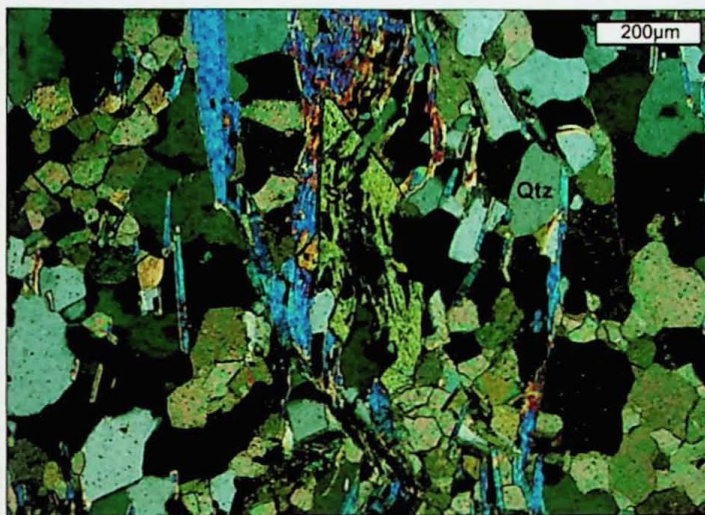
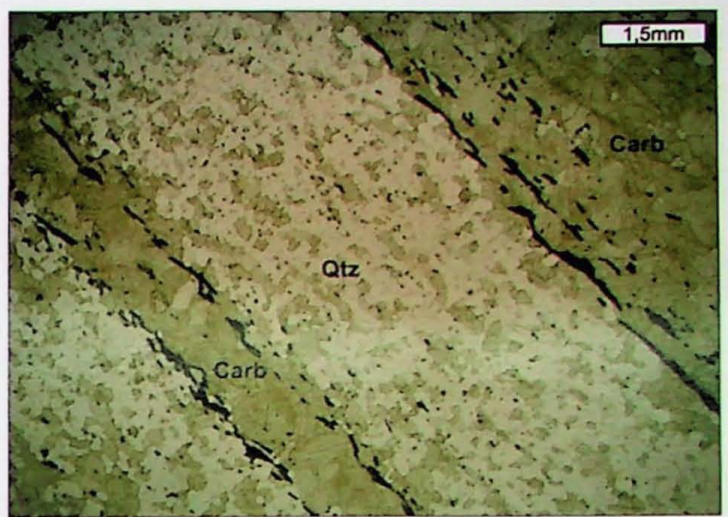
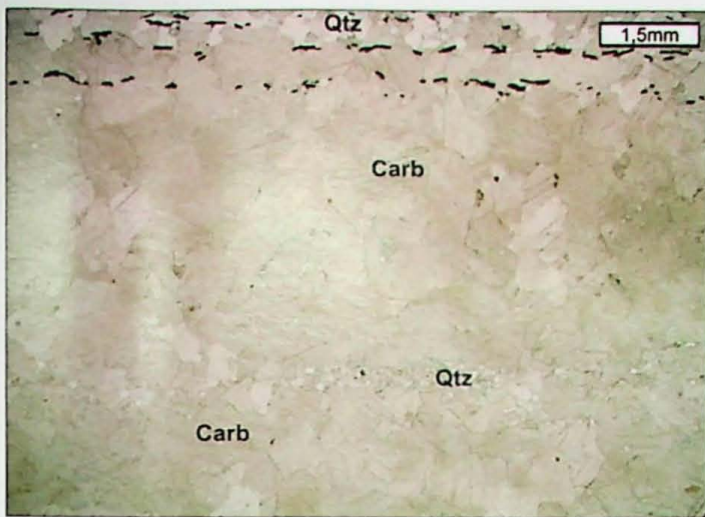
(SD-364)

Foto 7: Porfiroblasto de cianita e cloritoide poiquiloblásticos. Polarizadores cruzados.

(SD-357A)

Foto 8: Muscovita, cianita e cloritoide em quartzito. Polarizadores paralelos.

(SD-364)



A assembléia mineral é sugestiva de protólito calciossilicático, carbonatos com quartzo químico e contribuição pelítica, metamorizados para \pm talco \pm estaurolita \pm muscovita-quartzo-carbonato xisto com \pm cianita e \pm tremolita em fácies xisto verde alto a anfibolito baixo.

9.6 Quartzitos e Metaconglomerados (Formação Sopa Brumadinho)

Foram estudadas cinco seções delgadas das amostras dos pontos GX-340, GX-357, GX-364, GX-453 e GX-704. Consistem de *quartzo*: 35 a 80%, leitos de quartzo fino associado a opacos granulares e leitos de quartzo médio, poligonal e com extinção ondulante, alternados. Podem também ocorrer em fitas de grãos grossos com extinção fortemente ondulante quando miloníticos; *feldspato*: até 40%, a maioria com extinção concêntrica, límpido, alguns grãos saussuritizados (Prancha 7: foto 5); *Cloritóide*: até 15%, cristais aciculares, junto à cianita e aos opacos, em planos paralelos à foliação (Prancha 7: fotos 6, 7 e 8); *cianita*: 2 a 5%, porfiroblástica, poiquiloblástica, acicular, em planos paralelos à foliação, com inclusões de quartzo e opacos. (Prancha 7: fotos 6, 7 e 8); *Muscovita*: 2 a 5%, associada às porções onde ocorrem os opacos placóides ou disseminada no quartzito (Prancha 7: foto 8); *mnerais opacos*: 1 a 15%, placóides (hematita) e granulares xenoblásticos (provavelmente magnetita), ambos finos (Prancha 7: foto 5); *zircão* e *rutilo* detríticos.

Foram observadas as seguintes paragêneses: cianita-cloritóide-quartzo; cianita-opacos-cloritóide-quartzo; quartzo-cianita-hematita.

As assembléias minerais observadas são sugestivas de protólitos como quartzitos arcoseanos a arcóseos com pouca contribuição pelítica; brechas ou conglomerados de grânulos de chert e *BIF* de fácies óxido (tipo Lago Superior), com pouca matriz pelítica, metamorfisados para muscovita-cianita-cloritóide; quartzitos miloníticos, cianita-cloritóide, metarcóseos miloníticos e metaconglomerados polimíticos com seixos de *metachert* e itabirito, protomiloníticos a miloníticos em fácies xisto verde médio a anfibolito baixo.

9.7 Quartzitos e Metaconglomerados (Seqüência da Serra da Boa Vista)

Foram estudadas oito seções delgadas de amostras dos afloramentos GX-105, GX-106, GX-122, GX-265, GX-282 e GX-328 e são compostos por *quartzo*: 50 a 80%, bimodal, policristalino: nos grãos finos o contato entre os grãos é interlobado a poligonal, principalmente associado à matriz micácea; nos grãos médios sempre ocorrem inclusões fluidas e de carbonato, o contato entre os grãos é poligonal, em leitos ou em aglomerados facoidais (seixos de *metachert* estirados). (Prancha 8: foto 1, 2 e 3); *muscovita*: 15 a 43%, perfaz a matriz, fina a média, contorna os seixos, em

algumas se observa leve pleocroísmo de verde-claro a verde-claro amarelado (Prancha 8: foto 1, 2 e 3); *minerais opacos*: 3 a 20%, associados à matriz micácea, podendo ser placóide e fino (hematita) ou intersticial, em lentes, xeno- a idioblásticos losangulares ou em aglomerados grossos de cristais idioblásticos (Prancha 8: fotos 1 e 2); *zircão*: 3 %, nas porções muscovíticas, apresenta duas gerações, sendo uma límpida e outra zonada; *rutilo*: fino, em aglomerados junto aos opacos; *plagioclásio*: menor que 1%, saussuritizado.

Os aglomerados de quartzo grosso são clastos de *metachert*, pois apresentam inclusões fluidas e de carbonato e tem granulação mais grossa que os grãos de quartzo da matriz micácea. Na matriz ou em camadas micáceas, ocorrem opacos e zircões arredondados e fraturados.

Não foram observadas paragêneses indicativas do grau metamórfico, pode-se apenas inferir temperaturas abaixo da quebra da muscovita, em fácies anfibolito médio a alto, dependendo da pressão de H₂O (que estabiliza a muscovita).

Consistem de muscovita quartzitos, metaconglomerados monomíticos de grânulos de *metachert* e matriz muscovítica (Prancha 8: foto 3) e metaconglomerados polimíticos com fragmentos (galhas) de itabirito pobre dobrado e grânulos de *metachert*, com matriz quartzo-muscovítica.

Prancha fotográfica 8

Foto 1: Quartzo bimodal, em aglomerados lenticulares (grânulos de *metachert*), opacos idioblásticos e em aglomerados junto a matriz muscovítica. Polarizadores paralelos.

(SD-106)

Foto 2: Opacos xenoblásticos a sub-idioblásticos junto a matriz muscovítica, aglomerados de quartzo sigmoidais (grânulos de *metachert* estirados). Polarizadores paralelos.

(SD-282A)

Foto 3: Metaconglomerado matriz sustentado de grânulos de *metachert*. Polarizadores cruzados.

(SD-105)

Foto 4: Porfiroblastos de hornblenda com núcleo poiquiloblástico e hornblenda fina ao redor.

(SD-294B)

Foto 5: Clorita porfiroblástica em paragênese com hornblenda. Polarizadores paralelos.

(SD-294B)

Foto 6: Aglomerados de rutilo junto a hornblenda e quartzo. Polarizadores paralelos e condensador.

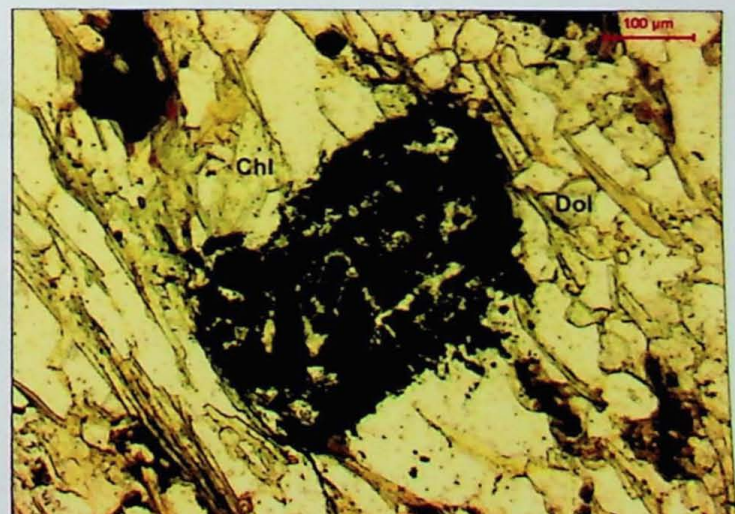
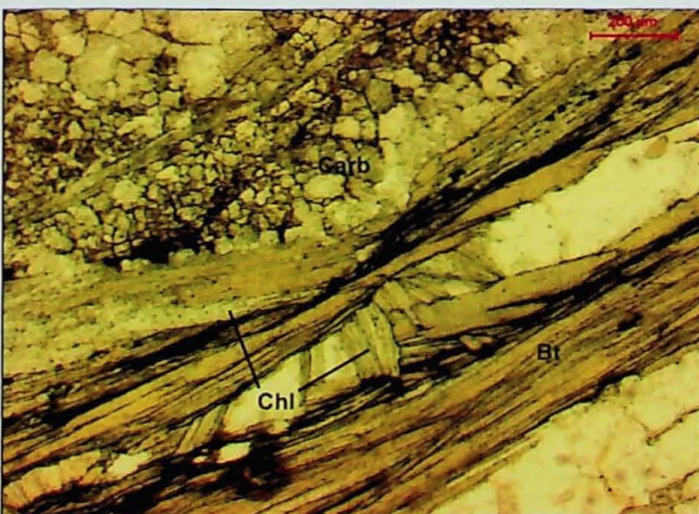
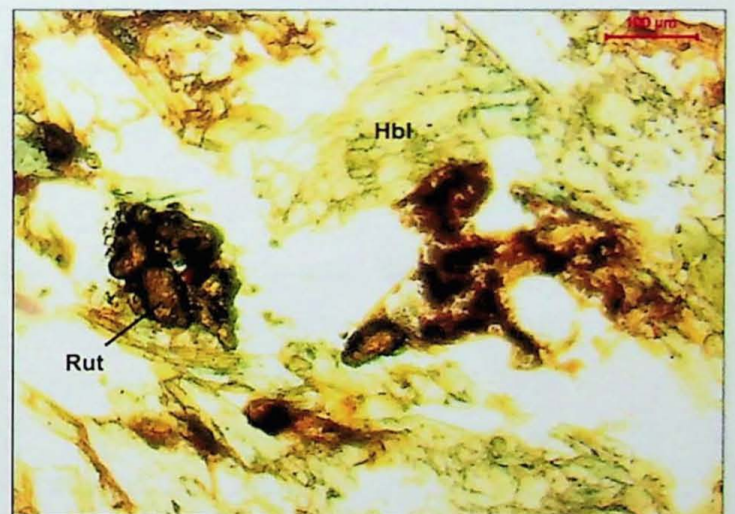
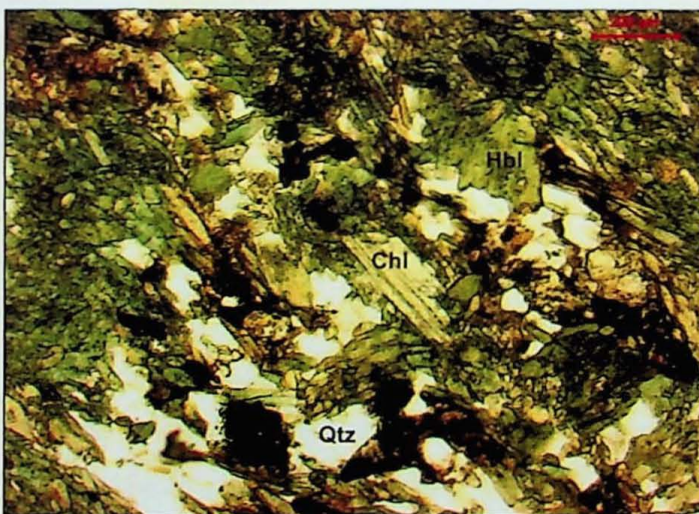
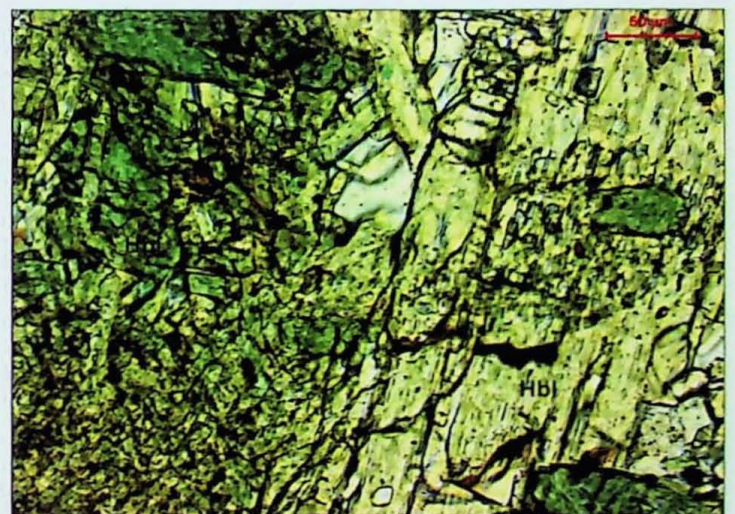
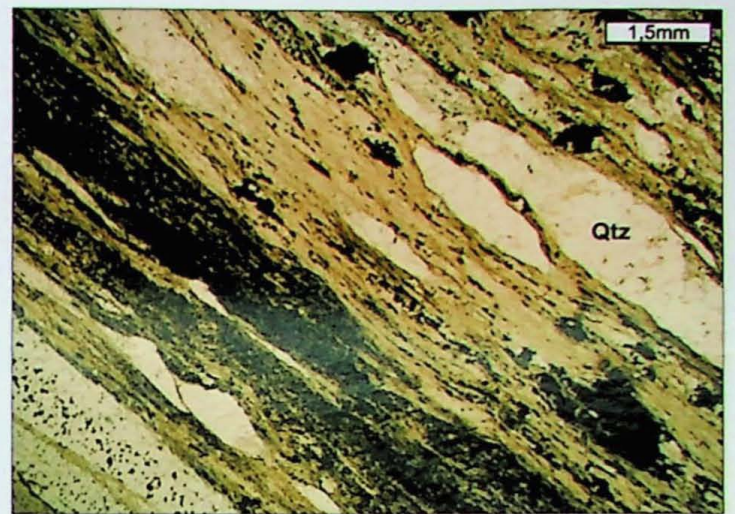
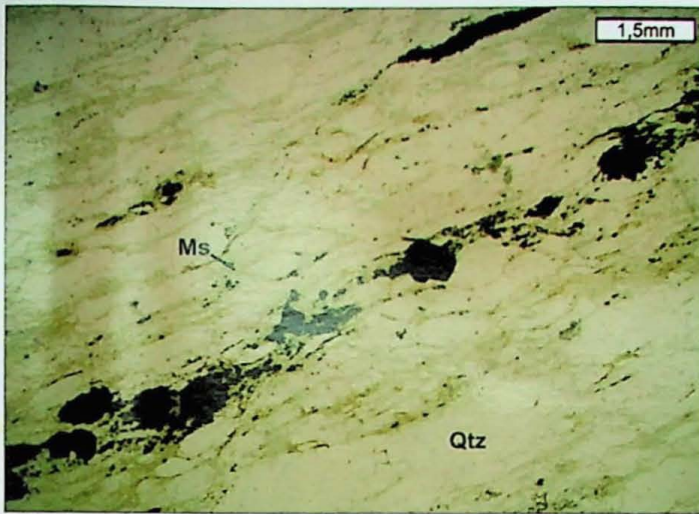
(SD-294B)

Foto 7: Biotita em paragênese com clorita, opacos, carbonato, possivelmente dolomita, e quartzo. Polarizadores paralelos.

(SD-666A)

Foto 8: Aglomerado de rutilo substituindo cristal idioblástico. Polarizadores paralelos.

(SD-666A)



9.8 Metabasitos intrusivos

Foi estudada uma seção delgada de uma amostra do afloramento GX-294, que consiste em *hornblenda*: 65%, duas gerações, uma com cristais finos e límpidos em aglomerados, e outra com cristais médios, poiquiloblástico com inclusões de quartzo no núcleo e bordas límpidas (Prancha 8: foto 4); *quartzo*: 15%, poligonal, policristalino, extinção ondulante; *plagioclásio (Allofana)*: 5%, saussuritizado e epidotizado; *clorita*: 8%, granulação média, em paragênese com hornblenda (Prancha 8: foto 5); *clinozoísita*: 2%, granular, em contato com plagioclásio e quartzo; *rutilo*: 5%, em pequenos aglomerados distribuídos por toda a rocha (Prancha 8: foto 6); *opacos* como minerais traço.

Nessas rochas também se pode observar núcleos de hornblenda poiquiloblásticos, com inclusões de quartzo, que sugerem hidratação dos cristais magmáticos de piroxênio para a formação de anfibólios.

Foram observadas as seguintes paragêneses de metamorfismo progressivo: plagioclásio-hornblenda-quartzo; hornblenda-plagioclásio-epidoto; clorita-hornblenda que são sugestivas da reação:

$\text{Ca-piroxênio (cpx)} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{tschermakita} + \text{epidoto} + \text{quartzo} + \text{rutilo (e/ou titanita)}$.

A assembléia mineral é sugestiva de protólito ígneo, subvulcânico, básico, tholeiítico continental, metamorfisado para plagioclásio (oligoclásio-andesina)-clorita-quartzo-hornblenda xisto com clinozoísita e rutilo em fácies epidoto anfibolito.

9.9 Metaconglomerados (Grupo Sabará)

Foi estudada uma seção delgada de uma amostra do afloramento GX-666, que tem matriz constituída por *quartzo*: 35%, fino a médio, poligonal, em pequenas fitas, intercaladas por biotita e clorita; *clorita*: 20%, inclusa ou junto a biotita; *biotita*: 15%, fina a média, alterada para clorita (Prancha 8: foto 7); *carbonato*: 15%, junto ao quartzo, ou em alguns aglomerados (provavelmente grânulos); *minerais opacos*: 10%, placóides (hematita) e granulares; *rutilo*: 3%, pode ser fino, pseudomorfisando um mineral com forma prismática (Prancha 8: foto 8) ou grossos, anguloso e em alguns casos fraturado; *talco*: 2%, muito fino, em pequenos filetes em alguns locais da seção ou em pequenos aglomerados.

Foram observadas as seguintes paragêneses: biotita-clorita-quartzo-opacos e calcita-clorita-biotita, a primeira sugestiva da reação:

$\text{Fe-Mg-(Ti)-biotita} \rightarrow \text{Mg-Fe-clorita} + \text{magnetita/hematita} + \text{rutilo} + \text{K}^+$

Trata-se de um metaconglomerado polimítico em fácies xisto verde médio a alto.

9.10 Evolução Metamórfica

Os gnaisses e migmatitos do embasamento foram provavelmente gerados em condições de fácies anfibolito médio, na crosta inferior arqueana (i.e. de pequena espessura), estimativas de pressão não são possíveis, pois ocorreram pelo menos dois eventos de menor intensidade sobre essas rochas.

O metamorfismo Rio das Velhas, em fácies xisto verde baixo, como discutido na geologia regional, não é observado, pois há um predomínio do evento proterozóico, que se sobrepõe por ter maior intensidade. Esse evento provavelmente é responsável pelo primeiro retrometamorfismo em fácies xisto verde dos gnaisses e migmatitos do embasamento de fácies anfibolito médio.

O metamorfismo proterozóico, do Ciclo Minas/Espinhaço, de fácies xisto verde médio a anfibolito inferior se sobrepõe ao metamorfismo Rio das Velhas e contribui mais uma vez para o retrometamorfismo dos gnaisses e migmatitos do embasamento. Nos metassedimentos do Supergrupo Minas o metamorfismo é heterogeneamente desenvolvido, não respeitando rigorosamente a polaridade da progressão metamórfica regional de oeste para leste.

O metamorfismo brasileiro não tem efeito significativo, podendo ser responsável pela reativação rúptil de algumas estruturas pretéritas, facilitando a percolação de fluidos e o retrometamorfismo para fácies xisto verde baixo, observado principalmente pela cianita pseudomorfizada para pirofilita.

São observados alguns hiatos metamórficos entre metassedimentos arqueanos e proterozóicos. Exemplificados, de oeste para leste, na direção do perfil C-C' (Anexo 2) por empilhamentos tectônicos de rochas metassedimentares dos Grupos Nova Lima e Maquiné, em fácies xisto verde, sob rochas provavelmente em fácies xisto verde do Supergrupo Minas; estas por sua vez sobrepostas por rochas em fácies anfibolito, também do Supergrupo Minas, que estão mais uma vez sobrepostas por rochas do Grupo Nova Lima novamente em fácies xisto verde.

Outro possível hiato metamórfico ocorre entre os metassedimentos do Grupo Nova Lima e da Formação Sopa Brumadinho no centro da área. Os xistos do Grupo Nova Lima se encontram aparentemente em fácies xisto verde médio a alto, com clorita e quartzo estáveis, tanto a leste quanto a oeste das rochas da Formação Sopa Brumadinho, caracterizada pela presença de estauroлита, indicando fácies anfibolito.

10 GEOLOGIA ECONÔMICA

10.1 Minério de Ferro

Sob aspectos econômicos, a Formação Cauê é a unidade de maior importância na região, com grandes reservas de minérios de ferro, como as da Serra de Antônio Pereira e Minas D'el Rey (de propriedade da Companhia Vale do Rio Doce), ocorrendo também reservas menores, como as do centro da área mapeada. Atualmente são exploradas no entorno as minas de Timbopeba, Alegria, Fábrica Nova (da Companhia Vale do Rio Doce) e Germano (da SAMARCO Mineração).

Através do mapeamento em escala 1:25.000 pode-se observar que os itabiritos da formação Cauê estão presentes em cerca de 20% da área, havendo porções com largura aflorante de até 1.200 m, confirmando, positivamente, o potencial de minério de Ferro da área.

O estilo de dobramento isoclinal apertado em geral existente nos itabiritos da formação Cauê, aumenta a espessura da formação ferrífera, além de favorecer uma melhor concentração e recristalização dos minerais de minério (hematita e magnetita). Os perfis geológicos da área mostram que as espessuras verticais podem chegar a mais de 100 m de profundidade.

10.2 Ouro

Na região há uma grande quantidade de garimpos, que ocorrem principalmente em xistos, quartzitos e metaconglomerados da Seqüência da Serra da Boa Vista, em itabiritos dolomíticos e jacutingas da Formação Cauê, em BIF arqueanos do Grupo Nova Lima, em saprólitos da Formação Gandarela, na cobertura de canga e nos depósitos aluvionares.

Na Seqüência da Serra da Boa Vista é muito comum a presença de grandes serviços garimpeiras, como escavações de até 30 m de profundidade, túneis com dezenas de metros e canais de mais de cem metros de comprimento para desvio de cursos d'água e tratamento do minério, comprovando sua capacidade de produção.

Outra mineralização importante é na Formação Cauê, de ouro paladiado em jacutingas, que na região foi explorado em itabiritos da Mina D'el Rey e da Serra de Antônio Pereira em garimpos hoje abandonados.

Mineralizações auríferas arqueanas (electrum), nos BIF tipo Algoma e outros litotipos preferenciais portadores de ouro no Grupo Nova Lima, podem estar presentes na área, indicadas por garimpos escavados nessas rochas.

Na região de Antônio Pereira ocorrem garimpos de ouro em saprólitos manganésíferos da Formação Gandarela.

As coberturas de canga também foram exploradas para a retirada do ouro, que é concentrado por processos de dissolução e reprecipitação juntamente com óxidos e hidróxidos de ferro e manganês.

Nos depósitos aluvionares ocorrem garimpos de ouro, que extraem o metal por meio de dragagem e bateamento. Em alguns locais desenvolveu-se pesquisa sistemática, ou mesmo lavras garimpeiras, nas encostas das drenagens a procura dos corpos primários dessas mineralizações.

10.3 Manganês

São conhecidas na região a ocorrência de duas jazidas de minério de manganês, a de Miguel Congo da CVRD, hoje esgotada, associada a rochas da formação Gandarela e a de Conta História associada a itabiritos manganésíferos pobres em ferro da Formação Cauê.

Esses dois tipos de minérios ocorrem principalmente na parte sudoeste da área, no sopé da Serra de Antônio Pereira, são do topo da Formação Cauê transicional para Formação Gandarela.

10.4 Rochas carbonáticas

Ocorrem no sudeste da área, onde a Formação Gandarela é mais espeda e preservada. As rochas carbonáticas são usadas como material de construção, pedra ornamental, de revestimento, para pavimentação ou ainda na agricultura como corretivo de solo.

10.5 Topázio imperial

Na região de Antônio Pereira, em uma única ocorrência constatada dentro da área mapeada, ocorrem mineralizações de topázio imperial, explorados (garimpo) em saprólitos manganésíferos da Formação Gandarela com veios de quartzo.

11 CONCLUSÃO

As rochas do Supergrupo Espinhaço (Série, respectivamente, Grupo Itacolomí e Fácies Santo Antônio), Seqüência da Serra da Boa Vista e Supergrupo Minas são correlatos laterais de fácies penecontemporâneos, respectivamente de ambientes proximais praias a marinhos mais distais, depositados no Paleoproterozóico durante a evolução passiva-generativa numa bacia de margem continental compartimentada, o que propiciou ambientes de litofácies e metalogenéticos distintos (como é o caso do Supergrupo Minas e da Seqüência da Serra da Boa Vista).

O embasamento desses depósitos, ou seja, a margem continental em si, era constituída por associações de rochas arqueanas, metagranitóides TTG e supracrustais metavulcano-sedimentares do *Greenstone Belt* Rio das Velhas.

Para o Supergrupo Espinhaço e a Seqüência da Serra da Boa Vista não foi possível estabelecer subdivisões litoestratigráficas formais regionais. Do Supergrupo Minas foram confirmadas as formações Moeda e Batatal (Grupo Caraça), Cauê e Gandarela (Grupo Itabira) e Cercadinho (Grupo Piracicaba). Já a Formação Sabará de Barbosa A. (1969) foi redefinida como Grupo Sabará sobreposto à Formação Cercadinho do Grupo Piracicaba, e separada das rochas metavulcano-sedimentares do Grupo Nova Lima.

Durante a orogênese paleoproterozóica superior, final do ciclo Minas/Espinhaço, ocorreu, com a inversão da margem continental de passiva para ativa, o soerguimento de blocos crustais na parte interna da bacia, a leste, desencadeando o transporte de um sistema de nappes de facies para oeste, que coloca os metassedimentos do Supergrupo Minas (de ambientes de altos estruturais da margem continental distal) sobre as rochas do Supergrupo Espinhaço, Seqüência da Serra da Boa Vista e embasamento arqueano, já desnudadas por erosão.

A progressão metamórfica normal e crescente de oeste para leste, é visível nas rochas polimetamórficas do embasamento arqueano do complexo TTG e *Greenstone Belt* Rio das Velhas, porém, as rochas do Supergrupo Minas aparentemente não seguem por completo essa progressão, apresentando diferentes intensidades de metamorfismo em perfis contíguos de seus grandes pacotes metassedimentares de empilhamentos tectônicos. Pode-se com isso sugerir que o napismo dos metassedimentos do Supergrupo Minas ocorreu após seu metamorfismo, ou ainda em diversos pulsos pré a pós metamórficos se as diferentes intensidades de metamorfismo aqui constatadas em seus pacotes forem confirmadas.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, G.C. 2004. *Evolução petrogenética e metalogenética da mina de ouro do Pari e arredores, NE do Quadrilátero Ferrífero-MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 228p. anexos.
- Alkmim F.F. & Marshak S. 1998. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, **90**:29-58.
- Almeida, F.F.M. 1967. *Origem e evolução da plataforma brasileira*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Boletim 241, 36p.
- Almeida, F.F.M. 1976. Estruturas do Pré-Cambriano Inferior Brasileiro. In: SBG, Cong. Bras. Geol, 29, Resumos, 201-202.
- Almeida, F.F.M. 1977. O cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.* **7**:349-364.
- Almeida-Abreu P.A. & Pflug, R. 1994. The geodynamic evolution of the southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. *Zbl. Geol. Paläont.*, **1/2**:21-44.
- Almeida-Abreu P.A. & Renger F.E. 1999. Discussão – “O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: registro de uma bacia rifte-sag do Paleo/Mesoproterozoico”, de M. A. Martins-Neto. *Rev. Bras. Geoc.* **29**:663-665.
- Almeida-Abreu, P.A. & Renger, F.E. 2002. Serra do Espinhaço Meridional: um orógeno de colisão do Mesoproterozóico. *Rev. Bras. Geoc.* **32**:1-14.
- Babinski, M., Chemale Jr., F. E Van Schmus, W. R. 1991. Geocronologia Pb/Pb em rochas carbonáticas do Supergrupo Minas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: Cong. Bras. Geol., 3, *Anais*, vol. 2, 628-630.
- Baltazar O.F. & Raposo F.O. 1993. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Folha Mariana, SF.23-X-B-I. Escala 1:100.000. Brasília: DNPM/CPRM, 196p.
- Barbosa, A.L.M. 1968. Contribuições Recentes à Geologia do Quadrilátero Ferrífero. In: SBG - Núcleo MG, Conferência, UFOP, Escola de Minas, Depto. Geol. 3ª reimpressão, Ouro Preto, 1983.
- Barbosa, A.L.M. 1969. Geologic map of the Antônio Pereira Quadrangle, Minas Gerais, Brazil (1:25.000), Plate 8, in: J.V.N. Dorr (1969): *Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS, Prof. Pap. 641-A, 110p.

- Barbosa, O. 1949. Contribuição à geologia do centro de Minas Gerais. *Min. Met.* vol. 14, 79: 3-19.
- Battestin, T.N. 2006. *Itabiritos das Formações Cauê, Gandarela e Cercadinho – Supergrupo Minas – Região de Antônio Pereira, MG. Metalogênese e Propriedades Tecnológicas dos Minérios de Ferro*. Monografia de Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 112p.
- Brito Neves, B.B.D., Kawashita, K. E Delhal, J. 1979. A evolução geocronológica da cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. *Rev. Bras. Geoc.* 9:71-85.
- Carneiro, M.A. 1992. *O complexo metamórfico Bonfim Setentrional (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais): Litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento da crosta continental do Arqueano*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 233p.
- Bucher, K., Frey, M. 1994. *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer-Verlag, Berlin, 318 pp.
- Carneiro, M.A., Teixeira, W., Machado, N. 1993. Evolução geológica policíclica de terrenos granito greenstone do Arqueano Superior do Cráton do São Francisco Meridional; um exemplo a partir do Complexo Metamórfico de Bonfim Setentrional. *In: Simp. Cráton do São Francisco, 2, Anais, 70-74.*
- Costa, M.T.D., Romano, A.W. 1976. Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, 1: 1.000.000. IGA, Belo Horizonte.
- COMIG/CPRM 2003. Mapa geológico do Estado de Minas Gerais, 1:1.000.000, Belo Horizonte.
- COMIG 2005. Geologia do Quadrilátero Ferrífero Escala 1:50.000 (DVD-ROM).
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. 1972. *An Introduction to the Rock Forming Minerals*. Longman, Londres, 528 pp.
- Derby, O.A. 1905. The geology of the diamond and carbonado washings of Bahia, Brazil. *Econ. Geol.* 1:134-142.
- Derby, O.A. 1906. The Serra do Espinhaço, Brazil. *Journ. of Geol.*, 14:374-401.
- DORR, J.V.N.; GAIR, J.E.; POMERENE, J.B.; RYNEARSON, G.A. 1957. *Revisão da estratigrafia pre-cambriana do Quadrilátero Ferrífero*. Rio de Janeiro, DNPM-DFPM. 31p. (Avulso nº 81).
- Dorr, J.V.N. 1966. Stratigraphy. - Pr. IV-2-IV-5, *in: Outline of the Geology of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*, Amer. Geol. Inst., Brazil, Washington 1966.

- Dorr, J.V.N. 1969. *Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS, Prof. Pap. 641-A, 110p.
- Dorr, J.V.N., Barbosa, A.L.M. 1963. *Geology and ore deposits of the Itabira Districts, Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS, Prof. Pap. 341-C, 110p.
- Dorr, J.V.N., Gair, J.E., Pomerene, J.B., Ryneerson, G.A. 1957. *Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero*. Rio de Janeiro, DNPM, Div. Fom. Min. Avulso, 81, 31p.
- Dussin, T.M., Dussin, I.A., Noce, C.M., Rossi, P., Charvet, J. 1997. Tectonic setting and origin of the mesoproterozoic Borrachudos granites (MG, Brazil). *Simp. Sul Amer. de Geol. Isotop., Resumos Expandidos*, 104-106.
- Endo, I. 1997. *Regimes Tectônicos do Arqueano e proterozóico no interior da placa Sanfranciscana, Quadrilátero Ferrífero e Áreas Adjacentes, Minas Gerais - São Paulo*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 243p.
- Eschwege, W.L.v. 1817. Idées générales sur la constitution géologique du Brésil. *Ann. Mines*, II:238-240.
- Eschwege, W.L.v. 1822. *Geognostisches Gemälde von Brasilien und wahrscheinliches Muttergestein der Diamanten*. - 44p., Landes-Industrie-Comptoirs, Weimar, 1822.
- Eschwege, W.L.v. 1832. *Beiträge zur Gebeirgskunde Brasiliens; mit vier petrographischen geognostischen Karten*. - 488 p., G. Reimer, Berlin, 1832.
- Fleischer, R. E Routhier, P. 1973. The consanguineous origin of a tourmaline bearing gold deposit: Passagem de Mariana (Brazil). *Econ. Geol.* 68:11-22.
- Gorceix, H. 1885. Estudos sobre a monazita e a xenotima do Brasil. *Anais da Escola de Minas de Ouro Preto*, 4:29-48.
- Guimarães, D. 1931. *Contribuição à geologia do Estado de Minas Gerais*. Rio de Janeiro, Serv. Geol. Min., Bol. 55, 36p.
- Guimarães, M.L.V. 1992. *Petrogênese das rochas precambrianas da região de Itabira-Morro do Pilar, borda SE da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 138p.
- Harder, E.C., Chamberlin, R.T. (1915): The Geology of central Minas Geraes, Brazil. *Journ. of Geol.*, 23:341-378 e 385-424.
- Herz, N. 1970. *Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS, Prof. Pap. 641-B, 58p.

- Herz, N. 1978. *Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS, Prof. Pap. 641-C, 81p.
- Hurley, P.M. 1961. The basement of Central and South America, or, how not to date a continent [with discussion], *New York Acad. Sci. Annals*, Vol. 91, 571-575.
- Inda, H.A.V., Schorscher, J.H.D., Dardenne, M.A., Schobbenhaus, C., Haralyi, N.C.E., Branco, P.C.A., Ramalho, R. 1984. O Cráton do São Francisco e a Faixa de Dobramentos Araçuaí. In: C. Schobbenhaus, D.D.A. Campos, G.R. Derze, H.E. Asmus (coords.), *Geologia do Brasil*. DNPM, Div. Geol. Min. Pp. 193-248.
- Luchesi, I. 1991. *Evolução Petrogenética e metalogenética da Serra da Boa Vista, Quadrilátero Ferrífero-MG*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 134p.
- Luchesi, I. & Schorscher, H.D.S. 1989. Evolução petrogenética e metalogenética da Serra da Boa Vista, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. 1º Relatório Científico, FAPESP, Proc. Nº 88/0806-1, 99p.
- Machado, G.A.A. 1998. *Jazidas de Esmeralda de Capoeirana e Belmont – MG: Geologia, Petrogênese e Metalogênese*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 196p. Anexos.
- Machado, N., Noce, C.M., Belo de Oliveira, O.A., Ladeira, E.A. 1989a. Evolução geológica do quadrilátero ferrífero no arqueano e proterozóico inferior, com base em geocronologia U-Pb. In: SBG, Simp. Geol. Minas Gerais, 5, / Simp. Geol. Brasília, 1, *Anais*, 10, 1-5.
- Machado, N., Schrank, A., Abreu, F.R.D., Knauer, L.G., Almeida-Abreu, P.A. 1989b. Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço meridional. In: SBG-MG, Simp. Geol. de Minas Gerais, 5, / Simp. Geol. Brasília, 1, *Anais*, 10, 171-174.
- Machado, N., Noce, C.M., Feng, R. 1993. Idades $207\text{Pb}/206\text{Pb}$ de zircões detríticos de rochas metassedimentares da região do Quadrilátero Ferrífero, Sul do Cráton do São Francisco: Considerações sobre áreas-fonte e idades de sedimentação. In: Simp. Cráton São Francisco, 2, *Anais*, 149-151.
- Machado, N., Schrank, A., Noce, C.M., Gauthier, G. 1996a. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: Implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth Plan. Sci. Lett.*, **141**:259-276.
- Machado, N., Schrank, A., Noce, C.M., E Gauthier, G. 1996b. Idades de zircões detríticos de seqüências arqueanas e paleo-proterozóicas do Quadrilátero Ferrífero: Implicações para a

- evolução do Greenstone Belt do Rio das Velhas e da Bacia de foreland do Supergrupo Minas. In: SBG, Congresso brasileiro de geologia, 39, *Anais*, 6, 110-114.
- Maxwell, C.H. (1972): *Geology and ore deposits of the Alegria District, Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS, Prof. Pap. 341-J, 72 p.
- Mello, C.L., Sant'anna, L.G., Bergqvist, L.P. 2000. Sítio paleontológico de Fonseca, Minas Gerais (Vegetais fósseis do Terciário brasileiro).
<http://www.unb.br/ig/sigep/sitio086/sitio086.htm>
- Moraes, L.J., Barbosa, O. 1939. *Ouro no centro de Minas Gerais*. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, Boletim 38, 186 p.
- Moore, S.L. 1969. *Geology and Ore deposits of the Antônio dos Santos, Gongo Soco, and Conceição do Rio Acima quadrangles, Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS, Prof. Pap. 341-I, 50 p.
- Pflug, R. 1965. A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Boletim, 226, 55p.
- Pflug, R. 1968. *Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 20 p. (NotasPrel. 142).
- Pflug R., Renger F. 1973. Estratigrafia e evolução geológica da margem sudeste do Cráton Sanfranciscano. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 27, Aracajú, *Anais*, 2:5–19
- Pinto, C.P. 1996. *Projeto Rio das Velhas*. Belo Horizonte, CPRM. 121p
- Rettinger, R. 1998. *Thermometamorphic characterization of the transition zone between the Archean São Francisco Craton and the Proterozoic mobile belt, Minas Gerais, Brazil*. Tese de Doutorado (Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor – Naturwissenschaften), Universidade de Potsdam, 116 p.
- Rossi, G., Battestin, T.N., Battoni, M.A., Schorscher, J.H.D. 2006. Contribuições a Geologia Precambriana da Região Norte da Quadrícula Antônio Pereira, QF, MG, Brasil. In: SBG, Cong. Brás. .Geol., 43, *Atas*, p. 175
- Rossi, G. & Schorscher, J.H.D., 2006. Geologia precambriana e mineralizações de ouro da Sequência da Serra da Boa Vista e correlatos, leste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Projeto de Pesquisa de Mestrado. FAPESP 2006/05597-1 Submetido.
- Sant'anna, L. G., Schorscher, H. D. 1997. Estratigrafia e mineralogia dos depósitos Cenozóicos da região da Bacia de Fonseca, estado de Minas Gerais, Brasil. *Anais Acad. Bras. Ciênc.* 69:211-226.

- Sant'anna, L. G., Schorscher, H.D., Riccomini, C. 1997. Cenozoic tectonics of the Fonseca Basin region, eastern Quadrilátero Ferrífero, MG, Brazil. *J. South American Earth Sciences*, **10**:275-284.
- Santos, A.R. 1986. *Estudos sobre a tectônica de fraturamento na região do Quadrilátero Ferrífero e em partes do Complexo Migmatítico-granulítico de Minas Gerais com base em sensoramento remoto*. Tese de doutorado Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 172p.
- Schobnehaus, C., Campos, D.A., Derze, G.R., Asmus, H.E. (coords). 1981. Mapa Geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais; escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM/MME (4folhas).
- Schöll, W.U., Fogaça, A.C.C. (1979): Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina. - In: SBG-MG, Simp. Geol. Minas Gerais, 1, *Atas*, 55-73.
- Schorscher, J.H.D. (1973); Zur liegenden Abgrenzung der präkambrischen Minas-Gruppe, am Beispiel des Raumes Itabira, Minas Gerais, Brasilien. *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, **31/32**:29-53.
- Schorscher, J.H.D. 1975. *Entwicklung des polymetamorphen präkambrischen Raumes Itabira, Minas Gerais, Brasil*. Tese de Doutorado, Univ. de Heidelberg, 304p.
- Schorscher, J.H.D. 1976a. Polimetamorfismo do Pré-Cambriano na região de Itabira, Minas Gerais, Brasil. In: SBG, Cong. Bras. Geol., **29**, *Resumos*, 194-195.
- Schorscher, J.H.D. 1976b. Alpinotype Deckentektonik im Präkambrium des Eisernen Vierecks, Minas Gerais, Brasilien. In: 5. Geowiss. Lateinamerika-Kolloquium, *Tagungsunterl*, 33-35, Clausthal-Zellerfeld.
- Schorscher, J.H.D. 1979. Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento arqueano do Quadrilátero Ferrífero. *Anais Acad. Bras. Ciênc.* **51**:767-768.
- Schorscher, J.H.D. 1979. Evolução arqueana e proterozóica do Quadrilátero Ferrífero e de partes meridionais da Serra do Espinhaço. In: Simpósio sobre a Geologia do Craton São Francisco e de suas Faixas Marginais, 1, *Resumos*.
- Schorscher, J.H.D. 1980a. Geotectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Brazil. In: Inter. Geol. Cong., **26**, *Abstracts*, Vol. 2, p. 613.
- Schorscher, J.H.D. 1980b. Contribuição à estratigrafia proterozóica do Quadrilátero Ferrífero. *Anais Acad. Bras. Ciênc.*, **52**:195.
- Schorscher, J.H.D. 1988. Quadrilátero Ferrífero and adjacent areas. In: Inter. Conf. Geoch. Evol. Contin. Crust, *Guidebook*, 96 p.

- Schorscher, J.H.D. 1992. *Arcabouço petrográfico e evolução crustal de terrenos precambrianos do sudeste de Minas Gerais, Quadrilátero Ferrífero, Espinhaço Meridional e Domínios granito-gnáissicos adjacentes*. Tese de Livre Docência, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 394p.
- Schorscher, J.H.D., Guimarães, P.F. 1976. Estratigrafia e tectônica do Supergrupo Minas e geologia do Distrito Ferrífero de Itabira. *In: SBG, Cong. Bras. Geol., 29, Roteiro das Excursões*, p. 75-86.
- Schorscher, J.H.D., Santana, F.C., Polônia, J.C., Moreira, J.M.P. 1982. Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais State: Rio das Velhas greenstone belt and Proterozoic rocks. *In: Internatinal Symposium / Archaean and Early Proterozoic Crustal Evolution and Metallogeny. ISAP. Excursien Guyde (annex) - Field Trip, CPM-SME, n.3, 46p.*
- Simmons, G.C., Maxwell, C.H. 1961. *Grupo Tamanduá da Série Rio das Velhas*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Boletim, 211, 30p.
- Simmons, G.C. (1968): *Geology and mineral resources of the Barão de Cocais area, Minas Gerais, Brazil*. Washington, USGS, Prof. Pap. 341-H, 46p.
- Spear, F.S. 1993. *Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths*. Mineralogical Society of America, Washington, D. C. , 799 pp.
- Teixeira, W. 1982. Geochronology of southern part of São Francisco Craton. – *Rev. Bras. Geoc.*, **12**:268-277.
- Teixeira, W., DOSSIN, I.A., DOSSIN, T.M., SALVADOR, E.D., SIGA JR., O., SATO, K. 1990. Interpretação do contexto geotectônico do embasamento na borda leste do Sistema Espinhaço, região de Guanhões e Gouveia-MG, com base numa integração do seu conjunto geocronológico U/Pb, Rb/Sr e K/Ar. *In: SBG, Congr. Bras. Geol., 36, Anais, Vol. 6, 2711–2722.*
- Thorpe, R.I., Cumming, G.L., Krstic, D. 1984. Lead isotope evidence regarding age of gold deposits in the Nova Lima district, Minas Gerais, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, **14**:147-152.
- Torquato, J.R. 1976. Geotectonic correlation between SE Brazil and SW África. *Anais Acad. Bras. Ciênc.*, **48**:353-363.
- Uhlein, A. 1982. *Geologia e mineralizações de cromita e itabiritos da região de Serro - MG*. Tese de Mestrado (ined.), Universidade de Brasília, 189p.
- Uhlein, A. 1991. *Transição cráton-faixa dobrada: exemplo do craton do São Francisco e da faixa Araçuaí (ciclo Brasileiro) no estado de Minas Gerais. Aspectos estratigráficos e estruturais*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 295p.

- Veneziani, P. 1987. *Análise dos movimentos da tectônica rúpil e rúptil-dúctil através da interpretação de produtos de sensores remotos da região do Espinhaço Meridional (MG): uma correlação com processos evolutivos*. Tese de doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 186p.
- Vial, D.S. 1988. Mina de ouro de Passagem, Mariana, Minas Gerais. In: C. Schobbenhaus & C.E.S. Coelho (eds.), *Principais Depósitos Minerais do Brasil*, Vol. 3:421-430, DNPM.
- Winkler, H.G.F. 1976. *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer-Verlag, Nova York , 334 pp.

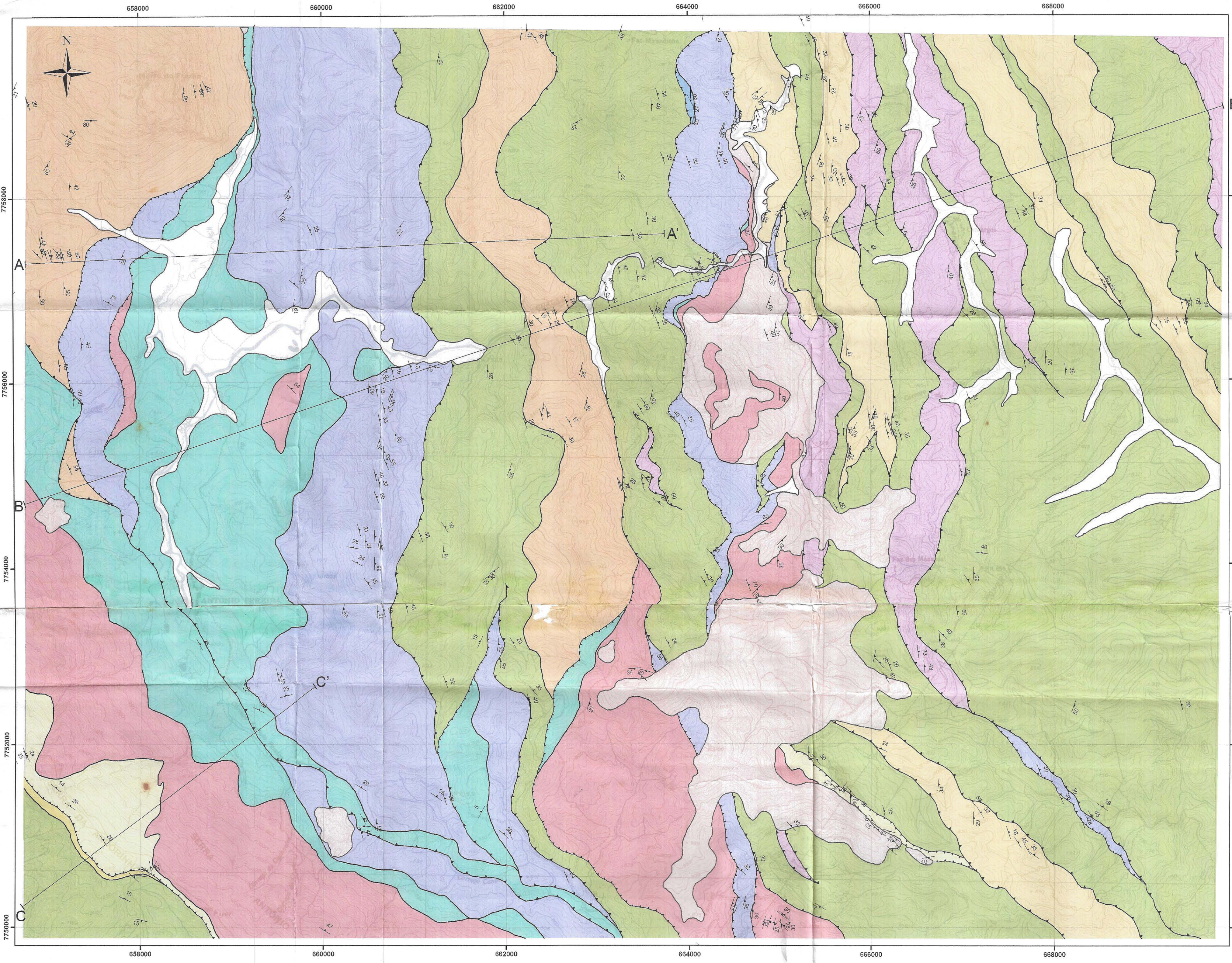
Anexo 1: Mapa de afloramentos 1:25.000

Anexo 2: Mapa geológico 1:25.000

Anexo 3: Mapa topográfico reduzido com a localização das
seções delgadas descritas

DOAÇÃO
<i>IGC-USP</i>
Data: <i>02/05/08</i>

Mapa geológico da parte norte da quadrícula Antônio Pereira, QF, MG



Legenda

- Foliação principal (Sn)
- Contato sedimentar tectonizado
- Falha inversa de baixo ângulo (contato de *nappe*)
- Falha inversa de alto ângulo

Cenozoico

Cobertura aluvionar

Cobertura de canga

Paleoproterozoico

Supergrupo Espinhaço

Fm. Sopa-Brumadinho

Seqüência da Serra da Boa Vista

Quartzitos, metaconglomerados, mica xistos com mineralizações de ouro

Supergrupo Minas

Fm. Sabará

Fm. Cercadinho

Fm. Gandarela

Fm. Cauê

Fm. Moeda

Arqueano

Supergrupo Rio das Velhas

Gr. Maquiné

Gr. Nova Lima, níveis de formação ferrífera bandada (BIF) tipo algoma

Rochas Graníticas

Milonito gnaisses graníticos *lato sensu*

NM

NG

22° 5'

A declinação magnética cresce 5' anualmente

48°

42°

18°

20°

MG

Situação da área no estado de Minas Gerais

1:25.000

0 1 2 km

Datum: Corrego Alegre

Autores: G. Rossi; T.N. Battestin; J.H.D. Schorscher com a colaboração dos estagiários: M.A. Batoni, E. Bento, L. Siqueira, T. Hypolito, Y. B. W. Miranda e L. P. Santos.

Mapa elaborado em colaboração científica com a empresa MVRP Mineração Vale do Rio Piracicaba Ltda.

