UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

EVOLUÇÃO PETROGENÉTICA E METALOGENÉTICA DA MINA DE
OURO DO PARI E ARREDORES, NE DO QUADRILÁTERO
FERRÍFERO - MG

GUSTAVO CORRÊA DE ABREU

Orientador: Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO JULGADORA

Nome

Assinatura

Presidente: Prof. Dr. Joahhn Hans Daniel Schorscher

Examinadores: Prof. Dr. Antenor Zanardo

Prof. Dr. Caetano Juliani

Dr. Claudio Luiz Goraieb

Prof. Dr. Jorge Silva Bettencourt

SÃO PAULO
2005

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

DEDALUS - Acervo - IGC

30900016045

**EVOLUÇÃO PETROGENÉTICA E METALOGENÉTICA DA MINA
DE OURO DO PARI E ARREDORES, NE DO QUADRILÁTERO
FERRÍFERO-MG**

GUSTAVO CORRÊA DE ABREU

Orientador: Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher

TESE DE DOUTORADO
Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

São Paulo

2004

*Às irmãs
Marília e Tamires*

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
Capítulo I: INTRODUÇÃO; DESCRIÇÃO E OBJETIVOS	01
I.1. Introdução e Objetivos da Tese de Doutorado	01
I.2. Localização.....	02
I.3. Aspectos Geológicos Gerais.....	05
I.4. Histórico da Mina do Pari.....	08
Capítulo II: MÉTODOS UTILIZADOS	09
II.1. Trabalhos Preliminares.....	09
II.1.1 Levantamento bibliográfico.....	09
II.1.2 Revisão e estudo das coleções de amostras dos trabalhos anteriores	09
II.1.3 Planejamento das Campanhas de Campo	09
II.2. Trabalhos de Campo.....	09
II.2.1 Ampliação da área de abrangência	09
II.2.2 Amostragens sistemáticas na mina do Pari.....	09
II.2.3 Os mapeamentos de detalhe	13
II.2.4 Trabalhos de campo regionais	13
II.3. Estudos Laboratoriais	15
II.3.1 Foram realizados estudos mineralógico-petrográficos ópticos	15
II.3.2 Análises iniciais	15
II.3.3 Estudos de química mineral	17
II.3.4 A análise de isótopos estáveis	17
II.3.5 O tratamento informatizado dos dados químicos	20
II.4. Avaliações Finais.....	20
II.4.1 Interpretações finais	20
II.4.2 Redação e defesa da Tese de Doutorado.....	20
Capítulo III: GEOLOGIA REGIONAL E TRABALHOS ANTERIORES	21
III.1 Geologia do Quadrilátero Ferrífero.....	21
III.1.1 - Arcabouço Geológico Geral.....	21
III.1.2 - Estratigrafia do Quadrilátero Ferrífero: Evolução dos Conceitos.....	22
III.1.2.1 - Arqueano: Terrenos Granito-Gnáissicos e Sgr. Rio das Velhas.....	24
III.1.2.2 - Paleoproterozóico: Supergrupos Minas e Espinhaço.....	27
III.1.3 - Evolução Tectono-Metamórfica do Quadrilátero Ferrífero.....	33
III.2 - Geologia da Porção NE do Quadrilátero Ferrífero.....	37
III.2.1 Terrenos TTG (Tonalitos, Trondjemitos e Granodioritos).....	39
III.2.2 Sequência Metavulcano-Sedimen. do <i>Greenstone belt</i> Rio das Velhas.....	39
III.2.3 Metagranitóides Borrachudos(GB) e Metagranitóides Foliados c/ Fluorita (MGF).....	40
III.2.4 Os Supergrupo Minas e Espinhaço.....	41
III.2.5 Metamorfismo Regional e Evolução Estrutural.....	42
III.3 Metalogenia do Au no QF.....	42
III.3.1 Revisão da Metalogenia da Mina do Pari e Arredores.....	44
III.3.1.1 Geologia e Estruturas.....	44
III.3.1.2 Resumo da Petrografia da Mineralização e Ligas Naturais de Au.....	55

III.3.1.3 Geoquímica.....	61
III.3.1.4 Geotermômetro de Arsenopirita.....	63
III.3.1.5 Conclusões Preliminares da Metalogênese da Mina do Pari.....	67
III.3.2 Metalogenia de Outras Minas de Au Arqueanas do Quadrilátero Ferrífero.....	68
III.3.2.1 Contexto Geológico e Estrutural.....	68
III.3.2.2 Paragêneses Silicáticas e de Sulfetos.....	71
III.3.2.3 Estudos de Inclusões Fluidas.....	73
III.3.2.4 Estudos de Isótopos Estáveis.....	75
III.3.2.5 Estudos de Isótopos Radiogênicos e Geocronologia.....	76
III.3.2.6 Geotermômetros.....	79
III.3.3 Conclusões Preliminares Sobre os Aspectos metalogenéticos Gerais.....	80
Capítulo IV: GEOLOGIA LOCAL E PETROGRAFIA.....	82
IV.1. Complexo Gnáissico-Migmatítico.....	82
IV.1.1. Características Gerais.....	82
IV.1.2. Petrografia Microscópica.....	83
IV.1.2.1. Gnáisses Tonalíticos.....	83
IV.1.2.2. Gnáisses Granodioríticos.....	84
IV.1.2.3. Gnáisses Graníticos.....	84
IV.1.2.4. Enclaves Metamáficos.....	84
IV.1.2.5. Enclaves Metaultramáficos.....	85
IV.1.2.6. Veios Pegmatíticos.....	85
IV.2. Supergrupo Rio das Velhas.....	85
IV.2.1. Grupo Quebra Osso.....	85
IV.2.1.1. Características Gerais.....	85
IV.2.1.2. Petrografia.....	87
IV.2.2. Grupo Nova Lima.....	87
IV.2.2.1. Unidade A.....	88
IV.2.2.1.1. Características Gerais.....	88
IV.2.2.1.2. Petrografia.....	88
IV.2.2.2. Unidade B.....	88
IV.2.2.2.1. Características Gerais.....	89
IV.2.2.2.2. Petrografia.....	89
IV.2.2.3. Unidade C.....	93
IV.2.2.3.1. Características Gerais.....	93
IV.2.2.3.2. Petrografia.....	93
IV.2.2.4. Unidade D.....	93
IV.2.2.4.1. Características Gerais.....	93
IV.2.2.4.2. Petrografia.....	94
IV.3 Mineralizações e Encaixantes.....	94
IV.3.1. Características Gerais.....	94
IV.3.2. Petrografia.....	96
IV.3.2.1. Rochas Encaixantes da Lapa dMineralização.....	97
IV.3.2.1.1. Nível de Entrada da Mina (N-00) do Pari.....	97
IV.3.2.1.2. Nível 10 (N-10) da Mina do Pari.....	97
IV.3.2.2. Rochas En da Capa da Mineralização.....	99
IV.3.2.2.1 Nível de Entrada da Mina(N-00) do Pari.....	99
IV.3.2.2.2 Nível 10 (N-10)da Mina do Pari.....	99
IV.3.2.3. Petrografia da Mineralização.....	100
IV.3.2.3.1. Nível de Entrada (N-00) da Mina do Pari.....	100
IV.3.2.3.2. Nível 10 (N-10)da Mina do Pari.....	100
IV.3.2.3.3. Petrografia de Minerais Opacos.....	101
IV.3.2.3.4 Seqüência de Cristalização dos Minerais Opacos.....	104

IV.4 Ocorrências de Ouro nos Arredores de Pari, Quadrícula de Florália.....	105
IV.4.1 Pari Norte.....	106
IV.4.2 Mina do Patrimônio.....	109
IV.4.3 Gambá.....	109
IV.4.4 Bahú, Morro Alto, Fazenda Camas.....	114
IV.4.5 Comparações entre os Ambientes Arqueanos das Quadrículas Florália e Santa Bárbara.....	114
IV.4.6 Avaliação Preliminar do Potencial Aurífero da Quadrícula.....	115
Capítulo V: LITOGEOQUÍMICA.....	117
V.1 Diagramas de Classificação de Rocha.....	117
V.2 Geoquímica dos Perfis de Amostragens Contínuas (N-00 e N10).....	121
V.2.1 Fe (figuras 34a e 34b).....	123
V.2.2 Elementos Maiores (K, Mg, Mn, Al, Ca e Na) (figuras 34a e 34b).....	123
V.2.3 Cr, Ni, Co (figuras 34a e 34b).....	126
V.2.4 Ba, Cu e Zn (figura 35a e 35b).....	126
V.2.5 Au e Ag (figuras 35a e 35b).....	126
V.2.6 Platina e Platinóides (figuras 35a e 35b).....	129
V.2.7 Li, Rb, Nb, Y e W (figuras 36a e 36b).....	129
V.2.8 Be, Se, Bi, Ta e Te (figuras 36a e 36b).....	132
V.2.9 Cd, Cs, Ga e Ge (figuras 36a e 36b).....	132
V.2.10 Elementos Terras Raras (REE) (figura 37a e 37b).....	132
V.2.11 Hf, U, Th e Zr (37a e 37b).....	133
V.2.12 Sb, Sc e Sn (figura 37a e 37b).....	133
V.3 Diagramas de Harker e Ternários.....	136
V.4 Diagramas Normalizados de Terras Raras (ERT).....	144
V.5 Coeficientes de Correlação (anexo 8).....	147
V.6 Balanço de Massa.....	147
V.7 Considerações sobre a Litogeoquímica.....	152
Capítulo VI: QUÍMICA MINERAL.....	160
VI.1 Biotitas.....	160
VI.2 Cloritas.....	162
VI.3 Muscovitas.....	162
VI.4 Anfibólios.....	162
VI.5 Granadas.....	164
VI.6 Carbonatos óxidos de Fe e Fe-Ti.....	169
VI.7 Sulfetos (Arsenopirita, Pirita, Pirrotita, Esfalerita e Calcopirita).....	169
VI.8 Geotermômetros Granada Anfibólio e Granada-Biotita (Grt-Amf e Grt-Biot).....	174
VI.9 Geotermômetro de Arsenopirita.....	178
VI.10 Geotermômetro de Pirrotita.....	180
VI.11 Considerações sobre a Química Mineral.....	180
VI.11.1 Silicatos.....	180
VI.11.2 Sulfetos.....	182
VI.11.3 Geotermometria.....	183
VII. ANALOGIA A OUTRAS MINAS E DISTRITOS AURÍFEROS.....	185
VIII CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	194
VIII.1 Considerações Geológicas e Metalogenéticas Fundamentais.....	194
VIII.2 Conclusões do Estudo.....	196
VIII.3 Algumas Recomendações para a exploração Mineral.....	199

IX REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	201
ANEXOS	229

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, o Prof. Dr. Johann Hans Daniel Schorscher, pela oportunidade, o estímulo constante, as discussões, os conselhos, todo um legado de conhecimentos aprofundados sobre o Quadrilátero Ferrífero. Agradeço muito pelo que aprendi nesses últimos anos.

À FAPESP pelo apoio financeiro, sem o qual, muitos dos dados não estariam aqui apresentados.

Ao Instituto de Geociências da USP, pelas portas sempre abertas aos ex-alunos, pela sua estrutura, sua biblioteca, seus laboratórios, seus funcionários e professores.

À Companhia Vale do Rio Doce, em especial às pessoas dos Srs. Paulo Amorim e Diógenes S. Vial, pelo apoio formal oferecido, pela autorização de estudar áreas da companhia, e pela amizade confiada.

Aos amigos Xisto Andrade, Xisto Andrade Jr. e Fernando Oliveira, da Mineração Itaitinga pelo apoio nos trabalhos de campo nas regiões de João Monlevade, Nova Era e Rio Piracicaba, MG.

À São Bento Mineração S.A., Grupo Eldorado, pela autorização de trabalho na área, pelas amostras e análises gentilmente fornecidas, e pelo apoio de seus geólogos Sérgio Martins, Fernando Valladares e Juliano.

À Yamana Desenvolvimento Mineral S.A., em especial aos Srs. Geólogos Evandro Cintra e Antenor Silva, que muito me apoiaram nos últimos difíceis meses dessa tese.

À Geoexplore Consultoria e Serviços, em especial a Mario Conrado Reinhardt e Vicente Pereira, seus diretores, que sempre acreditaram e respeitaram meu trabalho.

Aos colegas Alexandre Chiarini, Gustavo Gallo Vilela e Fernando Fernandes da BTX Serviços Geológicos, que vi ascender tão rápido, pela moradia, churrascos e festas, e muitas discussões salutaras.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação de Mineralogia e Petrologia: Peter, Yuri, Gaston, Valentino, Apum, Lucelene, Tatiana, Andréas, Fernando Valladares, Fernando Spinelli, Fernando Camargo, Iede e Klaus, pelo excelente convívio e colaboração.

Aos amigos de pós-graduação do IGc-USP, Werner Weber, Gelson Fambrini, Lucas Warren, Marcelo Bárbara, Mauro Geraldês, Marco Aurélio.

Aos sócios da Geonet Consultoria Geológica Ltda, Artur Deodato Alves (Metanol) e Carolina Correa (Carniceira), pelo apoio e confiança durante todo esse período.

Aos geólogos da Bahia, presentes nos trabalhos da Mina de Fazenda Brasileiro, que sempre prestaram seu apoio nas discussões comparativas: Lúcia Guarnieri, Emerson, Israel, Valter Teodoro Jr., Carlos Paraizo, Sérgio Brandão, Maurício Assis, Maurício Góis e Luís Navarro.

Aos prestadores de serviços, Restaurante Rei, do amigo Reinaldo Alves Monteiro e Globo Geologia e Serviços, do amigo José Claudivan, conhecidos nos rincões do Brasil, e que muito me apoiaram.

Não poderia deixar de mencionar Gilson Rosa de Jesus, Amaro Pedrosa, César Oliveira, Uili Silva, Otávio Gomes de Jesus, José Soares, Senhor Expedito e Dona Nede, pessoas estas que foram as grandes descobertas durante as campanhas de campo desta tese.

Ainda agradeço o apoio prestado pelos alunos de iniciação científica da AOS – Associação dos Orientados do Schorscher, Reginaldo, Gabriel e Ana Flávia, pela colaboração e companheirismo.

Aos professores João Batista Moreschi, Caetano Juliani, Gergely Szabó, e Antônio Romalino Fragoso Cesar, pelas discussões e estímulos constantes.

Um agradecimento especial a Márcia Barbosa Vieira, que largou tudo para apoiar os meus passos nesses últimos dois anos. pela convivência, carinho e companheirismo.

E finalmente, agradeço aos meus pais, Gilberto e Graciema, que viram e sofreram comigo todos os reveses da vida durante esse período, mas que não deixaram em momento algum faltar o amor que alimenta as verdadeiras conquistas.

Resumo

A mina do Pari é a principal de várias mineralizações e depósitos de ouro menores, que ocorrem na quadricula Florália (1:25.000), na região NE do Quadrilátero Ferrífero, hospedadas em rochas metassedimentares, clásticas, químicas e vulcanoclásticas, metavulcânicas máficas e em veieiros de quartzo e quartzo-carbonáticos do Grupo Nova Lima, que é a unidade litoestratigráfica média vulcano-sedimentar máfica e química, do *greenstone belt* arqueano Rio das Velhas (definido como supergrupo homônimo). As mineralizações de ouro principais da mina do Pari e arredores, Pari Norte, Patrimônio, Gambá e Bahú, foram estudadas no campo, com mapeamento de semidetalhe (escalas 1:25.000 até 1:10.000) e perfilações detalhadas, com levantamentos de subsolo e sondagens (apenas mina do Pari), incluindo ainda estudos comparativos da mina São Bento e arredores, e das áreas Quebra Osso, Tanque Preto, Serra do Seara, Cambotas e Gongo Soco. Os estudos laboratoriais mineralógico-petrográficos e calcográficos, litogeoquímicos multielementares (FRX, ICP-MS, *fire assay*-AAS) e de química mineral (microsonda eletrônica) visaram caracterizar as associações litológicas regionais e das mineralizações de ouro (minérios, rochas encaixantes imediatas e rochas hospedeiras) para elucidar os diferentes fatores petro-metalogenéticos controladores das mineralizações e sua variação no curso da evolução geológica regional policíclica por orogêneses superimpostas arqueanas até neoproterozóicas/eopaleozoicas. Os resultados foram confrontados com a literatura de outras mineralizações de ouro do Sgr. Rio das Velhas na região do Quadrilátero Ferrífero inclusive de inclusões fluidas, isótopos estáveis e geocronológicos, e com modelos metalogenéticos de mineralizações de ouro em *greenstone belts* arqueanos. Entre os resultados principais destacam-se: os minérios de ouro predominantes da mina do Pari e das mineralizações maiores em sua continuação (Pari Norte, Patrimônio, Gambá), sendo BIF tipo Algoma vulcanogênicos, de fácies mista predominando sulfeto (arsenopirita, pirrotita); a origem singenética sedimentar-exalativa da mineralização, proximal em relação a centros submarinhos de vulcanismo básico toleítico de zona de crescimento de fundo oceânico; as transformações polimetamórficas arqueanas até neoproterozóicas dos minérios, sob condições P-T máximas transicionais da fácies xisto verde superior para anfíbolito durante o metamorfismo regional principal paleoproterozóico superior, final do Ciclo Minas/Espinhaço (Transamazônico); que este metamorfismo de grau médio não depauperou, pelo contrário, enobrecceu os minérios de ouro, tanto texturalmente quanto aumentando os teores de Au (*fineness*) da liga natural do metal; que processos epigenéticos de zonas de cisalhamento e outros intrínsecos ao modelo "*orogenic gold*" não contribuíram de forma notável à metalogênese da mina do Pari e das principais mineralizações associadas (exceto Bahú); e, por fim, que as reservas potenciais de ouro destes depósitos, com base em cálculos estimativos conservadores, totalizam cerca de 44 t de Au. Os estudos comparativos e da literatura indicaram que outras mineralizações e jazidas de ouro no Gr. Nova Lima, também podem ter tido origens sinsedimentares-exalativas, por exemplo, a mina São Bento, de ambiente sedimentar clástico fino (xistos grafitosos) e químico (BIF tipo Algoma de fácies sulfeto) distal de qualquer foco vulcânico, e as minas Morro Velho e Faria, entre outras. Também cabe destacar que o conceito de terrenos *greenstone belt* metamórficos de grau médio e alto arqueanos não terem potencialidade de ouro, precisa ser revisado, tanto a luz dos resultados de Pari, quanto de outras ocorrências mundiais, que hospedam inclusive jazidas de ouro de classe mundial.

Abstract

Pari mine is the major one of several smaller gold mineralizations and deposits which occur in the Florália quadrangle (1:25.000), NE Quadrilátero Ferrífero, hosted in clastic, chemical and volcanoclastic metasediments and mafic metavolcanic rocks (amphibolites), as well as in quartz and quartz-carbonate veins of the Nova Lima Group – middle stratigraphical unit of mafic and chemical volcanosedimentary rocks of the Archaean Rio das Velhas greenstone belt (defined as the homonymous supergroup). The gold mineralizations of the Pari mine and surroundings, Pari Norte, Patrimônio, Gambá and Bahú, were studied with geological mapping (scales 1:25.000 to 1:10.000) and detailed profiling, with underground mining geology and diamond drilling (Pari mine only), including also comparative studies of São Bento mine and surroundings, as well as of the Quebra Osso, Tanque Preto, Serra do Seara, Cambotas and Gongo Soco areas. Mineralogical, petrographical, ore-microscopy, geochemical (FRX, ICP-MS, fire-assay-AAS) and mineral chemistry (microprobe) laboratory studies were carried out in order to characterize the regional lithological associations and those of the gold mineralizations (ores, immediate wall and host rocks) in order to elucidate the different petro-metallogenetical factors which controlled the mineralizations and their variation in the course of the polycyclic regional geological evolution through Archaean to Neoproterozoic/Eopaleozoic superimposed orogeneses. Results were confronted with literature on other gold mineralizations, mainly of the Rio das Velhas greenstone belt in the Quadrilátero Ferrífero region, including fluid inclusion, stable isotopes and geochronological studies, and with metallogenetical models of gold mineralizations in Archaean greenstone belts. Among the results, the following stand out: the main gold ores of the Pari mine and the other larger-sized mineralizations in the continuation of the Nova Lima Group (Pari Norte, Patrimônio, Gambá) proved to be volcanogenic Algoma type BIF of mixed facies, yet with sulphide predominance (arsenopyrite, pyrrhotite); the syngenetic sedimentary-exhalative origin of the Pari mineralization, proximal to a submarine spreading center of tholeiitic volcanism; the Archaean to Neoproterozoic polymetamorphic transformations of the gold ores at maximum P-T conditions transitional from upper greenschist to amphibolite facies during the main regional metamorphism of Upper Paleoproterozoic age, at the end of the Minas/Espinhaço (Transamazonian) Cycle; that this medium-grade metamorphism did not impoverish the ore, quite on the contrary, it ennobled the ore, texturally as well as in augmenting the Au-content (fineness) of the natural Au-Ag gold alloy; that epigenetic shear-zone related processes and others, which are intrinsic to the "orogenic gold" concept, did not notably act in the metallogenesis of the Pari mine, nor of the other associated gold mineralizations (except Bahú); and, last not least, that the potential gold resources of these deposits, based on conservative estimative calculations, total about 44 t Au. The comparative studies and literature indicate that other gold deposits in the Nova Lima Group may also have had synsedimentary-exhalative origins, for instance, the São Bento mine mineralization, of a fine clastic (graphitic schists) and chemical (sulphide facies Algoma type BIF) sedimentary environment, distal to any active volcanic center, as well as the Morro Velho and Faria mines, among others. It must also be pointed out that the concept that medium and high grade metamorphic greenstone terrains do not own gold potential has to be reviewed in the light of the results of Pari, as well as of other Archean terrains worldwide which host even world class gold deposits.

Capítulo I: INTRODUÇÃO; DESCRIÇÃO E OBJETIVOS

I.1. Introdução e Objetivos da Tese de Doutorado

O estado atual de conhecimentos da metalogênese do ouro (Au) no Quadrilátero Ferrífero (QF) é caracterizado muito mais pela polaridade e antagonismo *a priori* das opiniões científicas, muitas vezes conceituais e polêmicas, do que por contribuições fáticas novas ao conhecimento, considerando todos os aspectos marcantes e relevantes das mineralizações conhecidas, que, aliás, continuam as mesmas já descritas desde Calógeras (1904), Freyberg (1934) e Moraes e Barbosa (1939), entre outros, sem novas descobertas significativas.

Diante da discussão e controvérsia registrada na vasta literatura sobre a geologia da região do Quadrilátero Ferrífero e, em particular, no assunto da metalogenia do ouro arqueano, escolheu-se uma abordagem multidisciplinar-integrada, visto que foram poucos os autores mais recentes que realmente empregaram múltiplas ferramentas nos seus estudos (p.ex.: Ladeira, 1980; Luchesi, 1991; Abreu, 1995).

Entende-se ainda, que o estudo proposto permitirá elaborar, além de novos fundamentos metalogenéticos científicos, critérios de aplicação prospectiva, o que vem encontrando respaldo nos resultados de pesquisas internacionais (p.ex.: como conduzidas em Hemlo, no *greenstone belt* de Wawa, Canadá e muitas outras nos *greenstone belts* da Austrália ocidental) e na atuação e experiência acadêmica, científica e profissional do doutorando, sempre dedicada a pesquisa de mineralizações de ouro.

Esse estudo insere-se na principal linha de pesquisa do orientador que versa sobre a evolução crustal precambriana, petrogênese e metalogênese de partes SE do Cráton do São Francisco. Foi desenvolvido no prazo regular do curso de Doutorado do IGC-USP com a participação do orientador e sua equipe e contou também com o apoio de empresas mineradoras permitindo acesso e coleta de amostras em suas áreas de interesse, minas ativas e/ou abandonadas.

A Tese teve os seguintes objetivos principais e complementares:

a) Estudo das seqüências de rochas supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas do Morro do Pari e arredores, incluindo a ampliação das áreas de abrangência e o aprimoramento dos mapas geológicos em escala 1:25.000, com os seguintes intuitos:

- a.1) Detalhamento litoestratigráfico e litoestrutural das seqüências (utilizando-se inclusive amostras e dados de sondagem).
- a.2) Estudo da mineralização e suas rochas encaixantes, além dos diversos litotipos circunvizinhos pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas, com a conseqüente comparação entre as diversas mineralizações próximas (Bahú, Gambá, Patrimônio e São Bento), sobretudo quanto a forma, estratigrafia, estrutura, rochas encaixantes e ambientes.
- b) Caracterização petro-metalogenética detalhada de todas as unidades litoestruturais mapeadas e descritas nos furos de sondagem, com enfoque nas rochas do Grupo Nova Lima, em particular aquelas mineralizadas em Au.
- c) Estudo geoquímico da mineralização e de suas encaixantes, bem como o estudo da microgeoquímica das ligas naturais de Au-Ag, e das fases sulfetadas e silicáticas objetivando sua caracterização e modelamento metalogenético para o ouro.
- d) Geotermometria em sulfetos e silicatos para avaliar as prováveis temperaturas dos processos metalogenéticos e metamórficos que originaram e transformaram a mineralização de Au da mina do Pari.
- e) Geração e aprimoramento do modelo da geologia e metalogênese do ouro da mina do Pari através da interpretação e integração de todos os dados novos e antigos obtidos desde a dissertação de mestrado de Abreu (1995).

I.2. Localização

A mina do Pari (Fotografias 01 e 02) está localizada na quadrícula de Florália, 1:25.000 (coordenadas: latitude 19° 52' 30" / 20° 00' 00" S e longitude 43° 15' 00" / 43° 22' 30" W) a qual foi a única não mapeada pela equipe DNPM-USGS (Figura 01).

A distância de Belo Horizonte a Santa Bárbara é de 100 km, no sentido leste da capital mineira. O acesso a partir de Belo Horizonte se dá pela BR-262 por 70 km até o entroncamento da MG-436, estando Santa Bárbara a 30 km deste ponto.

Fotografia 01: Entrada principal da mina do Pari, em 1988 quando do início dos trabalhos de re-avaliação da UNAMGEN Min. e Met. S.A.

Atravessando-se a cidade de Santa Bárbara, toma-se uma rodovia vicinal não pavimentada que leva a represa do Peti, caminhando-se nesta por 5 km, toma-se então à direita, por outra estrada vicinal, até atingir a vila de Florália, com cerca de 1000 habitantes. A mina do Pari se encontra a 2km a sul desta vila, às margens do rio Valéria, próximo à antiga estação ferroviária de Florália, na ferrovia Vitória – Minas (CVRD).

Fotografia 02: A mesma entrada da fotografia anterior nos dias de hoje, dominada pela vegetação.

Figura 01
Mapa de Localização da Quadrícula de Florália

1.3. Aspectos Geológicos Gerais

A geologia da porção NE do Quadrilátero Ferrífero, incluindo as quadrículas de São Gonçalo do Rio Abaixo (a norte), a de Florália (no centro) e Bateias (a sul), exposta em Dorr (1969) nos trabalhos da equipe do Convênio DNPM-USGS, foi apenas foto-interpretada e verificada em poucos perfis regionais para fins de integração no mapa regional em escala 1:150.000.

A área de estudo principal, a mina do Pari, caracteriza-se por ser uma extensão do "Greenstone belt Rio das Velhas" (Figura 02) e também de demais unidades litoestruturais do Quadrilátero Ferrífero (Schorscher, 1976a; 1978; 1979a; 1992; Inda et al., 1984; Schorscher et al., 1986; 1990). A região é um importante metalotecto, principalmente para Au, e minério de ferro.

A importância metalogenética dessa mina de ouro (Fotografias 03, 04, 05 e 06), no âmbito do Quadrilátero Ferrífero, vem de suas características bastante distintas das demais mineralizações auríferas do Supergrupo Rio das Velhas. As condições metamórficas são de grau superior a da quase totalidade das minas de Au do Quadrilátero Ferrífero, isto é, a mina do Pari encontra-se na transição da fácies xisto verde alto para anfibolito.

Até então, somente o trabalho de Abreu (1995) fora de cunho acadêmico e sistemático de caracterização sumária do minério e suas encaixantes.

Fotografia 3: Local de amostragem no salão principal da mina do Pari (Nível-00), com as marcas da primeira amostragem de canal realizada em 1986.

Figura 02

Mapa Geológico Compilado
(Borda E do Quadrilátero Ferrífero)
Escala Aprox. 1:285.000

Escala aproximada 1:285.000

Legenda

- cidade, vila, povoado
- principais rodovias e acessos
- estrada de ferro
- principais drenagens
- perfil
- mineração ativa
- mineração desativada
- falha de empurrão
- falha transcorrente
- falhas diversas
- eixo de estiramento
- foliação principal
- acamamento (S₁)
- eixo de sinclinal invertido
- estruturas dômicas

Unidades Estratigráficas

- QTa Aluviões (Terciário - Quaternário)
- B Intrusivas básicas indiferenciadas
- PPel Supergrupo Espinhaço indiviso
- PPmi Supergrupo Minas indiviso
- PX-p Granito Borrachudos
- Amq Grupo Maquiné
- Anl Grupo Nova Lima (ff=BIF)
- Aqo Grupo Quebra-Ossos
- Attg Granitos e gnaisses indivisos

Minas de Au

1	Pari	12	São Jorge
2	Patrimônio	13	Brumal
3	Gambá	14	Jambeiro
4	Bahú	15	Pantame
5	São Bento	16	Brumadinho
6	Santa Quitéria	17	Fazendão
7	Córrego do Sítio	18	Água-Quente
8	Gongo Soco	19	Pitangui
9	Luis Soares	20	Taquaril
10	Quebra Osso	21	Brucutu
11	Tanque Preto		

Folhas compiladas

Nº	Folha 1:25.000	Autor principal	Outros autores	Trabalhos básicos de compilação
1	Antonio dos Santos	Schorscher (1973)	Crocco-Rodri. et al. (1989)	Dorr (1969)
2	Cocais	Schorscher (1973)	Crocco-Rodri. et al. (1989)	Schorscher (1988a, 1991, 1992)
3	Antonio dos Santos	Moore (1969)	Crocco-Rodri. et al. (1989)	Pr. Rio das Velhas (1991)
4	Cocais	Simmons (1968)	Crocco-Rodri. et al. (1989)	Harder & Chamberlain (1915)
5	S. Gon. Rio Abaixo	Alves (1986)	Schorscher et al. (1997)	Alves, M.G. (1986)
6	João Monlevade	Reeves (1966)	Guarnieri (2003)	Santos, A.R. (1986)
7	Gongo Soco	Simmons (1969)		
8	Santa Bárbara	Moore (1969)	Proj. Rio das Velhas (2000)	
9	Florália	Mothé F. (1996)	Schorscher et al. (1996)	
10	Rio Piracicaba	Reeves (1966)	Guba (1982)	
11	Conc. R. Abaixo	Moore (1969)		
12	Catas Altas	Maxwell (1972)	Luchesi (1991)	
13	Bateias	Davies (1993)	Davies et al. (1994)	
14	Capanema	Maxwell (1972)		
15	Sta. Rita do Durão	Maxwell (1972)

Legenda:

- Sedimentos paleoproterozóicos
- Greenstone belt Rio das Velhas
- Complexo granito-gnássico
- Área compilada

Articulação das folhas

1	2	5	6
3	4		
7	8	9	10
11	12	13	
14	15

Fotografia 4: Detalhe da fotografia anterior mostrando os locais de amostragem. Salão principal (Nível 00) da mina do Pari.

Fotografia 05: Parede dos fundos do salão principal da mina do Pari, com as marcas das amostras realizadas em vermelho.

Fotografia 06: Amostra do minério aurífero típico da mina do Pari

O presente estudo inclui geologia, mineralogia-petrografia, litogeoquímica, química mineral, microgeoquímica da liga natural Au-Ag e de fases minerais usadas em geotermometria, e pretende contribuir aos conhecimentos da geologia e metalogenia do Au da região e, em geral, do Quadrilátero Ferrífero.

1.4. Histórico da Mina do Pari

As mais antigas informações a respeito das lavras de ouro na área vêm dos meados do século XIX, mencionando que o Coronel João José Carneiro de Miranda explorava aluviões e coluviões e rochas intensamente intemperizadas, não se sabendo com exatidão o local e não se tendo deste período nenhum registro escrito sobre a produção.

As operações em subsolo na Mina do Pari (Fotografias 1 a 5) iniciaram-se em 1882 pela Santa Bárbara Gold Mining Company Ltd. Esta empresa minerou até 1889, lavrando aproximadamente 270.000t de minério, com um teor médio produzido de 10,5 g/t. Os proprietários desta empresa eram os ingleses William Turner Atherton e Percy Murly Gotto, também sócios de outras minas na região.

No final século XIX, entre 1885 e 1893, essa mina produziu cerca de 2,68 toneladas de Au com métodos bastante rudimentares de lavra e tratamento de minério. A recuperação do Au era feita por gravimetria e amalgamação. Quando da paralisação de suas atividades em 1937, a mina já operava numa profundidade vertical de cerca de 300m, lavrando rocha fresca, mostrando-se, já nessa época, que o minério sulfetado não possuía características refratárias de recuperação, diferentemente do que era constatado na Mina São Bento, entre outras da região, que permitiam extração do Au apenas em litologias intemperizadas, ou seja, em minério oxidado.

A partir de 1889, a Mina do Pari foi arrendada à Saint John Del Rey Mining Co. (atual Anglo Gold), que lavrou e desenvolveu a mina até a suas paralisação em 1937.

Após o abandono, a mina encheu-se de água até o nível principal de acesso e assim permaneceu até junho de 1988, quando a Unamgen Mineração e Metalurgia S.A. iniciou os trabalhos para reavaliação das reservas, vindo então a concluí-los no início de 1991.

O autor trabalhou na UNAMGEN Min. e Met. S.A. por período de 3 anos, participando integralmente da reavaliação do depósito.

Capítulo II: MÉTODOS UTILIZADOS

Nesta tese utilizou-se um acervo metodológico diversificado, entretanto, bastante simples. Basicamente, utilizaram-se das ferramentas da geologia fundamental, incluindo revisões da literatura, trabalhos de campo (mapeamento regional, de semidetalhe e detalhe) e estudos laboratoriais de caracterização petrográfica, litogeoquímica e de química mineral.

Em resumo, procurou-se caracterizar e descrever detalhadamente a problemática, buscando então o seu entendimento. A seguir são listadas as principais etapas conceituais do trabalho.

II.1. Trabalhos Preliminares

II.1.1 Levantamento bibliográfico segundo enfoques temáticos, regionais e locais. Inclui-se ainda, a compilação de um mapa regional preliminar da borda NE do Quadrilátero Ferrífero (QF), 1:100.000 (Anexo 01), o qual posteriormente foi corrigido e complementado com as novas informações obtidas de campo e petrografia.

II.1.2 Revisão e estudo das coleções de amostras dos trabalhos anteriores de Schorscher et al. (1986 e 1990) e das da dissertação de mestrado de Abreu (1995), disponíveis no IG-USP, incluindo litologias regionais da área e rochas e minérios da Mina do Pari, Mina São Bento além de outras.

II.1.3 Planejamento das Campanhas de Campo

II.2. Trabalhos de Campo

II.2.1 Ampliação da área de abrangência e melhoria do mapeamento litoestrutural em escala 1:15.000, do morro do Pari e arredores (Figura 03).

II.2.2 Amostragens sistemáticas na mina do Pari foram realizadas tanto no nível de entrada (N-00), quanto no nível 10 (N-10) (Figuras 04 e 05), em amostras de mão,

Figura 04:
Seções de amostragem do salão principal da Mina do Pari, nível de entrada (N-00)

Figura 05:
Seção de amostragem na galeria do nível 10 (N-10)

ainda nos trabalhos de dissertação de mestrado (Abreu, 1995), e completados com testemunhos de sondagem rotativa a diamante cedidos pela UNAMGEN Mineração e Metalurgia S.A. (onde o autor trabalhou entre 1988 e 1991).

Para a tese de doutorado foram feitas novas amostragens de superfície e de testemunhos de sondagem, para ampliar as coleções já existentes da zona mineralizada e litotipos encaixantes. Nesta etapa contou-se com o apoio da São Bento Mineração S.A., Grupo Eldorado, detentora dos testemunhos da mina do Pari, que também autorizou descrever e amostrar ainda mais litotipos provenientes dessas sondagens da região do prospecto Brumal e da mina São Bento.

II.2.3 Os mapeamentos de detalhe, em galerias e rampas da mina do Pari foram concluídos ainda nos trabalhos de Abreu (1995) (Figura 06). Cabe salientar, que neste caso, a mina do Pari permaneceu, desde sua paralisação em 1937, com todas as galerias e rampas, abaixo do nível de entrada (N-00), cheias d'água. O Ribeirão Valéria, à frente da entrada principal da mina, sofre de enchentes periódicas, atingindo cotas superiores ao piso dessa galeria, e assim causando o total afogamento das galerias da mina. No período de 1988 a 1989, a UNAMGEN Mineração e Metalurgia S/A, durante a reavaliação da mina do Pari, efetuou trabalhos de bombeamento das galerias, o que levou quase um ano e meio de trabalho. Isso permitiu o acesso aos níveis inferiores (10 e 11), através dos 450m de rampa inclinada a 45 graus.

Os horizontes mineralizados foram então facilmente identificados e mapeados devido às crostas oxidadas dos sulfetos do minério, em contraste aos xistos encaixantes. Naquela época, os canais de amostragem a cada 1,5m, realizados com serra diamantada a ar comprimido, permitiram a visualização dos sulfetos. Porém, a observação de estruturas em escala métrica de afloramento nas galerias ficou um pouco prejudicada, de forma que a análise estrutural teve de contar ainda com levantamentos de outros afloramentos em galerias fora da mineralização, e nos arredores do Morro do Pari e da região da Quadrícula de Florália.

II.2.4 Trabalhos de campo regionais com intuito de integração de dados compreenderam perfis clássicos, tais como: Mina do Pari-Rio Piracicaba (Figura 07), Serra do Seara (Figura 08) e Serra das Cambotas-Sinclinal Gandarela-Mina São Bento (Figura 09). Para a conclusão desta etapa ainda foi estudado um perfil na borda norte da Serra do Caraça, cortando rochas do Supergrupo Rio das Velhas (Grupos Quebra Osso, Nova Lima e Maquiné), até atingir o contato com as

seqüências paleoproterozóicas do Supergrupo Espinhaço, subindo o vale do córrego Tanque Preto.

A relação dos afloramentos estudados encontram-se no Anexo 2.

II.3. Estudos Laboratoriais

II.3.1 Foram realizados estudos mineralógico-petrográficos ópticos convencionais de lâminas delgadas e seções polidas para a caracterização dos diversos litotipos encontrados na área de estudo. Para tanto foi utilizado o microscópio petrográfico de polarização, marca Zeiss BX-50, tanto para luz transmitida quanto para luz refletida. Durante os trabalhos desta pesquisa pode-se fazer um levantamento petrográfico de toda a litoteca existente que foi coletada por Abreu (1995). Deste trabalho, juntaram-se 236 amostras de rocha (de mão, canal e testemunhos de sondagem), das quais se confeccionaram 220 lâminas petrográficas, 143 seções polidas e 10 seções delgadas e polidas para análise via microsonda eletrônica (Anexo 3). A partir disso, nessa pesquisa de doutorado, foram elaborados os aspectos mais relevantes da petrografia da mineralização aurífera da mina do Pari.

TABELA 01 - LIMITES DE DETECÇÃO EM ANÁLISES QUÍMICAS	Lim. Detecção
Au (ppb): <i>Fire assay</i> (Fusão e copelação)/ Absorção Atômica	0.30 ppm
As (ppm): Água Régia/ Absorção Atômica	0.01 ppm
Ag (ppm): Água Régia/ Absorção Atômica	0.01 ppm
S (%): Água Régia/ Absorção Atômica	0.003 %
Ni (ppm): Água Régia/ Absorção Atômica	0.01 ppm
Cu (ppm): Água Régia/ Absorção Atômica	0.01 ppm
Pb (ppm): Água Régia/ Absorção Atômica	0.01 ppm
Zn (ppm): Água Régia/ Absorção Atômica	0.01 ppm
Elementos maiores - Fluorescência de raios X (XRF)	0.01 %
Elementos traço comuns - Fluorescência de raios X (XRF)	1-5 ppm
Th, U, La, Ce e Nd - Fluorescência de raios X (XRF)	10-25 ppm

II.3.2 Análises iniciais, em 50 amostras, para elementos maiores e menores via fluorescência de raios X (FRX) seqüencial automática foram efetuadas com equipamento Phillips no Instituto de Geociências de Hamburgo, Alemanha, pelo orientador, em 1990, e constam em Abreu (1995). Os limites de detecção deste método são apresentados na Tabela 01.

Figura 07
Perfil Geológico da mina do Pari e Arredores

- Preparação e análise via ICP-MS de novas alíquotas das mesmas 50 amostras foram feitas nos laboratórios de Tratamento de Amostras (LTA) do IGc-USP e de ICP-MS do Departamento de Química, pelo grupo de pesquisa EANA (Espectrometria Atômica e Nuclear Aplicada), da PUC-RJ orientado pelos professores doutores Norbert F. Miekeley e Carmem L. Porto da Silveira (Tabela 01).
- As análises de Au g/t = ppm) via fusão e copelação com dosagem por Absorção Atômica com extração Água Régia, e análise por Absorção Atômica, para As, Ag, S, Ni, Cu, Pb, Zn, foram realizados numa 3ª série de alíquotas das mesmas 50 amostras acima citadas, nos laboratórios de análises da São Bento Mineração S.A.

Os dados analíticos integrais são apresentados no Anexo 4.

II.3.3 Estudos de química mineral via microsonda eletrônica das ligas naturais do Au, sulfetos e silicatos diversos para caracterização destes e uso em geotermometria; também foram realizados em diferentes etapas.

- Dados iniciais de sulfetos e de ligas naturais de Au obtidos pelo orientador já foram comentados por Schorscher et al. (1991) e Abreu (1995), e também foram contemplados neste trabalho. Estes dados foram produzidos com equipamento CAMECA-CAMEBAX e padrões internacionais de sulfetos e elementos puros, pelo orientador em convênio internacional no Instituto de Geociências da Universidade de Mainz, Alemanha.

- A microsonda eletrônica Jeol - Superprobe JXA-8600, automação NORAN, com 05 espectrômetros de cristais e um detector de estado sólido (EDS), dos laboratórios do departamento GMG-IGc-USP foi utilizada pelo signatário, numa primeira etapa, em 2003, para análises dos minerais silicáticos: granada, biotita, anfibólio, clorita, muscovita, carbonato; e óxidos, tanto para sua caracterização quanto para uso em geotermometria. Uma segunda etapa analítica do signatário, também em 2003, foi dedicada a análises de sulfetos. Nas análises de silicatos e carbonatos utilizou-se feixe analítico de diâmetro $\phi = 10\mu\text{m}$ e de $\phi = 5\mu\text{m}$ para óxidos.

Os dados de química mineral encontram-se no Anexo 5.

II.3.4 A análise de isótopos estáveis (O, C, S) e instáveis e radiogênicos (Pb, Sr) de fases minerais específicas existentes no minério e suas encaixantes, nos laboratórios do CEPEGEO, no IG-USP, foi descartada devido aos métodos aí utilizados. Até o momento, o laboratório de isótopos estáveis somente utiliza

Figura 08
Perfil Geológico-Estrutural
da Serra do Seara (C - C')

Figura 09:

Perfil Geológico do Q.Osso
ao Sinclinal Gandarela
(B - B')

0 1000 2000m

Escala 1:50.000

Legenda

Supergrupo Rio das Velhas	
	Formação ferrífera São Bento (fácies sulfetada)
	Formação ferrífera
	Supergrupo Espinhaço indiviso
	Supergrupo Minas indiviso
	Grupo Nova Lima
	Grupo Quebra Osso
	Granitos e gnaisses indivisos
	Falha de empurrão

o método por dissolução química global de carbonatos. Nesse sentido, as caracterizações petrográficas têm mostrado que ocorrem cristais de carbonatos de diferentes gerações genéticas, e que sobretudo aqueles associados intimamente à mineralização aurífera são partículas diminutas e ricas em inclusões de difícil separação das fases necessárias. Assim, o método atual poderia comprometer a confiabilidade dos resultados. O mesmo problema metodológico, de forma similar, apresenta-se na análise de isótopos instáveis e radiogênicos. A proposta inicial dos trabalhos, de tentar avaliar as fases minerais específicas e correlacionado aos resultados diversos processos sofridos pela mineralização, ficaria por completo comprometida utilizando-se os métodos de rocha total.

2.3.6 O tratamento informatizado dos dados químicos na confecção de tabelas, planilhas, diagramas e gráficos diversos, incluiu também a digitalização de mapas, perfis e seções geológicas da mina do Pari e região. Para tanto tem-se utilizado diversos programas de computação especializados em cada caso (Tabela 02).

Tabela 02: Programas de Computação Utilizados	
Tratamento Utilizado	Programa
Química de Rocha, Classificação e Análise	MinPet, Excel
Química Mineral	MinPet
Planilhas e Gráficos em Geral	Excel (Office-97)
Desenhos e Mapas	CorelDraw, Autocad R14
Textos e Edição	Word (Office97)
Geotermobarometria	GPt, PTMafic, Rettiger (1999)

II.4. Avaliações Finais

II.4.1 Interpretações finais com base na análise e integração dos dados obtidos no campo, na mina, laboratoriais: mineralógico-petrográficos, geoquímicos, microgeoquímicos, e da literatura (de inclusões fluidas e isotópicos).

II.4.2 Redação e defesa da Tese de Doutorado.

Capítulo III: GEOLOGIA REGIONAL E TRABALHOS ANTERIORES

III.1. Geologia do Quadrilátero Ferrífero

A literatura geológica muito vasta e diversificada do Quadrilátero Ferrífero (QF) foi produzida em trabalhos acumulados, com tendência sempre crescente, nos últimos 300 anos. Portanto, a revisão que se segue, enfatiza o estado atual do conhecimento geológico, analisando a evolução das principais linhas de pensamento em seus aspectos mais importantes para a formação e transformação das rochas e das mineralizações auríferas, da evolução arqueana e paleo a neoproterozóica. Sempre quando foi considerado necessário, buscaram, em trabalhos clássicos, muitas vezes antigos e de difícil acesso, as bases específicas de definições geológicas originais, como locais típicos, afloramentos e regiões-chave, descrições petrográficas meso e microscópicas, assim como os fundamentos geotectônicos válidos naquelas épocas e sua possível transposição para os conceitos atuais mais adequados.

III.1.1. Arcabouço Geológico Geral

O Quadrilátero Ferrífero (QF) situa-se na porção SE do Cráton do São Francisco (CSF), na zona de transição entre as partes estáveis do cráton a W, de constituição arqueana, e o Cinturão Móvel Atlântico, proterozóico, policíclico e poligenético a E. Este cinturão é subdividido, entretanto sem delimitações e definições exatas, e nas faixas Ribeira e Araçuaí, em suas partes S e N, respectivamente. Essa grande região inclui rochas arqueanas e proterozóicas retrabalhadas, também rochas neoformadas por eventos tectono-metamórficos superimpostos arqueanos e as orogêneses dos ciclos Minas/Espinhaço e Brasileiro, respectivamente, paleo e neoproterozóicos.

O QF é ainda a principal e mais tradicional província metalogenética do Brasil, em produção contínua há cerca de 300 anos, sendo os principais bens minerais o ouro, minérios de ferro, mármore, rochas magnesianas, minérios de manganês e minerais gema. Sob aspectos acadêmico-científicos vale destacar que foi nesta região que a Geologia Científica foi introduzida no Brasil, inicialmente como disciplina auxiliar à mineração e, posteriormente, como ciência independente.

O QF e suas circunvizinhanças são, portanto, terrenos clássicos, por excelência, da geologia pré-cambriana do Brasil e mundial. Já em seus trabalhos pioneiros do período de 1810 a 1821, o barão W.L. von Eschwege, capitão-mor das minas em além-mar da Coroa Portuguesa, estabeleceu os fundamentos geológicos para toda a região, de certo modo, válidos até hoje, incluindo a subdivisão litoestratigráfica, compartimentação geotectônica e, também, os princípios metalogenéticos (cf.: Schorscher 1988 e 1992). Em "O Plúto Brasiliensis", sua principal obra sobre a geologia e recursos minerais do Brasil, Eschwege (1825, 1833) explicita tais fundamentos e ainda fornece um importante cadastro, daquela época, sobre a produção mineral do país.

Aqui serão relatados apenas os aspectos regionais mais significativos para a presente pesquisa:

- do Arqueano, em particular da seqüência metavulcano-sedimentar Rio das Velhas de tipo *greenstone belt*, reconhecida e estabelecida como tal, e conseqüentemente redefinida como Supergrupo Rio das Velhas por Schorscher (1976a, 1978, 1979a,b, 1980a);
- do Paleoproterozóico, na forma dos restos metassedimentares dos Supergrupos Minas e Espinhaço;
- da evolução tectono-metamórfica policíclica arqueana e proterozóica.

Diversos autores mais atuais, como por exemplo: Dorr 1969; Inda et al. 1984; Schorscher 1988 e 1992; Ladeira, 1988, Machado, N. et al. 1989 e 1996; Teixeira et al., 1996a; COMIG 1994a, b, Padilha et al. 2000; entre muitos outros, têm contribuído de maneira substancial com novos dados, nos mais diversos aspectos e com novas interpretações a respeito da evolução geológica regional.

III.1.2. Estratigrafia do Quadrilátero Ferrífero: Evolução dos Conceitos

As primeiras divisões estratigráficas para a região do Quadrilátero Ferrífero devem-se a Eschwege (1833) e Pissis (1842), que já separaram as rochas xistosas auríferas arqueanas, hoje atribuídas ao Supergrupo Rio das Velhas, das coberturas metassedimentares quartzito-itabiríticas e quartzíticas proterozóicas, incluídas hoje, respectivamente, nos Supergrupos Minas e Espinhaço. Esses autores propuseram ainda, para estas coberturas, subdivisões e correlações litoestratigráficas muito pertinentes (cf. Schorscher, 1975; 1988). Derby (1906) introduziu o termo *Minas Series* – Série de Minas para uma associação de mica-xistos, quartzitos, itabiritos e calcários sobrepondo-se aos gnaisses embasamentais, intrudidos por um corpo

granítico de dimensões quilométricas na região de Gouveia – no anticlinal central da Serra do Espinhaço Meridional. Separou a Série de Minas, ainda no topo, das seqüências quartzíticas conglomeráticas e mica-quartzíticas de cobertura, e correlacionou esses dois conjuntos, respectivamente, com as associações litológicas similares das principais estruturas itabiríticas e quartzíticas (Pico do Itacolomi) do QF, designando e definindo as últimas, posteriormente, como Série Itacolomi. É de certo interesse notar que, enquanto as principais unidades itabiríticas do QF continuam até hoje válidas, no sentido de Derby, compreendidas no Supergrupo Minas paleoproterozóico, a associação original das rochas xistosas e itabiríticas da região de Gouveia que provou pertencer a uma seqüência metavulcano-sedimentar arqueana de tipo *greenstone belt* (Fogaça et al., 1984; Inda et al. 1984; Machado, N. et al., 1989).

A subdivisão litoestratigráfica das rochas metassupracrustais do Quadrilátero Ferrífero, em sua essência até hoje usada, foi elaborada por Harder e Chamberlin (1915). Estes separaram a Série Minas, considerada na época algonquiana, dos xistos máficos, metavulcanitos e gnaisses da base que consideraram provavelmente arqueanos e subdividiram em 5 formações denominadas da base para o topo: Quartzito Caraça, Xisto Batatal, Formação Ferrífera Itabira, Formação Piracicaba e Quartzito Itacolomi. Adicionalmente, mencionaram ainda, entre outras observações, a ocorrência na borda E do QF de um "...*thrust sheet of mafic lavas...*" (lavas máficas formando um corpo tabular de arraste) de significado regional. Posteriormente, Barbosa, O. (1954) propôs incluir os xistos arqueanos do Quadrilátero Ferrífero, de Harder e Chamberlin, (1915) na sua Série Barbacena, mais antiga que a Série Minas e de maior extensão regional - que incluiria, na região de Barbacena, rochas altamente cristalinas como gnaisses, granulitos e kinzingitos. Oliveira (1956) questiona os trabalhos de Barbosa, O. (1954), propondo para a área do QF uma Série Pré-Minas de rochas metassedimentares que estariam sotopostas aos quartzitos da Série Minas e sobrepostas aos gnaisses e granitos do embasamento.

III.1.2.1. Arqueano: Terrenos Granito-Gnáissicos e Sgr. Rio das Velhas

Nos mapeamentos de escala 1:25.000, do Quadrilátero Ferrífero, efetuados no convênio USGS-DNPM, Ryneerson et al. (1954) e Matheson (1956) descreveram contatos discordantes entre a Série Pré-Minas e a Série Minas. Assim, Dorr et al. (1957) redefinem a Série Pré-Minas e a denominam de Série Rio das Velhas, dividindo-a no Grupo Nova Lima, inferior, constituído por xistos, filitos, rochas

metavulcânicas, metagrauvas e formações ferríferas tipo Algoma e Grupo Maquiné, superior, constituído principalmente de quartzitos e metaconglomerados. Dorr (1969) considera a Série Rio das Velhas representativa de um ambiente eugeossinclinal, com evolução de depósitos de tipo *flysch*, do Grupo Nova Lima, para depósitos de tipo *molasse*, do Grupo Maquiné.

Almeida (1976) e Schorscher (1976a) consideraram e reinterpretaram a Série Rio das Velhas, eugeossinclinal segundo Dorr (1969), como um *greenstone belt* arqueano, utilizando-se dos dados anteriores da literatura e de novas observações e revisões de campo. Schorscher (1978, 1979a, 1979b, 1980a) confirmou definitivamente a nova interpretação, com a descoberta de metakomatiitos (ultramáficos e ultrabásicos efusivos), incluindo tipos *spinifex*, de *pillow lava*, *block lava*, derrames maciços e piroclásticos, num corpo regional extenso na borda E do Quadrilátero Ferrífero, aflorante às margens córrego do Quebra Osso. O Grupo Quebra Osso, então definido, estaria na base do Supergrupo Rio das Velhas, possuindo um contato gradativo com o Grupo Nova Lima, ainda que, na seção tipo, em posição invertida. Cabe ainda mencionar que este corpo metaultramáfico já foi mapeado e interpretado nos estudos do projeto DNPM-USGS, por Simmons (1968), Dorr (1969) e Maxwell (1972), como de rochas verdes intrusivas, respectivamente, nas séries Rio das Velhas e Minas, e que é muito provavelmente o mesmo já mencionado por Harder e Chamberlin (1915), como de lavas máficas em corpo de arraste da borda E do Quadrilátero Ferrífero, sem maiores especificações do local. Drake e Morgan (1980), sem nenhuma referência aos trabalhos acima comentados, compararam a Série Rio das Velhas como uma seqüência ofiolítica, ainda considerando as ultramáficas como intrusivas serpentinizadas.

Schorscher (1978, 1979a, b, 1980a), compreendendo o Grupo Quebra Osso junto com os grupos Nova Lima e Maquiné de Dorr e colaboradores, definiu o *greenstone belt* Rio das Velhas, elevando-o a categoria de Supergrupo, com subdivisão formal em 3 grupos, da base ao topo:

- Grupo Quebra Osso: seqüência metaultramáfica vulcânica (metakomatiitos), com intercalações de metassedimentos químicos (BIF, *metacherts*) subordinados;
- Grupo Nova Lima: seqüência de xistos predominantemente máficos, metabasitos/anfibolitos, formações ferríferas tipo Algoma, de fácies diversas, metagrauvas e raros metassedimentos mais maduros (quartzitos, entre outros);
- Grupo Maquiné: quartzitos e metaconglomerados com piritas detríticas.

Ladeira (1980 e 1988) com trabalhos metalogenéticos na Mina de Morro Velho, no distrito de Nova Lima, propôs uma seqüência estratigráfica para o Supergrupo Rio das Velhas, quase que de forma semelhante a Schorscher (1978, 1980c e 1992). Embora não tenha admitido o Grupo Quebra Osso separadamente do Grupo Nova Lima de Dorr (1969), considerou como unidade basal deste, a denominada Unidade Metavulcânica, onde incluiu, além das lavas metultramáficas, metabasaltos e metatufos. Desta forma, como se observa nos mapas mais detalhados da região de Nova Lima, no centro do Quadrilátero Ferrífero, ocorrem corpos de metaultramáficas intercaladas às diversas outras rochas do Grupo Nova Lima. Apenas na porção leste e nordeste do Quadrilátero Ferrífero é que as metaultramáficas efusivas, verdadeiros komatiitos peridotíticos, com textura *spinifex*, entre outras, são encontradas e que já foram mapeadas em detalhe por Sichel (1983), Queiroga et al. (1988), e Luchesi (1991), e estão em contato com rochas TTG, hoje em posição invertida, e em contato gradacional sobre litotipos metapelíticos e químicos do Grupo Nova Lima, ou seja, definindo a base do Sgr. Rio das Velhas.

Outras ocorrências de rochas metaultramáficas foram mapeadas em outras porções do Quadrilátero Ferrífero, a exemplo de Florália (Alves, 1986; Davies, 1993; Abreu, 1995 e 1996; Mothé F², 1996), Nova Era e Itabira (Schorscher, 1978; Machado, 1994 e 1998), e estas têm sido correlacionadas às extensões do Grupo Quebra Osso.

Mais recentemente, trabalhos do Convênio DNPM-CPRM (1996), do assim chamado de Projeto Rio das Velhas, baseando-se na aquisição de novos dados aerogeofísicos e da integração de dados preexistentes, iniciaram uma subdivisão maior no Grupo Nova Lima, mantendo as rochas komatiíticas do Quebra Osso como sendo uma subunidade da base da associação máfica-ultramáfica. Entretanto, as 5 associações de ambientes criadas para o Grupo Nova Lima (da base ao topo: metavulcânica, plutônica máfica-ultramáfica: Quebra Osso, Córrego dos Boiadeiros e Ouro Fino; metavulcanossedimentar química: Morro Vermelho; metavulcanossedimentar químico-pelítica: Santa Quitéria; metavulcanossedimentar clástica: Ribeirão Vermelho e Mestre Caetano; metassedimentar clástica marinha: Mindá, Córrego do Sítio, Córrego da Paina, Fazenda Velha, Pau d'Óleo e Catarina Mendes) não possuem seções colunares estratigráficas, nem mesmo perfis-tipo levantados em detalhe, que comprovem esta estratigrafia, bem como nada se descreve sobre a natureza dos contatos entre tais unidades. De fato, trata-se de litofácies mapeadas em regiões distintas do Quadrilátero Ferrífero e integradas de maneira bastante empírica. Observa-se também, a falta de um bom levantamento

bibliográfico, desconsiderando-se inúmeros trabalhos preexistentes, que possuem mapas e dados de campo, tais como Alves (1986), Luchesi (1991), Queiroga et al. (1998), Abreu (1995 e 1996), Schorscher (1978, 1979a,b, 1980a,b,c, 1988a, 1991 e 1992), Schorscher e Mothé F^o (1983) e Schorscher et al. (1982, 1990 e 1997).

De maneira semelhante, porém com uma lógica estratigráfica mais adequada, os trabalhos da CPRM na folha Itabira 1:100.000 (Padilha et al., 2000), colocam novamente o Grupo Quebra Osso na base do Supergrupo Rio das Velhas e mantém 4 subdivisões para o Grupo Nova Lima (Ouro Fino, Santa Quitéria, Mindá e Córrego do Sítio). Entretanto, Padilha et al. (2000) fornecem citações erradas no texto (p.ex. Schorscher, 1973, para a definição do Gr. Quebra Osso), dentre muitas outras imprecisões que suscitam descrédito ao trabalho.

As idades radiométricas das rochas do *Greenstone Belt* Rio das Velhas apenas recentemente foram definidas com maior precisão. Os trabalhos de Herz (1970) foram pioneiros desse gênero no Quadrilátero Ferrífero, e mostraram idades Arqueanas, Paleoproterozóicas a Brasilianas, respectivamente com os métodos Rb-Sr e K-Ar em minerais e rochas. 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, MG.

Nos trabalhos de Machado, N. e Carneiro (1992), Machado, N. e Noce (1993) Machado, N. et al. (1989, 1996), Carneiro e Teixeira (1992), Carneiro et al. (1993), foram reportadas idades superiores a 3,4 Ga em zircões de rochas graníticas e em zircões detríticos derivados das rochas graníticas regionais, que por Dorr e Barbosa (1963) e Dorr (1969) foram consideradas muito mais jovens, com base nas datações radiométricas iniciais daquela época (Herz et al., 1961). Assim, caracteriza-se para a região do QF, uma evolução policíclica, que causou rejuvenescimentos isotópicos sucessivos dos sistemas Rb-Sr e K-Ar de minerais e rochas.

Outros trabalhos geocronológicos com tentativa de avaliar idades metalogenéticas no Supergrupo Rio das Velhas são apresentados por de Wit et al. (1994 e 2004) e Schrank e Machado, N. (1996a,b). O primeiro utilizou o método Pb-Pb em sulfetos obtendo 2,72 Ga para a mineralização São Bento e 2,1 Ga para o metamorfismo em BIF (rocha total). No entanto, há de se entender que a idade mais antiga já poderia ser uma idade metamórfica preservada nos sulfetos. Schrank e Machado, N. (1996a,b) analisaram diversas rochas e minerais pelo método U-Pb em zircão e monazitas. Foram assim obtidas idades desde 3,5 a 0,462 Ga. Em zircões, as idades quase sempre eram superiores a 2,2 G.a., com grande predominância de idades arqueanas. Assim, interpretaram vários períodos de idades metamórficas

principais de 2,900 a 2,850 Ga, 2,020 a 1,806 Ga e 0,625 a 0,462 Ga que, entre outros, Inda et al. (1984) e Schorscher (1992), já correlacionavam aos principais eventos tectono-deformacionais do QF, respectivamente Rio das Velhas, Minas-Espinhaço e Brasileiro.

De fato, trabalhos de cunho sistemático aplicados à geologia e metalogenia do Au arqueano no Quadrilátero Ferrífero, com detalhados estudos da tipologia dos zircões, que levem em consideração a existência de vários tipos de zircões, desde ígneos a metamórficos, e que avaliem e separem seus sobrecrecimentos, entretanto, ainda não foram feitos. Embora fossem pré-requisitos imprescindíveis, por exemplo, para o uso qualificado de técnicas mais refinadas de análises isotópico-geocronológicas como a SHRIMP.

O caráter policíclico da evolução dos terrenos arqueanos do QF, já demasiadamente demonstrado e argumentado, com certeza, também causou reflexos nas características isotópicas e geocronológicas dos seus depósitos auríferos.

III.1.2.2. Paleoproterozóico: Supergrupos Minas e Espinhaço

Dorr et al. (1957) e Dorr (1966 e 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, compreendendo, da base para o topo, as seguintes unidades:

- Grupo Tamanduá: subdividido no Quartzito Cambotas, como formação basal de depósitos arenosos costeiros, em corpos parálico-prismáticos lenticulares e descontínuos, formando, como local tipo, a serra homônima (Serra das Cambotas) (fotos 07, 08, 09), e várias outras estruturas análogas de direção N-S predominante, principalmente na região E do Quadrilátero Ferrífero - por exemplo, a Serra do Caraça (foto 10); e numa formação superior, sem nome formal, de mica-quartzitos, filitos, formações ferríferas restritas, e xistos diversos, de depósitos plataformais sem maior continuidade lateral;
- Grupo Caraça: com duas formações, Moeda, de quartzitos e metaconglomerados (com seixos de quartzo, ouro, pirita detrítica, fracamente uraníferos) e Batatal, de filitos grafitosos e BIF restritos;
- Grupo Itabira: com os itabiritos (BIF tipo Lago Superior) da Formação Cauê (hematíticos) e carbonatos/mármore e metamargas dolomíticos da Formação

Gandarela, além de BIF hematita-magnetíticos, quartzo-dolomíticos, de fácies transicionais entre as duas formações (Fotos 11, 12, 13, 14 e 15);

- Grupo Piracicaba: com as formações Cercadinho (quartzitos, em geral finos, por vezes ferruginosos e micáceos, e filitos diversos, com destaque para os típicos filitos prateados), Fecho do Funil (filitos, folhelhos e filitos carbonáticos), Taboões (quartzitos finos), Barreiro (filitos grafitosos) e Sabará (com depósitos vulcano-clásticos, clásticos, e vulcanitos de uma seqüência vulcano-sedimentar básica a ácida bastante completa).

Kneidl e Schorscher (1972), Schorscher (1973, 1975, 1976a,b, 1980a,c), Pflug e Renger (1973) e Amaral et al. (1976), entre outros, correlacionaram os quartzitos das serras do Caraça, das Cambotas e algumas outras estruturas e litologias análogas do Quadrilátero Ferrífero, como pertencentes ao Supergrupo Espinhaço. Schorscher e colaboradores (Alves, 1986; Santos, 1986; Barbosa, 1988; Schorscher et al. 1990, 1997; Luchesi, 1991; Schorscher, 1992; Guimarães, 1992; Davies, 1993; Mothé Fo., 1996) detalharam ainda o Supergrupo Espinhaço no Quadrilátero Ferrífero e arredores, reconhecendo, inequivocamente, as formações Sopa Brumadinho e Galho do Miguel. Como exemplo, nas serras das Cambotas, do Caraça, do Pinho e na quadrícula de Florália, entre outras, e reafirmaram a pene-contemporaneidade dos Supergrupos Minas e Espinhaço, que representariam depósitos, respectivamente, distais e proximais da evolução sedimentar da margem continental paleoproterozóica do Cráton do São Francisco no Ciclo Minas/Espinhaço.

Daí resultaram também algumas reordenações estratigráficas, entre elas:

- a exclusão do Grupo Tamanduá do Supergrupo Minas: sua formação basal, o Quartzito Cambotas, foi incluído no Supergrupo Espinhaço e a formação superior, sem nome formal, no Grupo Nova Lima;
- a inclusão, na região da Serra do Cipó, de uma unidade adicional denominada Seqüência de Xistos Verdes, na base do Supergrupo Espinhaço;
- na região de Itabira, a inclusão de duas unidades adicionais denominadas Seqüência de Paragnais e Seqüência de Xistos Verdes, na base do Supergrupo Minas e,
- a sugestão de excluir a Formação Sabará do Grupo Piracicaba, face às suas características vulcano-sedimentares, drasticamente diferentes das demais formações deste Grupo, constituídas de depósitos de plataforma estável (Inda et al., 1984; Schorscher, 1992).

Colunas estratigráficas do Supergrupo Espinhaço nas extremidades meridionais da Serra do Cipó e Quadrilátero Ferrífero, e do Supergrupo Minas, estão representadas nas Tabelas 03 e 04, respectivamente.

A

B

SUPER-GRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	AMBIENTE DEPO-SICIONAL	ESPESSURA APROX. EM METROS
MINAS	TACOLINI	INDIFE-RENCIADO	ORTOQUARTZITOS, QUARTZITOS, FILITOS QUARTZOSOS, FILITOS, QUARTZITOS C/ REIXOS, CONGLOMERADOS	"MOLASSE" PARALIC?	> 1000 ?
		SABARA	CLORITA-XISTOS, FILITOS CLORITICOS, METATUFOS, ONCIVACAS, CONGLOMERADOS, QUARTZITOS, TARNITOS	FLASCH? LIGESSIN CLINAL	> 300 ?
	PIRACABA	BARREIRO	FILITOS E FILITOS GRANITOSOS	SEMENTOS DE COBERTURA DE "SHELF" ESTÁVEL	150 LOCAL-TIPO
		TAPOBOS	ORTOQUARTZITO	"	125 LOCAL-TIPO
		FÊCHO DO RIBEIRO	FILITOS QUARTZOSOS, FILITOS DOLOMITICOS, DOLOMITOS REPLICADOS	"	410 LOCAL-TIPO
	ITABIRA	GANDA-RELA	FILITOS, SERICITA-QUARTZITOS, QUARTZITOS E FILITOS FERROSINOSOS, "METACHERT" CONGLOMERADOS, DOLOMITOS	"	< 800 MAX A < 150 MIN
		CALÉ	DOLOMITOS, CALCÁRIOS, TARNITOS DOLOMITICOS, XISTOS DOLOMITICOS E TARNITOS MARGENSERENOS, FILITOS, TARNITOS, XISTOS VERDES	LOCAL	> 800 MAX A AUSENTE
	CARACA	BAVATAL	TARNITOS, TARNITOS DOLOMITICOS, FILITOS, DOLOMITOS, XISTOS VERDES	"	< 400 MAX A < 50 MIN
		MOEDA	FILITOS, FILITOS GRANITOSOS, "METACHERT", TARNITOS	"	< 200 MAX A AUSENTE
				FALÉS PARALICA, ORTOQUARTZITOS, QUARTZITOS, CONGLOMERADOS, FILITOS FACIS DE BACIA, SERICITA-QUARTZITOS, FILITOS QUARTZOSOS, QUARTZITOS	"SHELF" ESTÁVEL

CONTATO BASAL TECTÔNICO (DE "NAPPE") COM AS LITOLOGIAS DOS SUPERGRUPOS ESPINHAÇO E RIO DAS VELHAS E DO COMPLEXO MIGMATITO-GRANULITO DE MINAS GERAIS

● COM PINTAS TECTÔNICAS
■ COM BRECHAS INFORMACIONAIS

SUPER-GRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	AMBIENTE DEPO-SICIONAL	ESPESSURA APROX. EM METROS
MINAS	PARTE SUPERIOR DA SEQUÊNCIA MINAS INCOMPLETA DEVIDO À EROSÃO				
	PIRACABA	CERCA-CAIA	SERICITA-XISTOS E QUARTZITOS, FREQUENTEMENTE FERROSINOSOS, "METACHERT", TAB-RILOS PORRES CLÁSTICOS (?)	"SHELF" EM SUBSIDÊNCIA	> 300
		ITABIRA	CALÉ	TARNITOS POBRES A RICOS, NARAMENTE, CARBONATOS, HEMATITA RICA, INTERCALAÇÕES FINAS DE FILITOS E METATUFOS (TUFITOS MAFICOS) NÍVEIS DE RETRABALHAMENTO SINSEDIMENTAR	ANTIFORMAL NO "SHELF"
	CARACA	INDIFE-RENCIADO	MOSCOWITA-QUARTZO-XISTOS, QUARTZITOS FINOS E MICÁCEOS	"SHELF"	< 50
		SERRA DE VERDES	INDIFE-RENCIADO	CLORITA ± QUARTZO ± PLÁGIOCLASIO ± BIOTITA ± MOSCOWITA ± CARBONATO ± ANFIBÓLIO-XISTOS C/ INTERCALAÇÕES DELGADAS DE QUARTZITOS, TURMALINÍ- TOS E SULFETOS DISSEMINADOS	"SHELF" SUJEITO A INTENSA ATIVIDADE VULCÂNICA
	SERRA DE PARAGUAISSÉS	INDIFE-RENCIADO	METAGRAUVACAS, METACÓRSES, PARA- GNAISSES COM INTERCALAÇÕES DE MOSCOWITA-QUARTZO-XISTOS, QUARTZITOS MICÁCEOS, CLORITA E LIO- BIOTITA-QUARTZO-XISTOS, CALCOSILICÁTICAS E WHITE GEMSTS	SEMENTOS FLUVIAIS A LACUSTRINOS DE "RIFF" ATIVO	< 1500 ?
		INDIFE-RENCIADO	MIGMATITOS, GNAISSES METATÉTICOS, GRANULITOS, ANFIBOLITOS POLIMICTA- MÓRFICOS E INTRUSOS SÍ GRANÍTICAS		
	COMPLEXO MIGMATITO-GRANULITO DE MG				
	INDIFE-RENCIADO				
	INDIFE-RENCIADO				

Tabela 03: Colunas estratigráficas do Supergrupo Minas: A – No QF, seg. Dorr (1969), com modificações; B – na região de Itabira, MG, seg. Schorscher (1975) e Schorscher e Guimarães (1976).

Segundo Schorscher (1975, 1988, 1992), e reafirmado em Castro (1998), o Ciclo Minas/Espinhaço iniciaria no Paleoproterozóico Inferior, com a formação de um sistema de rifte intracontinental com magmatismo diamantífero (documentado pelos diamantes da formação Sopa Brumadinho, Supergrupo Espinhaço), na crosta siálica preexistente de terrenos TTG e granito-greenstone belt, formados nos estágios arqueanos precedentes na evolução crustal. A isso se seguiria um período sedimentar principal, em acompanhamento da evolução distensiva do sistema rifte para uma margem passiva, com deposição proximal ao continente, dos sedimentos do Supergrupo Espinhaço, em parte praias eólicas (uma parte da formação Galho do Miguel) e em área mais distal, do Supergrupo Minas (com apenas fraco magmatismo/vulcanismo básico a ácido).

Tabela 04: Coluna estratigráfica do Supergrupo Minas, baseada em Dorr (1969) e Schorscher (1975) modificada por Castro (1998). Nota-se o posicionamento do quartzito Cambotas como o equivalente praias cronocorrelato das formações Cauê e Batatal, indicando a penecontemporaneidade dos supergrupos Minas e Espinhaço.

Prancha 01

Foto 07:

Quartzitos do Supergrupo Espinhaço, formação Galho do Miguel, na extremidade W da Serra das Cambotas, alinhados em direção E-W por arraste, as estruturas de acamamento mostram-se N45E/35-45SE. (Ponto GS-101)

Foto 08:

Vista panorâmica, de W para E, escarpa da Serra das Cambotas, alinhada N-S. (Ponto GS-110)

Foto 09:

Na Serra das Cambotas, a Sul de Cocais, observam-se megaestratificações cruzadas, tipicamente eólicas, pertencentes a formação Galho do Miguel (Sgr. Espinhaço). (Ponto GS-151)

Foto 10:

Vista para Sul, dos altos topográficos do Sinclinal Gandarela, na região de Gongo Soco, no plano de fundo a Serra do Caraça e no primeiro plano itabiritos da formação ferífera Cauê (Sgr. Minas). (Ponto GS-35)

Foto 11:

Dobras em padrão "m" ou "w", nos itabiritos da porção SE da Serra do Seara. Os eixos tem direção N15-20E/ 05-10° NE. Este padrão estrutural é indicativo de zonas de charneira. (Ponto SE-85)

Foto 12:

Na borda ESE da Serra do Seara, no vale de erosão de um pequeno córrego, afloram itabiritos hematíticos da fm. Cauê (Sgr. Minas) com baixo ângulo de mergulho. (Ponto SE-120)

Foto 13:

Corte da BR-436, próximo a Cocais, mostrando o contato do Sinclinal Gandarela, de itabiritos da formação Cauê (Sgr. Minas), com as rochas das unidades do embasamento granito-gnáissico, intensamente milonitizado. (Ponto GS-156)

Prancha 01

A evolução terminaria pela inversão da margem continental passiva para ativa, indicada pela sedimentação distal vulcano-sedimentar sinorogênica do Grupo Sabará (unidade superior do Supergrupo Minas), numa orogênese colisional predominantemente ensiálica, de tipo alpino, designada de orogênese do Ciclo Minas/Espinhaço. Esta causou obducção/duplicação crustal, tectônica de nappes de cobertura e metamorfismo regional progressivo, de W para E, da fácies xisto verde (nas partes centrais e W do Quadrilátero Ferrífero) a anfibolito superior e granulito, na faixa Rio Piracicaba, Nova Era, Piçarrão e Santa Maria de Itabira, com continuações para N, até Sabinópolis e Guanhães e para S, até Acaiaca e Ponte Nova.

O metamorfismo apresentou evolução plurifacial como efeito típico de gradientes P/T variáveis, indicado por paragêneses pré a sintectônicas, de mais alta P, e pós-tectônicas, de T mais elevadas.

A idade de deposição do Supergrupo Minas é tipicamente paleoproterozóica, dada pela natureza de seus sedimentos, que, como no caso dos metaconglomerados auríferos piritosos e fracamente uraníferos, com seixos de quartzo, da Formação Moeda (*quartz-pebble metaconglomerates*, 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, que foram formados, globalmente, entre 2,6 a 2,3 Ga aproximadamente. Idades geocronológicas da formação Gandarela, sendo 2,4Ga para a deposição/diagênese e 2,1G. para o metamorfismo, foram obtidas por Babinski et al. (1991 e 1995).

Assim, Schorscher (1992) admitiu um intervalo, de sedimentação até a inversão, para o Supergrupo Minas, de 2,6 até 2,1 Ga, estendido por correlações litoestratigráficas e tectono-metamórficas, inclusive ao Supergrupo Espinhaço, o que é aqui reafirmado.

A idade da orogênese do Ciclo Minas/Espinhaço foi considerada por Schorscher (1992), com base nos dados geocronológicos disponíveis na literatura, desde Herz (1970) até o presente (por ex. Teixeira et al., 1996; Machado, N. et al., 1996; Dussin et al., 1995; Rettinger, 1998) como paleoproterozóica final, compreendida no intervalo de 2,1-1,8 Ga, tipicamente do evento Transamazônico.

Mais recentemente, foram também obtidos resultados geocronológicos correspondentes em rochas do Quadrilátero Ferrífero e da Serra do Espinhaço Meridional (Machado, N. et al., 1989a, b; 1996, Endo, 1997; Cordani et al., 2000; Teixeira et al., 2000, Endo e Machado, R., 2002). Estes autores, baseando-se em datações U/Pb em zircões detríticos (Machado et al., 1996), consideraram os

quartzitos do alto da Serra do Caraça como pertencentes ao Supergrupo Minas (indiviso) pelo simples fato das idades daqueles zircões detríticos serem todas arqueanas, e desconsideraram por completo a natureza litofaciológica daquelas rochas.

De fato, os quartzitos paleoproterozóicos que constituem os altos topográficos da Serra do Caraça diferenciam-se, em muito, dos quartzitos típicos do Supergrupo Minas, da formação Moeda (Grupo Caraça), com piratas detríticas, conglomerados polimíticos e estratificações cruzadas de pequeno a médio porte, e do Gr. Piracicaba das formações Cercadinho e Taboões.

Conforme as descrições de Simmons e Maxwell (1961) e Dorr (1969), dentre outros trabalhos da equipe DNPM-USGS, as rochas constituintes do assim denominado Grupo Tamanduá seriam quartzitos relativamente puros, sem piratas detríticas, e normalmente tendo zircões como principal mineral pesado. Foram incluídas estratigraficamente no topo da Série Rio das Velhas (Simmons e Maxwell, 1961), na base da Série Minas (Dorr, 1969) e como continuções dos quartzitos da Serra do Espinhaço nas quadriculas de Antônio dos Santos e Cocais (Moore, 1969). Naquela época não se admitiu a aloctonia (*nappes*) do Supergrupo Minas sobre as demais unidades arqueanas e paleoproterozóicas do QF, conforme sugerido e demonstrado por Barbosa, A.L.M. (in Dorr, 1969), Fleischer (1971), Schorscher (1975, 1976, 1979, 1980 e 1992) e Guba (1982), e também afirmado por Quémeneur (1984), entretanto, sem citar nenhum dos trabalhos anteriores.

III.1.3. Evolução Tectono-Metamórfica do Quadrilátero Ferrífero

Quanto à evolução tectono-metamórfica, o QF já foi e ainda continua alvo de pesquisas e assunto de discussões, controvérsias maiores e demasiadamente polêmicas; no entanto, dois eventos orogenéticos foram os mais marcantes: a orogênese Rio das Velhas, no final do Arqueano, e a orogênese do ciclo Minas-Espinhaço, de idade Paleoproterozóica, inserindo-se nesta idade também o assim denominado de "Cinturão Mineiro" (Teixeira et al., 1993, 1994 e 1996) verificado apenas com geocronologia em rochas *TTG* arqueanas embasamentais.

A orogênese Rio das Velhas encerrou o estágio *granito-greenstone belt* de evolução crustal arqueana na região E-SE do Cráton do São Francisco por volta de 2,9 - 2,7 G.a.. Esta deixou seu registro principal na associação das seqüências

Prancha 02

Foto 14:

No mesmo local da foto 14, o Itabirito Cauê (Sgr. Minas) mostra-se intensamente dobrado em dobras assimétricas de arraste, com eixo subhorizontal e vergência para W. (Ponto GS-156)

Foto 15:

Detalhe da foto 14, mostrando-se o aspecto assimétrico, com rompimento do flanco invertido, das dobras de arraste no itabirito Cauê (Sgr. Minas). (Ponto GS-156)

Foto 16:

Granito Borrachudos (GB) encontrado à leste da Serra do Seara. O GB apresenta-se cortado por três diques de aplitos decimétricos e subconcordantes à foliação principal. (Ponto SE-53)

Foto 17:

Na borda WNW da Serra do Seara, aflora o Gnaiss Monlevade (de rochas do Supergrupo Rio das Velhas na fácies anfibolito médio), exibindo baixo ângulo de caimento de sua foliação principal. (Ponto SE-130)

Foto 18:

Na porção N da Serra do Seara, um corpo pegmatítico rico em feldspato alcalino e biotitas de tamanho decimétrico, corta verticalmente as estruturas Sn do Gnaiss Monlevade. (Ponto SE-133)

Foto 19:

Na borda E da Serra do Seara, um corpos pegmatóide, dispondo-se de forma subconcordante à foliação regional, principal Sn, do Gnaiss Monlevade. (Ponto SE-133)

Foto 20:

Na borda E da Serra do Seara, galeria de garimpeiros de pedras preciosas (água marinha, alexandrita), mostra o Gnaiss Monlevade intemperizado. (Ponto SE-134)

Foto 21:

Paragnaisse metapelítico heterogêneo da borda do minério sulfetado da mina do Pari, rico em granada, intercalado a níveis de, anfibólio e biotita. (Ponto PA-05)

Prancha 02

supracrustais do *greenstone belt* Rio das Velhas, com metagranitóides TTG, em domos, e os metagranitóides Borrachudos. O metamorfismo regional, deste evento, foi de fácies xisto verde inferior a médio, nas regiões central e leste do Quadrilátero Ferrífero e em grande parte dos terrenos TTG, indicado por paragêneses retrometamórficas, atingindo localmente a fácies xisto verde superior e anfibolito inferior nas regiões W e NW do QF.

A orogênese final do Ciclo Minas-Espinhaço, paleoproterozóico, foi considerada por vários autores como Dorr (1969), Herz (1970) e Schorscher (1975, 1980a; 1992), entre outros, como o principal evento orogênico da evolução crustal regional no Proterozóico, o que, quanto ao metamorfismo regional progressivo, foi recentemente confirmado por estudos geotermobarométricos e geocronológicos integrados (Rettinger et al., 1996; Machado, G. 1998; Rettinger 1998).

Quanto a evolução estrutural existem opiniões divergentes advogando processos autóctones (Dorr, 1969; Ladeira e Viveiros, 1984; Alkmin et al., 1994; entre outros) e alóctones (Fleischer, 1971; Schorscher, 1975, 1976b, 1980^a, 1988^a, 1992), entre outros, sendo aqui reafirmado o conceito de tectônica alóctone para as unidades do Supergrupo Minas do QF, com base nas verificações feitas nos trabalhos de campo desta pesquisa, em estruturas da borda leste e norte do QF, na sobreposição do Sinclinal Gandarela à Serra das Cambotas.

A existência de uma orogênese uruaçuana, mesoproterozóica, é controvertida e admitida, por apenas poucos autores, para explicar a evolução do Supergrupo Espinhaço a N do Quadrilátero Ferrífero (p.ex. Almeida Abreu e Pflug, 1994).

A orogênese Brasileira, de idade neoproterozóica à eopaleozóica, como principal e/ou o mais marcante diastrofismo proterozóico é afirmada por autores como Brito Neves et al. (1979), Teixeira (1982), Belo de Oliveira (1986), Endo (1997) e outros que se baseiam em dados essencialmente estruturais e geocronológicos, seqüenciando as deformações e correlacionando-as com dados K-Ar, Ar-Ar e Rb-Sr, provenientes, em sua maioria absoluta, de rochas e minerais de unidades mais antigas, policíclicas.

Nos trabalhos da equipe DNPM-USGS, Gair (1958, 1962) e Herz (1970, 1978) já mostraram evidências de efeitos termais locais, à NW de Nova Lima, nos domos de Santa Luzia e Caeté; na porção WNW do domo de Bação e associavam-nas a intrusões graníticas, consideradas mais jovens que a Orogênese Minas, que muitas vezes apresentam metamorfismo de contato, atingindo fácies anfibolito (granada – estauroлита - sillimanita). No mesmo contexto inserem-se os efeitos de coronitização em metadiabásios que cortam as seqüências do QF e Espinhaço Meridional

observados por Schorscher (1975, 1991) e Guimarães (1992), relacionando-os ao evento de termal Brasileiro.

Santos (1986), Veneziani (1987) e Schorscher (1976a,b, 1980a, 1992) também consideraram os efeitos essencialmente térmicos locais como pós-Minas/Espinhaço, a 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 compressivos seriam subordinados, de baixa intensidade e restritos às poucas regiões, onde, efetivamente, possam ser observados. Por exemplo, a NNE de Belo Horizonte, nos arredores a E de Lagoa Santa e Cardeal Mota, ocorrendo rochas do Supergrupo Espinhaço, da borda W da Serra do Cipó empurradas por falhas inversas, de médio-alto ângulo, contra e sobre as rochas do Grupo Bambuí.

Para a evolução tectono-metamórfica regional policíclica arqueana à neoproterozóica, da borda SE do Cráton do São Francisco, são de particular interesse alguns dados recentes de datação e geotermobarometria de paragêneses metamórficas. Rettinger (1998) verificou nos gnaisses metapelíticos, gnaisses Monlevade, segundo Reeves (1966), de protolitos arqueanos (Grupo Nova Lima), da região compreendida entre Nova Era, Piçarrão e Itabira, de fácies anfibolito inferior a granulito, em granadas metamórficas, a ocorrência de:

- inclusões de monazitas com idades arqueanas algo variáveis, nos núcleos das granadas formadas no estágio metamórfico inicial de fácies xisto verde, indicativas da história termal anterior das monazitas detríticas dos protolitos no Arqueano;
- inclusões de monazita de idade paleoproterozóica superior, de 2,2-1,8 Ga, nas zonas de borda das granadas, com composições indicativas do pico termal do principal metamorfismo regional e,
- monazitas livres na textura de fundo das mesmas rochas, com idades variáveis mesoproterozóicas superiores a neoproterozóicas, na faixa de 1,4-0,5 Ga, representando monazitas reequilibradas parcial à totalmente, dependendo da intensidade local de um ou dois eventos metamórficos posteriores, dos ciclos brasileiro, e eventualmente, uruaquano.

Estes resultados indicam, claramente, a orogênese final do ciclo Minas/Espinhaço, paleoproterozóica, como principal evento tectono-metamórfico regional, que imprimiu e conservou sua idade por reequilíbrio das monazitas, incluídas durante o crescimento das granadas em suas zonas externas e bordas, 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 das monazitas detríticas), seja de

reequilíbrio variável, já como monazitas detríticas, nos protolitos metassedimentares dos gnaisses metapelíticos, durante a orogênese Rio das Velhas, retratada pelas idades das monazitas incluídas nos núcleos das granadas de baixo grau metamórfico. E, por final, seguiram-se ao metamorfismo principal, um ou dois eventos metamórficos, em geral mais fracos, entretanto variáveis, causando as reequilibrações observadas nas monazitas livres na matriz da rocha, no ciclo brasileiro e/ou, eventualmente, ainda no ciclo uruaçuano.

III.2. Geologia da Porção NE do Quadrilátero Ferrífero

A porção NE do Quadrilátero Ferrífero, a despeito de sua rica e diversificada produção mineral, incluindo ouro, ferro, manganês, rochas magnesianas, mármore, minerais gema e outros minerais e rochas, ainda carece de estudos geológicos básicos. Os mapeamentos existentes são em geral de escalas regionais (1:100.000, ou de menor detalhe ainda) e os mapeamentos de semi-detalle (1:25.000, Convênio DNPM-USGS) escassos e descontínuos; muitas vezes desobedecem ainda as regras de nomenclatura geológica e de nomes prioritários, falta mesmo uma nomenclatura sistemática e unificada para a denominação inclusive das unidades lito-estratigráfico-estruturais principais. Tal fato fica até certo ponto compreensível, em função do grau metamórfico maior nesta região, que desconfigurou as aparências típicas de unidades litológicas bem conhecidas e estratigraficamente definidas em regiões de fraco metamorfismo. Xistos, filitos e arenitos líticos da fácies dos xistos verdes são transformados na fácies anfibolito em gnaisses diversos; metabasitos e metaultramáficas em ortoanfibolitos; metassedimentos carbonáticos impuros inclusive BIF de fácies carbonato e silicato em gnaisses cálcio-silicáticos e paraanfibolitos, e as rochas *senso lato* graníticas preexistentes como migmatitos, gnaisses graníticos e granitóides ígneos intrusivos a subvulcânicos, sofrem anatexia e migmatização e/ou remigmatização variável, e assim por diante. Consequentemente ocorre com bastante frequência, que uma mesma unidade geológica da região E e NE do Quadrilátero Ferrífero seja referida sob nomes diferentes, ou, ainda, que unidades distintas sejam confundidas e designadas com o mesmo nome.

Entretanto, ocorre também, que nomes específicos e reservados de litotipos definidos com local típico, sejam desvirtuados para usos diferentes da definição original. Este é o caso do Granito Borrachudos (Foto 16).

As áreas mais bem estudadas da região E e NE do Quadrilátero Ferrífero compreendem o Distrito Ferrífero de Itabira, mapeado em escala 1:25.000 por Dorr e Barbosa (1963), a região maior deste distrito compreendendo 4 quadrículas 1:20.000 mapeadas por Schorscher (1973, 1975) e as quadrículas 1:25.000 de João Monlevade e Rio Piracicaba mapeadas por Reeves (1966), de Florália por Alves (1986), Schorscher et al. (1990, 1997), Abreu (1995) e Mothé Fo. (1996), de São Gonçalo do Rio Abaixo por Alves (1986) e Schorscher et al. (1997), e de Bateias por Alves (1986), e Davies et al. (1997).

Segundo Schorscher e colaboradores, que atualmente mais se dedicaram ao estudo básico sistemático, regional e de detalhe com enfoques petro-metalogenéticos das partes E e NE do QF, estas quadrículas compreendem e são constituídas das continuações das principais unidades precambrianas antigas, arqueanas e paleoproterozóicas, das partes do QF adjacentes a W (onde ocorrem fracamente metamórficas e/ou retrometamórficas). Apenas foram afetadas e transformadas mais forte e progressivamente pelo principal metamorfismo regional final do ciclo Minas/Espinhaço (paleoproterozóico), sob condições variáveis de fácies xistos verdes superior até anfibolito superior e localmente hidrogranulito/ granulito. São estas:

- Terrenos TTG de rochas sensu lato graníticas poligenéticas polimetamórficas de alto grau (migmatitos e gnaisses) e metaígneas, sendo as rochas arqueanas mais antigas da região, transformadas por processos de feldspatização, anatexia/remigmatização e granulitização;
- Seqüências metavulcano-sedimentares do *Greenstone Belt* Rio das Velhas arqueano, transformadas em xistos, gnaisses e anfibolitos diversos, meso a catazonais, em partes da área denominadas segundo Reeves (1966) de Gnaiss Monlevade;
- Metagranitóides Borrachudos tardi-arqueanos e seus equivalentes e produtos de transformação por rehomogeneização anatética pelo principal metamorfismo regional progressivo do Ciclo Minas/Espinhaço, os Metagranitóides Foliados com Fluorita paleoproterozóicos;
- Metassedimentos paleoproterozóicos dos Supergrupos Minas e Espinhaço, transformados segundo sua composição e o grau metamórfico local, em xistos e gnaisses diversos, meso a catazonais.

III.2.1. Terrenos TTG (Tonalitos, Trondhjemitos e Granodioritos)

As rochas típicas destes terrenos são migmatitos, gnaisses metatéticos e metagranitóides intrusivos retrometamórficos na fácies xisto verde baixo a médio, com composições variando de leucotonalitos e trondhjemitos a granodioritos, predominando as duas primeiras. Nos processos de transformação progressivos de feldspatização e anatexia da região E-NE do Quadrilátero Ferrífero, estas rochas tornam-se mais graníticas, por enriquecimento de feldspato alcalino potássico. Souza (1988) e Machado, G. (1998) efetuaram estudos petrográficos e geoquímicos de mais detalhe em ocorrências de metagranitóides TTG da região das mineralizações de esmeraldas de Capoeirana e Belmont, à N de Nova Era.

O estudo até hoje mais abrangente dos metagranitóides, gnaisses e migmatitos TTG da região E-NE do Quadrilátero Ferrífero foi realizado por Schorscher (1992). Dados complementares encontram-se em Machado G. (1994, 1998) e Guarnieri (2003).

III.2.2. Seqüência Metavulcano-Sedimentares do *Greenstone Belt* Rio das Velhas

Entre as rochas do Supergrupo Rio das Velhas que foram até o presente reconhecidas na região E-NE do Quadrilátero Ferrífero constam, as metaultramáficas do Grupo Quebra Osso, transformadas em anfibolitos ou talco-anfibolito xistos e contendo, por vezes, níveis finos de cromititos disseminados pobres. Quando em contato tectono-metamórfico-metassomático com metagranitóides Borrachudos (Foto 16) e/ou metagranitóides foliados com fluorita apresentam-se transformados em biotititos/flogopititos e, eventualmente, estão mineralizados com esmeraldas (por exemplo, nas regiões das mineralizações de Belmont, Capoeirana, Quilombo, Canta Galo, Graças a Deus, e outras, nos arredores de Nova Era).

As rochas do Grupo Nova Lima, de composições mais variáveis e heterogêneas, encontram-se transformadas em seqüências de gnaisses bandados, incluindo fácies/bandas máficas anfibolíticas, metapelíticas (com biotita, granada, estauroлита, cordierita, sillimanita, quartzo, entre outros), cálciossilicáticas e de BIF tipo Algoma diversos, félsicas-graníticas e de metassedimentos mais maduros como quartzitos, mica quartzitos e quartzo-mica xistos, entre outros, e foram referidos sob diversos nomes na literatura. Reeves (1966) designou-as com o nome local de Gnaiss Monlevade (Fotos 17, 18, 19 e 20), apenas sugerindo serem possivelmente equivalentes mais metamórficos do Grupo Nova Lima. Schorscher (1973, 1975) usou o termo petrográfico descritivo de gnaisses bandados anfibolito-graníticos

considerando-os como um membro basal de paragneisses do Supergrupo Minas; nos estudos posteriores reconheceu serem as continuidades físicas do Grupo Nova Lima mais metamórfico (Schorscher, 1988 e 1992; Schorscher et al., 1990 e 1997). Já Souza (1988) e Machado, G. (1994 e 1998) em seus estudos de detalhe na região das jazidas de esmeraldas de Belmont e Capoeirana designaram-nas com o termo genético de seqüência metavulcano-sedimentar arqueana.

Rochas típicas do Grupo Maquiné até o presente não foram reconhecidas na região.

III.2.3. Metagranitóides Borrachudos (GB) e Metagranitóides Foliados com Fluorita (MGF)

O termo Metagranitóides Borrachudos (segundo Schorscher, 1992) será aqui utilizado para designar um tipo específico e característico de metagranitóides deformados da região a NW da cidade de Itabira, MG, que Dorr e Barbosa (1963) encontraram, minuciosamente caracterizaram (com métodos integrados geológicos, mineralógico-petrográficos e geoquímicos), e com base num local-típico definiram e denominaram de Granito Borrachudos. Ainda, consideraram-no como um granito ígneo intrusivo potássico tardio e não-metamórfico; de fato, como a rocha precambriana mais jovem da região de Itabira. Trata-se de um álcali-feldspato granito com fluorita, hololeucocrático, cinza-claro, grosso, maciço a levemente foliado, tipicamente marcado por uma forte lineação mineral de agregados de biotita de orientação regionalmente constante E-W ($N90\pm10^\circ E$) e de baixos ângulos de caimento para E ($\sim 15-30^\circ$). Sua composição modal varia algo, de álcali-feldspato granito predominante, até granito e quartzo-monzonito, ricos em quartzo. O feldspato principal e típico é mesopertita; ocorre ainda plagioclásio saussuritizado em quantidades diminutas. A biotita, principal mineral máfico, é verde escura, rica em Fe. Fluorita ocorre como constituinte menor típico em quantidade de até 3% modais. Outros constituintes regulares menores (acessórios e secundários) são muscovita, epídoto, leucoxênio/titanita, zircão, allanita, apatita e magnetita. Como constituintes menores eventuais ocorrem ainda granada, clorita e riebeckita. Geoquimicamente são álcali-feldspato granitos ricos em elementos incompatíveis (Dorr e Barbosa, 1963; Herz, 1970; Schorscher, 1975, 1992).

Posteriormente outros corpos destes metagranitóides foram encontrados e assim caracterizados nas regiões da represa do Petí a São Gonçalo do Rio Abaixo (Herz, 1970; Schorscher, 1975, 1992) e de Belmont a Capoeirana a SE de Itabira (Schorscher, 1975, 1992; Machado G. 1994, 1998), sendo que Reeves (1966) ainda

mencionou a ocorrência de rochas similares da região das quadriculas Monlevade e Rio Piracicaba por ele mapeadas. Entretanto, sem fornecer caracterizações suficientes e/ou a localização e delimitações dos corpos, essas ocorrências continuaram incertas e à confirmar. Tal confirmação foi possível nos trabalhos de campo desta pesquisa que levaram a definição de mais de um corpo destes metagranitóides, típicos (Foto 16) na quadricula Rio Piracicaba.

Mais recentemente, Grossi Sad et al. (1990) compreenderam uma série de corpos de rochas graníticas com características geológicas e mineralógico-petrográficas, entre si diferentes, com base essencialmente em suas propriedades geoquímicas similares, num contexto geológico, genético e metalogenético conjunto designando-os de "Suíte Borrachudos" de idade arqueana, porém sem verificar sua similaridade ou não com o litotipo da definição e da localidade-tipo original. Dussin (1994) e Dussin et al. (1997) incluíram ainda as rochas que denominaram de "Riolitos Borrachudos" e consideraram de idade mesoproterozóica na "Suíte Borrachudos" arqueana de Grossi Sad et al. (1990) e também Fernandes et al. (1995a,b) incluíram mais outras rochas sem quaisquer verificações nesse contexto. Usando o nome Granitos Borrachudos para rochas nitidamente diferentes daquelas da definição original de Dorr e Barbosa (1963); todos esses autores divergem ainda quanto às rochas, sua geologia, mineralogia e petrografia, idade e gênese tanto de Dorr e Barbosa (1963) quanto de Grossi Sad et al. (1990) e também entre si.

Em função do exposto, nesta Tese, o termo e conceito de "Suíte Borrachudos" será abolido; as rochas originais de Dorr e Barbosa (1963) serão aqui designadas segundo Schorsch (1992) de Metagranitóides Borrachudos (que mais corretamente retrata a natureza do litotipo), e este termo será utilizado exclusivamente para corpos de rochas que de fato se conformam aos critérios geológicos (relações de idade e geotectônicas), mineralógico-petrográficos e geoquímicos das rochas da definição original, obedecendo as regras fundamentais de definição de corpos graníticos.

III.2.4. Supergrupos Minas e Espinhaço

O Supergrupo Minas está presente na região NE do Quadrilátero Ferrífero, sobretudo nos distritos de Itabira e João Monlevade, além de continuidades e/ou lentes dobradas e disruptas nos municípios de Nova Era, Rio Piracicaba, Piçarrão, Hematita, Santa Maria de Itabira, Esmeraldas de Ferros e Ferros. Basicamente são reconhecidos os grupos Caraça, Itabira e Piracicaba, muitas vezes apenas de forma indivisa e via de regra incompletos.

Restos de erosão do Supergrupo Espinhaço e partes de fácies transicionais com o Supergrupo Minas foram reconhecidos nas quadriculas Florália, Bateias e Catas Altas.

III.2.5. Metamorfismo Regional e Evolução Estrutural

O metamorfismo regional principal do Ciclo Minas/Espinhaço, na borda E-SE do Cráton do São Francisco se intensifica de W para E.

Nas áreas clássicas do Quadrilátero Ferrífero predomina a fácies dos xistos verdes, enquanto que na borda E e NE, fácies superiores foram atingidos, o que provavelmente veio a dificultar o reconhecimento de muitos dos litotipos que foram definidos em outras regiões de grau metamórfico menor. Na região de Itabira, João Monlevade e Nova Era, o metamorfismo atinge fácies anfibolito, com locais já mais a leste, em transição à fácies hidrogranulito. Isso foi reconhecido por paragêneses minerais em xistos e gnaisses e mapeado por Schorscher (1975) e seus orientados, e confirmado com geotermobarometria metamórfica por Rettinger et al. (1996), Machado G. (1998), Rettinger (1998) e Guarnieri (2003).

Estruturalmente, observa-se a partir da borda E do Quadrilátero Ferrífero o achatamento sistemático dos ângulos de caimentos das foliações metamórficas principais, predominantemente nas regiões a E de Nova Era.

III.3. Metalogenia do Au no Quadrilátero Ferrífero

O resumo da metalogenia do Ouro no Quadrilátero Ferrífero a seguir apresentado foi elaborado enfatizando as unidades e os eventos geológicos principais, dos quais se conhecem mineralizações auríferas, baseado em Ladeira (1988), Vial (1988), Schorscher et al. (1991), Schorscher (1992), Lobato et al. (1998 a, b), entre outros.

a) Terrenos TTG

Sem ocorrências primárias até hoje identificadas na região do Quadrilátero Ferrífero e adjacências, são considerados terrenos estéreis para Au (Ladeira, 1988; Schorscher, 1992).

b) *Greenstone Belt* Rio das Velhas

São encontradas mineralizações auríferas em todas as suas unidades: no Grupo Quebra Osso, em BIF intercalados aos derrames ultramáficos e em veios remobilizados de magnesita nas rochas metaulttramáficas cisalhadas (Schorscher et al., 1991a; Abreu, 1995); no Grupo Nova Lima, em BIF de fácies sulfeto, em formações de "Lapa Seca" e em veios de quartzo (Dorr, 1969; Ladeira, 1980, 1988; Schorscher, 1992, entre outros) e no Grupo Maquiné, como Au detrítico em metaconglomerados e remobilizado em veios de quartzo (Ladeira, 1988; Schorscher, 1992; Menezes, 1996, 1999; e Menezes e Leonardos, 1992).

c) Supergrupos Minas e Espinhaço

Ocorrem mineralizações de Au e U detríticos em *palaeoplacers* e *palaeoplacers* modificados nos metaconglomerados da Formação Moeda; Au detrítico nos metaconglomerados da Fm. Sopa-Brumadinho; Au em veios de quartzo remobilizado em fraturas; Au e turmalina em zona de contato tectônico do Supergrupo Rio das Velhas e Supergrupo Minas (Passagem de Mariana); Au e Pd em "jacutingas" auríferas da formação Cauê, sendo as "jacutingas" porções do itabirito cortadas por veieiros de carbonatos de Fe-Mn-Ca, especlarita, quartzo grosso de veio e caulim (Vial, 1980a,b e 1988, Ladeira, 1988; Schorscher et al., 1991, Chauvet et al. 2001).

Muitos autores, como Lobato et al. (1998a,b), Martins-Pereira (1995), Ribeiro-Rodrigues et al. (1996); Godoy (1994), Toledo et al. (1998) e Vieira (1988 e 1991), entre outros, baseando-se em dados estruturais e geotermobarométricos e químicos de inclusões fluidas de veios de quartzo, advogam processos quase que exclusivamente epigenéticos, hidrotermais e metamórficos para a formação dos depósitos auríferos associados às formações ferríferas tipo algoma (BIF-*hosted*), correlacionando-os, via de regra a eventos tectono-termiais regionais, sejam do final do arqueano, da orogênese Minas-Espinhaço ou mesmo do Ciclo Brasileiro. Esta linha de interpretações reproduz enfoques da literatura internacional, como por exemplo, de Phillips e Groves (1983); Hodgson (1989), e Goldfarb et al. (2001), entre muitos outros, que enfatizam o modelo de Au orogenético.

Seguindo uma outra linha de evidências e pensamentos metalogenéticos, Moreschi (1972), Ladeira (1980, 1988), Vial (1980a, b), Schorscher et al. (1986 e 1991), Abreu (1995), Valladares (2000, 2004) e De Wit et al. (1994, 2004) destacam as características originais sinsedimentares desses minérios e/ou protominérios de Au, para daí avaliar suas modificações, parciais ou mesmo totais, por processos

posteriores, sejam hidrotermais pós-magmáticos ou metamórficos e hidrotermais. Trata-se de processos que embasam o conceito vulcano-exalativo, que causam a deposição de sedimentos químicos com sulfetos e Au em fundos oceânicos relacionados a centros magmáticos ativos, de origem singenética e posteriormente singenética-modificada por processos superimpostos diversos, diagenéticos, tectono-metamórfico-hidrotermais, magmáticos e pós-magmáticos. Este modelo foi desenvolvido por Oftedal (1958), Stanton (1959 e 1960), Routhier (1963), Ramdohr (1969), Sangster (1972), Amstutz (1974), Hutchinson (1973, 1993), Fripp (1976a, b) e Fyfe e Lonsdale (1982), entre muitos outros.

A metalogênese do Au arqueano há muito é matéria polêmica, o que é compreensível, dado o fato de que rochas e depósitos minerais tão antigos sempre sofreram mais de um processo genético e de transformação. Assim, dependendo da base de dados que os autores considerem mais relevantes e utilizem, poderão chegar a conclusões opostas sobre o mesmo depósito. A proposta aqui é evidenciar que mais de um processo atuou na gênese e evolução dessas mineralizações, que sempre, inserem-se em terrenos policíclicos. A grande questão é reconhecer corretamente e evidenciar as características genéticas iniciais desses depósitos arqueanos. De fato, já Schorscher et al. (1986 e 1991), Abreu (1995) e, mais recentemente, Valladares (2000, 2004) evidenciaram claramente algumas características multi-estágio na formação dos minérios da mina do Pari e da mina São Bento, como será visto a seguir.

Nesta tese enfocam-se as mineralizações arqueanas do Grupo Nova Lima, especificamente aquelas que ocorrem associadas ou intimamente relacionadas às formações ferríferas tipo Algoma e/ou em formações de "Lapa Seca".

Apenas alguns comentários serão feitos e citados relatos a respeito da mineralização de Au da mina de Passagem de Mariana, das ocorrências de Au no Grupo Quebra Osso, e em veios de quartzo auríferos.

III.3.1. Revisão da Metalogenia do Au da Mina do Pari e Arredores

Baseado nos trabalhos de Abreu (1995) e de Schorscher et al. (1986 e 1991), revisaram-se os pontos fundamentais da metalogênese da mina do Pari, mediante os dados já disponíveis.

III.3.1.1. Geologia e Estruturas

A mina do Pari (figuras 03, 06 e 07) é inserida na continuação do *Greenstone Belt* Rio das Velhas, à E de Santa Bárbara, na quadrícula de Florália, que se constitui da base para o topo, de:

- Grupo Quebra Osso (espessura de <10-20m), metaultramáfico, de anfibolitos e talco – anfibólios – Mg-clorita xistos, com raros sulfetos magmáticos, flogopitizado no contato inferior tectônico com as rochas TTG do Domo de Sta. Bárbara a W; e
- Grupo Nova Lima (espessura mínima 300m), na região da mina do Pari predominantemente metavulcânico máfico, de ortoanfibolitos diversos com intercalações metassedimentares químicas de BIF tipo algoma e metapelíticas (biotita – granada – quartzo xistos e paragneisses).

Na área do morro do Pari, através de mapeamento geológico de superfície e galerias, descrição de testemunhos de sondagem, petrografia e litogeoquímica (Abreu, 1995), o Grupo Nova Lima foi subdividido, da base para o topo (Figura 10 e 11), em:

a) Anfibolitos granatíferos da lapa (AnfG FW - 150m), com intercalações métricas a decamétricas de BIF de fácies óxido, silicato, carbonato e mistos (**unidade B**), sendo o contato basal, com o Grupo Quebra Osso, concordante – transicional. Eventualmente ocorre ainda um corpo fino e descontínuo de metagrauvacas ou metavulcânica félsica, possivelmente um metadacito (**unidade A**) no contato entre o Gr. Quebra Osso e os anfibolitos granatíferos da **unidade B**. No topo do anfibolito granatífero ocorre a mineralização aurífera principal de xistos granatíferos e anfibolíticos, com intercalações de BIF ricas em arsenopirita e pirrotita, denominada de Horizonte Pari (Figuras 04, 05 e 06).

b) Anfibolitos finos da capa (Anf HW - 150 m) bastante homogêneos (sem granada) (**unidade C**) são típicos ortoanfibolitos de origens metavulcânicas. Dentro desses anfibolitos finos ocorre, de forma descontínua, um veio de quartzo com pintas de Au livre, visíveis a olho nu, denominado “Horizonte Florália”, sendo disposto cerca de 60m (distância real) acima do horizonte mineralizado principal da mina do Pari (Horizonte Pari).

c) Anfibolitos finos com intercalações centimétricas a métricas de níveis de anfibolitos granatíferos, granada-biotita xistos, BIF e níveis carbonáticos (**unidade D**) encontram-se sobrepostos com contato tectônico por falha de empurrão de E para W, por gnaisses extremamente deformados e cisalhados e/ou milonitizados e também K-feldspatizados, indicando intensos processos tectono-metamórficos e

ESTRATIGRAFIA				PARAMETROS DE AVALIAÇÃO											
UNIDADE ESTRATIGRAFICA	SIMBOLOS	LITOLOGIA PREDOMINANTE	ESPESSURA MEDIA (m)	SULFETOS					VEIOS		CISALHAMENTO (INTENSIDADE DE DEFORMAÇÃO)	ANOMALIA DE Au (ppm)			
				A	Po	C	Py	Pn	E	Q			Cc		
COMPLEXO TTG															
SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS	GRUPO NOVA LIMA	Unidade D	anfibolites finOS COM intercalações de níveis carbonaticos, níveis de granada e magnetita	0-20											
		Unidade C	Anfibolitos finos	80											
			Florália horizon (sheared quartz)	3											
			Anfibolitos finos	40											
			biotite-clorite-schist	1-3	6-8										
		Upper Pari horizon													
		biotite-clorite-schist													
		granada anfibolitos	0-2												
		carbonatic biotite-clorite-schist													
		Horizonte Pari inferior	0-0.8	1-3											
		carbonato-biotita-clorita-xisto													
		Unidade B	granada anfibolitos	40											
			BIF com magnetita, granada e sulfetos, Grafita xisto basal	0-1											
			Granada anfibolito	20											
			BIF com magnetitaand granada	1,0-2,5											
Anfibolitos Granatíferos	5-10														
Unidade A	Metagrauvaca Metavulcânica Felsica	5-10													
GRUPO QUEBRA OSSO		talct:clorite:biotite:tremolite: serpentine schist	6-12												
Complexo TTG		Gnaiss Tonalítico Milonitizado													

EXPRESSIVIDADE

	Muito Fraca
	Fraca
	Moderado
	Forte
	Muito Forte

A	Arsenopirita	Pn	Pentlandita
Po	Pirrotita	E	Esfalerita
C	Calcopirite	Q	Quartzo
Py	Pirita	Cc	Carbonato

Figura 10:

Coluna estratigrafica simplificada da Mina do pari e alguns parâmetros de avaliação.

Figura 11:

Seções geológicas dos furos rotativos
diamantados da Unamgen Min. e Met. S.A.,
BR-039, BR-055 e BR-057

metassomáticos. Nas continuações regionais encontram-se na **unidade D** ainda pequenos corpos metaultramáficos xistosos e/ou milonitizados tectonicamente disruptos.

A mineralização de Au principal da mina do Pari, o Horizonte Pari é de pouca espessura, variando de centímetros a poucos metros, porém, contínuo ao longo do mergulho. Porém, ao longo de sua extensão é cortado por diversas falhas de um sistema de direção aproximada N05°E (Figuras 12, 13, 14 e 15).

O corpo mineralizado compõe-se de quartzo, hornblenda, carbonato, granada, grunerita, Fe-clorita e sulfetos (arsenopirita e pirrotita, principalmente), caracterizando-se como uma típica formação ferrífera, do tipo Algoma, metamorfizada em fácies xisto verde alto/anfibolito inferior.

As encaixantes da capa e lapa da mineralização possuem espessuras variando de 2 a 10 metros, e consistem de hornblenda-clorita-biotita xistos, por vezes com níveis carbonáticos, sendo cortadas por veios de quartzo estéreis, tanto pseudoconcordantes quanto discordantes. Macroscopicamente não se notam diferenças petrográficas entre os litotipos de capa e lapa.

Estruturalmente a seqüência litoestratigráfica da mina do Pari está em posição normal (figuras 06 e 07), de acordo com a estratigrafia regional e local proposta por Schorscher (1980a, 1988a,b, 1992, Schobbenhaus et al. 1981/1995, Inda et al. 1984), reafirmando-se ainda a estrutura homoclinal com caimento para E (Schorscher, 1988b; Abreu, 1995).

Nas figuras 16 e 17, os estereogramas e um bloco diagrama esquemático resumem as estruturas da área estudada (da mina e do morro do Pari).

A mineralização de Au da mina do Pari foi afetada por todas as fases de deformação reconhecidas (figuras 03, 06 e 07), inclusive a mais antiga, definida como S_{n-1} , considerada de idade arqueana, haja vista, que é nitidamente anterior à S_n do principal evento metamórfico regional da orogênese Minas/Espinhaço paleoproterozóico.

Em outras regiões e mineralizações de Au do Quadrilátero Ferrífero diversos autores como Ladeira (1980 e 1988), Martins Pereira (1995), Endo (1997), Lobato et al. (1998a,b), entre outros, também já notaram essa deformação e consideraram-na de idade arqueana.

A feição típica da mineralização é vista na foto 21 (Prancha 2), onde bandas de sulfetos recristalizados por metamorfismo aparecem intercaladas com bandas silicáticas e carbonáticas, o que caracteriza o típico bandamento das formações ferríferas do tipo Algoma policíclicas.

Figura 12:
Mapa geológico do nível 10 da mina do Pari.

Figura 13:

Mapa geológico do nível 11 da mina do Pari.

Figura 14:
Mapa geológico do interdrive 10-11 da mina do Pari.

Figura 15

Perfil geológico da rampa
entre níveis 10 e 11

FIGURA 16: Estereogramas dos elementos estruturais observados na mina do Pará e arredores, Quadrícula de Florália. A - Dobras intrafoliares; B Foliação Principal; C - Eixos de Crenulação e D Fraturamentos.

Figura 17: Bloco diagrama das estruturas da Mina do Pari. O estrato bachurado com bolinhas representa o corpo mineralizado, concordante, afetado por todas as deformações. S_n a foliação principal, de direção regional N 0-10 E/ 40-60 SE, e está dobrada pela S_{n+1} (de eixos subhorizontais N-S) que por sua vez está ondulada pela S_{n+2} . As dobras antigas, palimpsésticas pertencem a foliação S_{n-1} , com eixos caindo para E, paralelos ao mergulho da S_n , indicando compressão e movimentação N-S pretérita a S_n . Os sulfetos da mineralização aurífera da mina do Pari são afetados por todas estas deformações (Abreu, 1995).

A mineralização de Au principal da mina do Pari, do Horizonte Pari, obedece perfeitamente aos critérios do tipo *stratabound* e estratiforme proposto por Kerswill (1993), sendo concordante às estruturas S₀ deposicionais e afetada pelas estruturas deformacionais da área estudada em conjunto e homogeneamente com as rochas encaixantes da seqüência metavulcano-sedimentar arqueana. Em analogia, também as minas de Morro Velho (Ladeira 1980, 1986 e 1991), Cuiabá (Vial, 1988), e São Bento (Valladares, 2000, 2004; de Wit, 2004), entre outras, já foram e/ou vem sendo interpretadas como de origens singenéticas vulcano-exalativas, seja de seus minérios ou protominérios.

III.3.1.2. Resumo da Petrografia da Mineralização e Ligas Naturais de Au

Na mineralização da mina do Pari, Abreu (1995) mostrou aspectos diferenciados em relação a mina São Bento (Abreu et al., 1988; Martins Pereira, 1995), que serão comentados adiante.

A petrografia macroscópica da mina São Bento e seus litotipos principais estão apresentados nas fotografias de 25 a 31 (Pranchas 03 e 04). As fotomicrografias de 06 a 08 (Prancha 08) mostram os aspectos mineralógicos e texturais principais. Maiores detalhes poderão ser observados nas pranchas 16, 17 e 18, no anexo 6.

Na mina do Pari, a seqüência das rochas da mineralização aurífera, quando observado no sentido das encaixantes para a zona mineralizada, mostra certas variações típicas, como o decréscimo percentual de hornblenda, com o acréscimo de opacos (arsenopirita e pirrotita), granada, clorita rica em Fe e grunerita/fluotaramita. Nas encaixantes são notáveis a presença e enriquecimentos em Mg-clorita, carbonatos e plagioclásio. O quartzo tem comportamento aleatório, tanto na mineralização (níveis ricos em bandas de *chert*) quanto nas encaixantes (veios remobilizados). Estes veios, citados por último, são comuns em toda a seqüência estratigráfica das unidades do Supergrupo Rio das Velhas, e representam remobilizados tardios em fraturas tanto concordantes quanto discordantes. A biotita, também tem comportamento aleatório em sua distribuição, tanto nas encaixantes, quanto no minério. Porém é muito mais comum nas encaixantes da capa e lapa, ou sugerindo zonas de alteração potássica que envolvem a mineralização. Dentro das rochas anfíbolíticas, já mais distantes da zona mineralizada, a biotita passa a ser mineral acessório.

Prancha 03

Foto 22:

Amostra de testemunho de sondagem rotativa a diamante, cedido pela UNAMGEM, que consiste em **tonalito** milonítico do Complexo Gnáissico-Migmatítico.

Foto 23:

Amostra de testemunho de sondagem rotativa a diamante, cedido pela UNAMGEM, que consiste em **granodiorito** milonítico do Complexo Gnáissico-Migmatítico.

Foto 24:

Amostra de testemunho de sondagem rotativa a diamante, cedido pela UNAMGEM, que consiste em porção **pegmatóide**, de grã grossa, rica em K-feldspato e exsoluções de albita visíveis a olho nú.

Foto 25:

Minério da mina São Bento, proveniente do nível 15, onde observa-se vênulas de quartzo e sulfetos remobilizados. A amostra foi coletada em zona de charneira de dobras de eixo sub-horizontal.

Foto 26:

Minério da mina São Bento, proveniente do nível 23, onde observa-se intenso cisalhamento de suas bandas e intensa carbonatação (branco-amarelado). A amostra foi coletada em zona de falha que corta o minério.

Foto 27:

Formação ferrífera Algoma, Membro ferrífero do topo, da mina São Bento. Observa-se níveis de magnetita (nódulos pretos) e carbonato (branco).

Foto 28:

Minério da mina São Bento contendo fácies mista de formação ferrífera bandada, tipo Algoma (Carbonato, óxido e sulfeto)

Foto 29:

Minério da mina São Bento, semelhante a foto 06, porém mais inensamente sulfetado. Notar a intensa remobilização nos nódulos de quartzo e mesmo da forma nodular das massas sulfetada.

Prancha 03

Prancha 04

Foto 30:

Amostra SB-02, nível 15 (Valladares, 2004), xisto metapelítico grafitoso, da mina São Bento, denominado de Xisto Grafitoso Basal, que também neste trabalho é considerado do topo estratigráfico da zona mineralizada.

Foto 31:

Amostra SB-16, nível 15 (Valladares, 2004), BIF de fácies óxido (cinza escuro) e carbonato (amarelo) mostrando enriquecimento de sulfetos em remobilizados (cinza claro brilhante) discordantes junto com nódulos quartzo (branco).

Foto 32:

Metaconglomerado oligomítico da Serra da Boa Vista, logo à E da Serra do Caraça, que por Dorr (1969) foi considerado como Formação. Moeda (Sgr Minas) e por Luchesi (1991) como fácies clástica grossa transicional entre os Supergrupos Minas e Espinhaço.

Foto 33:

Estratificação cruzada de porte médio nos quartzitos do Grupo Maquiné (Sgr. R. das Velhas), na subida para a Serra do Caraça, no Córrego Tanque Preto.

Foto 34:

Metaconglomerados polimíticos do Grupo Maquiné (Sgr. R. das Velhas), com seixos de metacherte, BIF e xistos exclusivamente provenientes do Grupo Nova Lima, no vale do Córrego Tanque Preto.

Foto 35:

Quartzitos do Grupo Maquiné (Sgr. R. das Velhas) com pequenas estratificações cruzadas e piratas detríticas.

Foto 36:

Flanco normal do Sinclinal Gandarela, com caimento médio entre 25 e 35° para SE. Vista para E da área do Gongo Soco.

Foto 37:

Mina de minério de ferro do Batatinha, no município de Rio Piracicaba, onde observa-se o Gnaisse Monlevade empurrado sobre os itabiritos hematíticos da formação. Cauê (Sgr. Minas).

Prancha 04

Os anfibolitos encaixantes da mina do Pari, denominados no anexo 3 de Anf-HW (anfibolitos da capa) e AnfG-FW (anfibolitos granatíferos da lapa), são constituídos principalmente por hornblenda (50-84%) e quartzo (10-25%), podendo possuir, ainda, plagioclásio (1-10%) e carbonato (0-15%).

Clorita e biotita são minerais mais raros nesses anfibolitos, e costumam aparecer com relativa frequência na medida em que se aproxima das encaixantes da lapa e/ou capa do minério. A granada somente aparece em abundância nos anfibolitos da lapa (AnfG-FW). Carbonato e plagioclásio (0-15%) são mais abundantes nos Anf-HW (da capa) que nos anfibolitos granatíferos da lapa (AnfG-FW).

A capa e a lapa da mineralização constituem-se de clorita-biotita-quartzo-hornblenda xistos bastante deformados, e com intensa recristalização dessas fases minerais principais.

A capa da mineralização, apesar de algumas diferenças entre o nível de entrada (N-00) e o nível 10 (N-10), apresenta a seguinte constituição petrográfica: hornblenda (60-78%), Mg-clorita (0-20%), biotita (1-20%), quartzo (5-20%), plagioclásio (2-10%), carbonato (0-10%) e opacos (0-3%). Dentre as diferenças entre a capa do N-00 e do N-10, nota-se que, na capa há maior abundância em biotita, plagioclásio, carbonato e granada.

A lapa da mineralização que macroscopicamente assemelha-se a capa, mostra-se microscopicamente com a seguinte constituição: hornblenda (25-85%), Mg-clorita (0-20%), biotita (2-35%), quartzo (5-35%), plagioclásio (1-15%), carbonato (0-15%) e opacos (0-10%). Entre as diferenças na lapa do N-00 e do N-10, nota-se a maior abundância de Mg-clorita, hornblenda, opacos e granada.

As diferenças entre a capa e a lapa do minério são bem mais acentuadas na seção do nível 10, onde a lapa diferencia-se pela presença de plagioclásio e carbonato (ausentes na capa) e também pela maior frequência de biotita e quartzo (Figuras 18 e 19). Por essas diferenças, e pelo mapeamento das galerias, considera-se que a seção do nível de entrada, poderia estar afetada por cisalhamentos na extremidade do corpo, causando possíveis inversões.

A petrografia do minério mostrou a seguinte constituição modal (em %-vol.):

- a) no nível 10 (N-10): hornblenda (0,5-29) Fe-clorita (0-3), biotita (4,5-30), quartzo (15-55), plagioclásio (10-20), carbonato (0-15), grunerita/fluotaramita (0-30) e opacos (12,5-32,5);
- b) no nível de entrada (N-00): hornblenda (1-33) Fe-clorita (0-20), biotita (15-40), quartzo (20-65), plagioclásio (10-15%), carbonato (0-1%), grunerita/fluotaramita (0-5) e opacos (1-15). Outros minerais em traços (<0,5) tais como apatita, zircão e

Figura 18: Distribuição modal das fases minerais principais, por estimativa visual, nas amostras do perfil litoestructural do nível 10 (N-10) da mina do Pari. (Hb-hornblenda; Cl-clorita; Bi-biotita, Qz-quartzo; Gr-granada; Cb-carbonato; Pl-plagioclásio; GF-anfibólios tipo cummingtonita-grunerita e/ou fluotaramita; Op-opacos).

Figura 19: Distribuição modal das fases minerais principais, por estimativa visual, nas amostras do perfil do nível de entrada (N-00) da mina do Pari (Hb-hornblenda; Cl-clorita; Bi-biotita, Qz-quartzo; Gr-granada; Cb-carbonato; Pl-plagioclásio; GF-anfibólios tipo cummingtonita-grunerita e/ou fluotaramita; Op-opacos). "Anf Hw" são os anfibólios dispostos na capa, e os "Anf Fw" são os da lapa.

epídoto, também foram observados, existindo tanto nos anfibolitos, quanto nas rochas da capa e da lapa, e na própria mineralização.

Observa-se que, o local de amostragem do N-10 constitui-se em porção rica da mineralização, contrariamente das amostras do N-00 (extremidade Norte do minério), em zona de fechamento por provável zona de cisalhamento posterior à mineralização aurífera.

Das fases de minerais opacos, no minério destacam-se a pirrotita e arsenopirita, os quais constituem entre 70 e 85% dos minerais opacos do minério. Também se observaram, com menor frequência calcopirita (0-1%), esfalerita (<1%), pentlandita (<0,01%), ilmenita (0-1%) e magnetita (0-2%). Pirita só foi observada fora da zona mineralizada, frequentemente associada às fraturas tardias, discordantes às principais estruturas.

As fases minerais opacas foram representadas na ordem de sua formação, na figura 20, conforme sua disposição estrutural e textural na rocha.

Fase Mineral	1	2	3
Pirrotita	I II		
Arsenopirita	I II		
Pirita			
Calcopirita	I II		
Esfalerita	I II		
Magnetita			
Ouro	I II		

Fase 1 - Deposição e Diagênese

Fase 2 - Transformações Metamórficas

Fase 3 - Remobilizações Tardias e Finais

Figura 20: Seqüência de cristalização dos minerais opacos principais no minério de ouro da mina do Pari.

O Au da mina do Pari aparece em duas gerações granulométricas e texturais distintas e suas composições analisadas por microsonda eletrônica (Schorscher et al., 1991, Abreu, 1995, 1996 e 2001) também são diferentes nos teores de Ag. A geração de Au mais antiga, aparece em grãos de granulometria bastante reduzida

(5-15µm) inclusos nas arsenopiritas de 1ª geração (Fotomicrografia 01). Outra geração, granulometricamente superior (0,01 a 0,5mm), aparece inclusa em minerais metamórficos, em granadas (fotomicrografia 05) e/ou magnetitas poiquiloblásticas (fotomicrografia 03), ou ainda, livre na matriz (fotomicrografia 04).

Estes aspectos texturais e composicionais dos grãos de Au evidenciam que ocorreu uma recristalização metamórfica sobre uma mineralização preexistente, o que é corroborado pela maior pureza da liga natural do grão de Au da segunda geração, que foi remobilizada e recristalizada, com remoção de Ag em solução.

Gráficos mostrando a distribuição modal dos minerais nas amostras de canais das galerias dos níveis de entrada (N-00) e 10 (N-10) (figuras 04 e 05) são apresentados nas figuras 18 e 19. Nota-se também uma pequena tendência de assimetria da distribuição modal de alguns minerais (p.ex. granada, carbonato, plagioclásio, entre outros) nas rochas da capa e da lapa dos dois níveis amostrados.

III.3.1.3. Geoquímica

Nos trabalhos de dissertação de Mestrado de Abreu (1995) obtiveram-se 78 análises de rochas e minérios via fluorescência de raios X (elementos maiores e 20 elementos traço) além de análises de Au por *fire assay* e absorção atômica. Agora, esses dados foram completados com análises por ICP-MS.

No item V.2 do capítulo V são discutidos os perfis geoquímicos da distribuição dos elementos analisados, nas amostras dos níveis 00 e 10 da mina do Pari, representativos das seções de amostragens contínuas da lapa a capa (conforme as figuras 04 e 05). Observa-se claramente a assimetria no comportamento geoquímico de alguns elementos nas encaixantes do minério, notadamente, de Mg, Na, Cr e Ni.

Um fato que também chamou a atenção foi o enriquecimento de Na nas encaixantes de lapa do N-10, o que foi interpretado por Abreu (1995) como efeito de espilitização em seqüências vulcânicas básicas associadas às formações ferríferas ou mesmo corpos de exalitos de fundo oceânico. O enriquecimento de Mg, Cr e Ni na capa da mineralização é sugestivo de indicar a base de novos derrames (pós mineralização) com concentração de minerais ferro-magnesianos, tais como olivinas ou piroxênios, hoje transformados em anfibólios. Trata-se, portanto, de uma assinatura geoquímica de derrames basálticos de fundo oceânico, que na base da mineralização estão espilitizados e no topo isentos dessa alteração, indicando processos cumuláticos. De forma alguma, porém, as distribuições geoquímicas observadas aproximam-se do formato simétrico comum nos padrões de mineralizações epigenéticas, ou de origem

pós-pico de metamorfismo, descrito nos modelos de Phillips e Groves (1983), Phillips (1985), Hodgson (1989 e 1993) e Goldfarb et al. (2001).

Diferentemente também dos relatos de Lobato et al. (1998a,b) de algumas mineralizações de Au do Quadrilátero Ferrífero, ou ainda de MacGeehan e Hodgson (1980) na minas de Campbell e Dikenson, no distrito de Red Lake (Canadá). Nas minas do Pari e São Bento não foram observados os efeitos de lixiviação, nas encaixantes, atribuídas às soluções hidrotermais, que removem MgO, Na₂O (mais móveis), com o relativo enriquecimento de FeO, CaO e MnO.

De modo geral, o comportamento geoquímico dos elementos maiores analisados na mina do Pari se mostra oposto ao descrito nas zonas de cisalhamento por Yankee et al. (2003).

A presença de Au/Ag se limita à zona sulfetada, ou seja, ao minério em si aqui descrito. Há forte correlação positiva entre o Au-Ag com os teores de As e Zn. Também observam-se correlações positivas moderadas com Cu e Ba.

As venulações e veios de quartzo concordantes e discordantes existentes na mineralização, de fato, não têm expressão típica quanto às características metalogenéticas da mineralização.

As análises químicas via *fire assay* (Au-ppm) em uma seção completa do furo BR-39 (Abreu, 1995), mostraram que nenhum desses veios de quartzo remobilizado, à exceção do Horizonte Florália apresenta-se mineralizado.

O comportamento dos elementos terras raras (REE) (anexo 7) mostra leves assimetrias de distribuição entre a capa (*HW-hangwall*) e lapa (*FW-footwall*), e junto à zona mineralizada, têm-se as maiores concentrações de terras raras, sobretudo quanto aos valores de Ce, Nd e La.

No nível 10, a capa mostra concentrações crescentes de REE de forma em direção à mineralização, enquanto no nível 00 este fato é característico da lapa.

Nos padrões de REE normalizados (Anexo 7), também se observam os diferentes comportamentos geoquímicos das encaixantes de capa e lapa, e da zona do minério.

Independentemente da normalização utilizada, observam-se enriquecimentos variáveis em terras raras leves (LREE) entre capa e lapa, bem como diferentes dispersões entre amostras próximas, desses litotipos encaixantes.

As anomalias negativas de Eu nos diagramas do anexo 7, devem-se as concentrações de Eu nos *vents* atuais do *East Pacific Rise*, muito mais altas em relação às concentrações das amostras da mina do Pari.

III.3.1.4. Geotermômetro de Arsenopirita

A despeito da discussão na literatura sobre o uso do geotermômetro de arsenopirita, proposto por Clark (1960), re-examinado por Kretschmar e Scott (1976) e Barton e Skinner (1979), este pode ser utilizado com certas restrições, conforme alertaram Sharp et al. (1985), que consideram o uso desse geotermômetro válido para depósitos metamorfizados em fácies xisto verde a anfibolito baixo. Para depósitos em fácies granulito o geotermômetro oferece temperaturas significativamente mais baixas e para os depósitos hidrotermais de baixas temperaturas (epitermais) temperaturas inconsistentes.

A mina do Pari, encontra-se dentro da faixa metamórfica considerada ótima para o uso deste método, sendo esse caso também para a grande maioria dos demais depósitos de Au conhecidos do Supergrupo Rio das Velhas.

Na tabela 05 e anexo 5 encontram-se os dados composicionais das arsenopiritas da mina do Pari (Schorscher et al., 1991, in: Abreu, 1995), bem como de outras mineralizações do Quadrilátero Ferrífero e do Zimbábue (Godoy, 1994; Oberthür et al., 1990).

No gráfico da figura 21, foram representados os dados da tabela 05 obtendo-se como resultados as temperaturas prováveis para os minérios desses depósitos.

No minério da mina do Pari, os núcleos de arsenopiritas mostraram temperaturas entre 485 a 520°C. Aquelas arsenopiritas, portadoras de Au incluso de granulometria muito fina (arsenopirita de 1ª geração), indicaram temperaturas mais baixas de seus núcleos, entre 485 a 491°C, e àquelas da segunda geração de 500 a 520°C.

Ao se observar as paragêneses metamórficas da mina do Pari (hornblenda + granada + grunerita + plagioclásio An >30) estas indicam temperaturas maiores que 400 e até 520°C, ou seja, condições de xisto verde alto a anfibolito inferior, para um metamorfismo do tipo Barrowiano (de pressões médias), segundo de Winkler (1977); Schorscher (1992) e Herz (1978). Segundo Clark (1960), a coexistência em equilíbrio das fases arsenopirita e pirrotita, inexistindo conjuntamente a pirita indica temperaturas superiores a 491°C, que de fato, é o caso das paragêneses do campo metamórfico no qual a mina do Pari se insere (figura 22).

Assim, com base nos dados geotermométricos das duas gerações principais de arsenopiritas e das paragêneses de silicatos e sulfetos metamórficas, resume-se o seguinte quadro metalogenético:

Tabela 05: Dados analíticos de As (%Atômica) em Arsenopirritas de minérios de Au								T°C
Raposos (Godoy, 1994)								
% atômicos								
Fe	S	As	Soma				As Rec.	T°C
32.3	36.5	31.2	100				31.2	375
32.5	36.4	31.1	100				31.1	370
32.2	35.1	32.7	100				32.7	450
Geotermômetro de Pirrotita Geotermômetro de Clorita							46% S Al ^{IV}	>250 270-330
Pary (Schorscher et al. 1991, in: Abreu, 1995)								
% atômicos								
Amostra	As	Fe	S	Soma	Centro	Borda	As Rec.	T°C
59	32.5	33.3	34.1	99.9	X		32.5	485
60	33.4	33.3	33.3	100		X	33.4	508
64	33.3	33.1	33.5	99.9	X		33.3	505
83	33.8	33.7	32.5	100	X		33.8	520
84	33.5	33.5	32.9	99.9		X	33.5	512
85	33.3	33.3	33.1	99.7		X	33.4	508
91	33.2	33.2	34.1	100.5	X		33.0	491
102	33.4	33.4	33.9	100.7	X		33.2	500
São Bento (Schorscher et al. 1991, in: Abreu, 1995)								
% atômicos								
Amostra	As	Fe	S	Soma	Centro	Borda		T°C
1	28.7	33.8	33.8	96.3	X		29.8	340
2	29.4	34	36.5	99.9	X		29.4	320
3	32.1	33.3	34.7	100.1	X		32.1	435
São Bento (Oberthür et al., 1990)								
% atômicos								
Centro	29.6	(n=7) (Asp+Po+Py)						T°C
Centro	30.3							335
borda	30.1							365
borda	30.5							350
								375
Zimbabwe (Oberthür et al. (1990)								
% atômicos								
Centro	28.9	Vubachikwe bif dentro de anfibolitos (Anf + Cl+ Asp + Po + Py) (n=62)						T°C
Centro	30.6							310
borda	29.4							390
borda	34.4							330
								530
Centro	34.2	Lennox Anf + Gra + Po (n=3)						530
Centro	34.4							540
Centro	29.4	Bar 20 veios discordantes c/ Asp (Po+Asp) (n=26)						T°C
Centro	31.6							495
borda	29.8							500
borda	31.7							495
								505

Obs.: Fe: ferro; As; arsênio; S; enxofre; Asp: Arsenopirrita; Po; Pirrotita; As Rec: % atômica de As recalculada.
T°C: Temperatura em graus Celcius. Gra; granada; Anf: anfibolito; Cl: clorita

Figura 21: Geotermômetro de "As em Arsenopirita", segundo Sharp et al.(1985), mostrando dados das minas de Au arqueanas do Pari e São Bento (Schorscher et al., 1991, in: Abreu, 1995); Raposos (Godoy, 1994) do Quadrilátero Ferrífero; e Vubachikwe, Lennox e Bar20 (Oberthür et al., 1990) do Zimbabwe. asp: arsenopirita; po: pirrotita; lo: loellingita; py: pirita; L: líquido.

Figura 22: Diagramas Fe-As-S (Clark 1960, Barton, 1969), mostrando a variação de paragêneses em função da composição do sistema original e das condições de temperatura. A partir de 491 °C os sulfetos Arsenopirita (asp), Pirita (py) e Pirrotita (po) não mais coexistem em equilíbrio termodinâmico, sendo possíveis os pares Arsenopirita-Pirita, Arsenopirita-Pirrotita ou Pirita-Pirrotita, ou ainda combinações com a presença de löllingita (lō) ou As nativo.

- Arsenopiritas de 1ª Geração: temperaturas entre 485 e 491°C, sendo sulfetos poiquiloblásticos parcialmente reequilibrados pelas condições metamórficas, de fácies xisto verde alto (indicado pelas paragêneses silicáticas, porém sem recristalização total e perda das inclusões de Au);

- Arsenopiritas de 2ª Geração: temperaturas entre 500 e 520°C, sendo os sulfetos idioblásticos, totalmente reequilibrados, constituindo-se em recristalizados metamórficos, que representam as condições de temperatura do pico do metamorfismo regional na área da mina do Pari.

Assim, as temperaturas encontradas, não necessariamente retratam a formação original do minério aurífero, sendo mais provavelmente o produto do metamorfismo regional principal, atuante sobre uma mineralização preexistente.

Comparando-se, os dados da mina do Pari com os demais apresentados na figura 21, observa-se a compatibilidade das condições metamórficas regionais de fácies xisto verde superior nas minas de Lennox e Bar 20, do Zimbábue (Oberthür et al. (1990), mas que infelizmente, não se tem as informações dos aspectos texturais das arsenopiritas avaliadas.

III.3.1.5. Conclusões Preliminares da Metalogênese da Mina do Pari

Todos os dados existentes, de trabalhos de Schorscher et al. (1986, 1991) e Abreu (1995), mostraram evidências de alterações de fundo oceânico nas encaixantes da mineralização. Há duas gerações de Au, texturais e composicionais distintas, bem como 2 gerações de arsenopiritas correlacionáveis às de Au.

As interpretações metalogenéticas de Schorscher et al. (1991) e Abreu (1995 e 1996) são suportadas por trabalhos detalhados, petrográficos e geoquímicos, e apontam para 2 fases metalogenéticas:

a) Fase 1: vulcanogênica sedimentar-exalativa de fundo oceânico, causando a deposição dos BIF sulfetados auríferos e a espilitização dos protolitos dos anfíbolitos granatíferos da lapa da mineralização;

b) Fase 2: de metamorfismo regional progressivo, causando a recristalização das paragêneses de silicatos e sulfetos dos BIF auríferos e das rochas encaixantes, incluindo a purificação da liga natural de Au livre, além do aumento de sua

granulometria. Por fim, ocorreram ainda remobilizações locais muito discretas, formando os veios de quartzo tardios, por vezes com algum Au.

Preliminarmente, pode-se admitir que também as demais mineralizações auríferas arqueanas do QF poderão ser reinterpretadas como condicionadas por processos polifásicos ou de multi-estágios, incluindo desde processos vulcano-exalativos iniciais até processos hidrotermais-metamórficos posteriores.

A seguir serão resumidos os dados de diversas outras minas e mineralizações de Au arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas, com o intuito de embasar comparações e conclusões a respeito de sua evolução metalogenética.

III.3.2. Metalogenia de Outras Mineralizações de Au Arqueanas do Quadrilátero Ferrífero

Através de pesquisa bibliográfica foram coletados dados das minas de São Bento (Figura 23), Morro Velho, Raposos, Cuiabá, Faria, Juca Vieira, Bahú e Passagem de Mariana.

A mina de Passagem de Mariana, no entanto, é caracterizada por estar em situação de contato litológico tectono-metamórfico entre as unidades arqueanas do Sgr. Rio das Velhas e paleoproterozóicas do Sgr. Minas, possuindo um corpo mineralizado rico em turmalina (Fleischer, 1971; Fleischer e Routhier, 1973; Vial, 1988a; Chavet et al., 2001), diferentemente das demais mineralizações tipicamente arqueanas, sendo considerada muito mais jovem.

As mineralizações maiores, tipicamente arqueanas, estão claramente hospedadas nos litotipos do *Greenstone Belt* Rio das Velhas, e intimamente associadas aos metassedimentos químicos, seja formação ferrífera ou *metacherts* ou em formações "Lapa Seca" (Ladeira, 1980). Diferentemente disso, têm-se ainda os pequenos e descontínuos veios de quartzo mineralizados, com pouco sulfeto ($\pm 1\%$), a exemplo de Juca Vieira, do Horizonte Florália na mina do Pari, a mina do Bahú e os veios de quartzo auríferos irregulares na Formação Carrapato, na área da mina São Bento, dentre muitos outros tratados na literatura.

III.3.2.1. Contexto Geológico e Estrutural

Os maiores corpos mineralizados do Supergrupo Rio das Velhas, e até o presente

conhecidos e estudados pertencem às minas Morro Velho, Cuiabá, São Bento, Raposos e Faria.

Todas essas mineralizações hospedam-se em metassedimentos químicos (BIF) arqueanos, e associam-se intimamente às paragêneses minerais sulfetadas, principalmente arsenopirita, pirita e pirrotita, e secundariamente com calcopirita, esfalerita, tetraedrita, cubanita e pentlandita.

Todas as mineralizações auríferas foram afetadas por eventos tectono-termiais metamórficos, e a depender da situação local, foram fraco a fortemente dobradas e redobradas. No distrito de Nova Lima (minas de Morro Velho, Raposos e Faria) as mineralizações mostram intenso redobramento, exibindo padrões de dobras isoclinais (Moreschi, 1972; Ladeira, 1980 e 1988; Toledo, 1987; Godoy, 1994, Ribeiro-Rodrigues, 1998). Também na mina São Bento são descritas e mapeadas dobras isoclinais rompidas, de eixo subhorizontal, efeito de empurrão SE para NW (Martins Pereira, 1995), exibindo padrões de dobras em bainha. Entretanto, analisado as estruturas sedimentares (S_0) em relação às deformações pode-se concluir, que em todas essas mineralizações, os minérios se dispõem de maneira essencialmente concordantes. Exceções são dadas, por remobilizações em zonas de charneiras dessas dobras ou ainda, em veios preenchendo fraturas tipo T (*tension gashes*), dentro do corpo da mineralização, jamais estendendo-se além disso.

Os conjuntos litológicos encaixantes dessas mineralizações auríferas variam de formações ferríferas do tipo algoma, metassedimentos pelíticos, até metavulcânicas diversas, diferenciando-se das demais os contextos da mina do Pari e de Cuiabá, cujas mineralizações auríferas, hospedam-se exclusivamente em formações ferríferas, intercaladas em seqüências de metavulcânicas máficas (anfíbolitos). Porém, na mina de Cuiabá, existem ainda rochas vulcânicas félsicas associadas, diferentemente da mina do Pari e arredores, onde tais rochas não foram verificadas em associação próxima à mineralização.

Muitas das mineralizações auríferas são cortadas por diques de metabásicas posteriores, como por exemplo, nas minas de São Bento e Raposos. Estes, entretanto, não se associam à metalogênese desses depósitos (Martins Pereira, 1995; Godoy, 1994) e apenas os cortam, podendo gerar pequenas remobilizações locais, sejam enriquecimentos ou depauperações.

Nas tabelas 06a e 06b forma resumidas comparativamente as características gerais das mineralizações aqui comentadas. As mineralizações possuem nítidos controles litoestratigráficos e estruturais, estando sempre hospedadas em metassedimentos químicos, e deformadas, com controle linear marcante; S70°E no distrito de Nova Lima, S50°E em São Bento, Santa Quitéria e Córrego do Sítio; e S80-85°E nas mina

do Pari, Bahú, Gambá e Patrimônio no distrito de Florália (Figura 02 e anexo 01). A idade dessas deformações ainda é discutível. Pelo que se observa na mina São Bento, as estruturas principais, N45-50°E são relacionadas ao evento arqueano Rio das Velhas (Martins Pereira, 1995), sendo o evento Minas-Espinhaço (Transamazônico), representado por falhamentos diversos, de direção N-S até NNW-SSE, com caimentos de 50-70° (a estes se associam os metadiabásios) e arrastes de baixo ângulo (subhorizontais), próximos à superfície (Figura 09 e 23), e ambos cortando a mineralização da mina São Bento.

III.3.2.2. Paragêneses Silicáticas e de Sulfetos

Na tabela 06 b foram compilados os dados médios da relação Au/Ag (*fineness*), e de outros elementos associados a liga natural de Au, com dados sobre o grau metamórfico, bem como as paragêneses dos minérios, incluindo sulfetos e silicatos. As paragêneses silicáticas das mineralizações de Au arqueanas podem ser resumidas em quatro tipos principais:

a) quartzo + siderita + clorita + carbonato $\pm$ estilpnomelano $\pm$ sericita: típica para os depósitos auríferos associados a formações ferríferas tipo algoma, porém em fácies xisto verde inferior, com temperaturas máximas de até ~300°C.

b) quartzo + ankerita $\pm$ Fe-dolomita: típica para os depósitos associados a formações de “Lapa Seca” (i.e., BIF de fácies carbonato), como da Mina de Morro Velho (Ladeira, 1980), também em fácies xisto verde.

c) quartzo + carbonato + hornblenda + granada: típica para os depósitos auríferos da quadrícula de Florália, entre eles: Pari, Patrimônio, Gambá e Bahú, todos em fácies xisto verde superior transicional para fácies anfibolito, com temperaturas atingindo até 520°C.

d) quartzo $\pm$ carbonato $\pm$ sulfetos: típica para depósitos de veios de quartzo, tais como o Horizonte Florália da mina do Pari; veios de quartzo auríferos na Formação Carrapato (Mina São Bento), e os veios de quartzo das minas do Bahú e Juca Vieira. Nestes, o grau metamórfico regional pouco influenciou, indicando tratar-se de típicos veios tardios de remobilizações, pós-pico do metamorfismo regional principal da área.

Tabela 6a: Resumo das Principais minas estudadas em detalhe do Q.F. - Localização e características gerais

	Autor	Mina	Localização		Contexto Litoestrutural	Encaixantes e Hospedeiras		
			Porção do QF	Município		Hospedeira	lapa	capa
1	Ladeira(1980)	Mina Grande	Centro-Oeste	Nova Lima	NL/VS/Bif hosted	Lapa Seca	máficas	xistos
2	Vieira (1988,1991)	Juca Viera	Centro-Norte	Caeté	NL/VS/Bif hosted	Veio de quartzo	Máfica	Máfica
3	Godoy (1994)	Raposos	Centro-Oeste	Nova Lima	NL/VS/Bif hosted	BIF	máficas/ultram.	metatufos/metapelitos
4	Toledo (1987)	Cuiabá	Centro-Norte	Caeté	NL/Máfico/Bif hosted	BiF	máficas	máficas
5	Moreschi (1972)	Faria	Centro-Norte	Caeté	NL/Máfico/Bif hosted	BIF	grafita-xisto	máficas/sedimentos
6	Alves (1995)	São Bento	NE	Santa Bárbara	NL/S/Bif hosted	BIF	grafita-xisto	BIF
7	Abreu (1995)	Pari	NE	Santa Bárbara	NL/Máfico/Bif hosted	BIF impuro	anf-clorita-biotita xisto c/ gran.	anf-clorita-biotita xisto c/ gra
8	Abreu (1995)	Bahu	NE	Santa Bárbara	NL/VS/Bif hosted	Veio de quartzo	anf-clorita-biotita xisto c/ gran.	anf-clorita-biotita xisto c/ gran.
9	Vial (1988)	Passagem	SE	Mariana	Contato Minas/NL	veio qzo/turmalinito.	itabirito dolomítico	qzo-carb-sericita-biot xisto

NL/VS/Bif hosted: Grupo Nova Lima- Domínio vulcano-sedimentar, hospedada em formação ferrífera (BIF),

NL/Máfico/Bif hosted: Grupo Nova Lima- Domínio vulcânico básico, hospedada em formação ferrífera(BIF),

NL/S/Bif hosted: Grupo Nova Lima- Domínio sedimentar químico, hospedada em formação ferrífera (BIF).

Contato Minas/NL: Hospedada no contato tectônico entre o Supergrupo Minas e Supergrupo Rio das Velhas

Tabela 6b: Resumo das Principais minas estudadas em detalhe do Q.F. - Características Metalogenéticas Gerais

	Autor	Mina	Teor Médio	Au/Ag	Outros elementos	Grau Metamórfico	Paragêneses do Minério	
			(Au g/t)		(na liga natural de Au)		Sulfetos	Silicatos e Carbonatos
1	Ladeira(1980)	Mina Grande	11.0	4 - 4,1; 5,7 - 6,46	Pt, Pd traços (0,09 a 0,15 ppm)	Xisto verde	Py-Po (Asp) (Ccp-Cu)	qzo-ank
2	Vieira (1988,1991)	Juca Viera	5,6	13,61	-	Xisto verde	Py-Po-Ccp (Asp) < 1%	qzo (cl-cab-se-ab)
3	Godoy (1994)	Raposos	6,0	4,75 (Ladeira, 1980)	Pt, Pd, Ni, Co, Cu traços	Xisto verde	Po (Py-Asp) e Py-Asp	qzo-sid
4	Toledo (1987)	Cuiabá	8 a 11	6	-	Xisto verde	Py (Po-Asp-Ccp-Sp-Gn)	qzo-sid-cl
5	Moreschi (1972)	Faria	8,6	5	-	Xisto verde	Py-Po-Asp (Sp-Ccp-Gn-Tt)	qzo-sid-cl
6	Alves (1995)	São Bento	11,0	2,07 - 2,1; 4,85 - 7,1	Cu	Xisto verde	Asp-Po-Py(Sp-Gn-Ccp)	qzo-sid-cl-stp
7	Schorscher et al, in Abreu(1995)	Pari	10,0	4,35 - 5,13; 4,8 - 6,18	-	Xisto verde alto	Asp-Po-(Ccp-Sp-Pn)	qzo-cab-gra-horn
8	Schorscher et al, in Abreu(1995)	Bahu		5,62 - 6,09	-	Xisto verde alto	Py	qzo-cab
9	Vial (1988)	Passagem	6 - 14		-	Xisto verde?	Asp-Py / Po	qzo-turm-anf

Py-pirita, Po-pirrotita, Asp-arsenopirita, Sp-esfalerita, Ccp-calcopirita, Gn-galena, Tt-tetraedrita, Cu-cubanita, Pn-pentlandita, ank-ankerita, qzo-quartzo, cl-clorita, cab-carbonato, se-sericita, ab-albita, sid-siderita, stp-stilpnomelano, gra-granada, horn-hornblenda, turm-turmalina, anf-anfibólio.

A proporção de sulfetos nas mineralizações de Au do Supergrupo Rio das Velhas é bastante variável. No entanto existe sempre uma forte correlação do Au com os sulfetos presentes em cada caso. Nas minas do Pari e São Bento há forte correlação positiva entre a arsenopirita e o Au (Martins Pereira, 1995; Abreu, 1995, Valladares, 2004).

As paragêneses sulfetadas principais mostram quase constância de:

- Arsenopirita (Asp) + Pirrotita (Po) + Pirita (Py), na mina São Bento, e
- Arsenopirita (Asp) + Pirrotita (Po), na mina do Pari.

Como fases subordinadas aparecem esfalerita (Sp), calcopirita (Ccp), cubanita (Cu), tetraedrita (Tt) e pentlandita (Pn). A galena (Gn) aparece raramente, em veios tardios, nas minas de Morro Velho e São Bento, bem como em traços nos veios da mina do Bahú e no Horizonte Florália da mina do Pari.

Novamente, comparando-se as paragêneses de sulfetos principais, de arsenopirita, pirrotita e pirita, com o grau metamórfico regional de cada uma das mineralizações, observa-se, segundo Clark (1960) (figura 22), que apenas a mina do Pari, indica condições metamórficas mais elevadas, pela co-existência paragenética de Arsenopirita + Pirrotita (na ausência de pirita), indicando $T > 491^{\circ}\text{C}$.

III.3.2.3. Estudos de Inclusões Fluidas

Estudos de inclusões fluidas estão disponíveis das minas Raposos (Godoy, 1994), São Bento (Alves, 1995) e Cuiabá (Toledo et al., 1998). Os principais resultados são apresentados na tabela 07.

Na mina Raposos foram identificadas 5 tipos ou classes de inclusões fluidas em veios de quartzo associados à mineralização. Dos veios, entretanto, não foram dadas as descrições exatas de sua localização, posicionamento estratigráfico e estrutural, nem as características petrográficas (deformação e recristalização do quartzo) e eventuais outros constituintes minerais.

As inclusões encontradas são classificadas em: do **tipo I** $\{\text{H}_2\text{O}$, CH_4 , (N_2) , NaCl e $\text{CO}_2\}$, subdivididas em: **Ia** $\{\text{H}_2\text{O}$, CH_4 , (N_2) , NaCl e $\text{CO}_2\}$ e **Ib** $\{\text{CH}_4$ e $\text{N}_2\}$ com salinidade de 14,3% equivalentes de NaCl ; as do **tipo II** $\{\text{H}_2\text{O}$, CO_2 , NaCl e $\text{CH}_4\}$ com 8,49% equivalentes de NaCl e as do **tipo III** $\{\text{H}_2\text{O}$, NaCl ou $\text{KCl}\}$, de alta

Tabela 7: Dados de Inclusões Fluidas, Isótopos Estáveis, Paragênese, Geoermômetro de Arsenopirita e Temperaturas de Metamorfismo

Autor	Mina	P e T		Tipos	Inclusões Fluidas		Isótopos Estáveis	
		T (°C)	P (kbar)		Fluidos	NaCl (%eq.)	C ¹³ (‰) (PDB)	O ¹⁸ (‰) (SMOW)
1 Ladeira(1980)	Mina Grande	380-500*	2 - 4					15,82-17,36(qzo) e 12,81-13,66(rt)
2 Vieira (1988, 1991)	Juca Viera							
3 Godoy, 1994	Raposos			I	H ₂ O, CH ₄ , (N ₂), NaCl e CO ₂	14.3	-4 a -6 (minério, bif e remobiliz.)	
Godoy, 1994	Raposos			Ia	H ₂ O, CH ₄ , (N ₂), NaCl e CO ₂	14.3	~0 (máficas)	
Godoy, 1994	Raposos			Ib	CH ₄ e N ₂	14.3	-18,2	
Godoy, 1994	Raposos			II	H ₂ O, CO ₂ , NaCl e CH ₄	8.49		
Godoy, 1994	Raposos			III	H ₂ O, NaCl ou KCl	alta		
4 Toledo et al.(1998)	Cuiabá	250-520*			CH ₄ e CO ₂ (N ₂ e H ₂ S e HS ⁻)	5,9 a 8		
5 Moreschi (1972)	Faria	300-400						
6 Alves (1995)	São Bento	300	3.2	1a	CO ₂ , CH ₄ e N ₂	3,4 a 5		
Alves (1995)	São Bento			1b	CO ₂ , CH ₄ e (N ₂)	3,4 a 5		
Alves (1995)	São Bento	200	1	1c	N ₂ , CH ₄ e CO ₂	3,4 a 5		
Alves (1995)	São Bento			2	N ₂ e CO ₂			
Alves (1995)	São Bento			3	H ₂ O			
7 Schorscher et al. 1991, in Abreu(1995)	Pari	320-515*						
8 Schorscher et al. 1991, in Abreu(1995)	Bahu	320-515*						

* Temperaturas de metamorfismo baseadas em paragêneses metamórficas ou geotermômetro de Arsenopirita. (rt: rocha total, qzo: quartzo)

Quando sem asterisco a Temperatura foi indicada por paragêneses metamórficas.

Nas minas do Pari e Bahu foram utilizados ambos os métodos: geotermômetro de arsenopirita e paragêneses metamórficas.

salinidade. Segundo Godoy (1994), estes fluidos seriam de origem metamórfica e relacionados à gênese da mineralização. Porém, há de se considerar que inclusões aquo-carbônicas de relativamente alta salinidade já foram interpretadas por Fyfe e Kerrich (1984), estudando minas de Au e metais base da região do Abitibi (Canadá), como de origens vulcano-exalativas ou magmático-hidrotermais.

Na mina São Bento, Alves (1995) também identificou 5 tipos de inclusões fluidas que aparecem tanto em veios de quartzo associados à mineralização quanto em veios que cortam unidades estéreis. No caso, têm-se as seguintes inclusões: **tipo 1a** {CO₂, CH₄ e N₂} indicando T=300°C e P=3,2kb, **tipo 1b** {CO₂, CH₄ e (N₂)} e **tipo 1c** {N₂, CH₄ e CO₂} indicando T=200°C e P=1kb, com salinidades entre 3,4 e 5% equivalentes de NaCl; as do **tipo 2** {N₂, CO₂} de baixa salinidade e **tipo 3** {H₂O} hipersalinas. Nas inclusões fluidas da mina São Bento, a componente carbônica, mais expressiva, indicaria uma provável origem metamórfica, interpretada segundo os estudos de Fyfe e Kerrich (1984).

Na mina de Cuiabá Toledo et al. (1998) caracterizaram apenas um tipo de inclusões fluidas de {CH₄, CO₂, (N₂), H₂S e HS⁻} com salinidades entre 5,9 e 8% equivalentes NaCl.

Desses estudos de inclusões fluidas, depreende-se uma considerável variação composicional entre as diversas minas e que, de fato, também possuem características litoestruturais, petrográficas e geoquímicas, de minérios e rochas encaixantes e hospedeiras, bastante distintas.

Comparando as minas Raposos e São Bento, observa-se que existem os mesmo tipos morfológicos e seqüências temporais de inclusões fluidas, mas que apresentam composições distintas.

O significado das inclusões fluidas em mineralizações que sofreram diversos processos (multi-estágio) ainda é pouco discutido na literatura. Alguns autores, como Lobato et al. (1998), Vieira (1988, 1991), Toledo et al. (1998), interpretam as características dessas inclusões, e as condições de pressões e temperaturas, assim deduzidas, como sendo às mesmas da formação principal do depósito. Pela literatura internacional, as composições das inclusões fluidas mais antigas, indicariam fluidos de origem magmática (Fyfe e Kerrich, 1984; Hutchinson e Burlington, 1984; Mason, 1992, 1995; Yao et al., 1999; entre muitos outros).

III.3.2.4. Estudos de Isótopos Estáveis

Nas mineralizações auríferas arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas ainda são bastante escassos os estudos de isótopos estáveis (tabela 7).

Da mina Morro Velho, Ladeira (1980 e 1988) apresentou dados de δO^{18} (SMOW) para veios de quartzo na formação Lapa Seca (+17,0 ‰) e nos metabasaltos (+17‰), de veios de quartzo tardios (+16,0 ‰) e de rocha total (metabasaltos) (+12,75 a +13,07 ‰), interpretando a origem da mineralização como singenética-exalativa de um sistema hidrotermal convectivo de fundo oceânico, e origens metamórficas para os fluidos dos veios de quartzo tardios.

De maneira análoga, com estudo de δO^{18} (SMOW) em rocha total de metabasitos alterados ou não por processos hidrotermais de fundo oceânico e posteriormente metamorfizados, do Grupo Serra do Itaberaba (Estado de São Paulo), Perez-Aguilar (2001), obteve, para metabasitos sem alterações hidrotermais valores entre +5 e +9 ‰ (protolitos) e para metabasitos com alteração hidrotermal progressiva, valores crescentes entre +8,6 e +16,9 ‰.

Estes resultados, indiretamente, corroboram as interpretações de Ladeira (1980) para os metabasaltos do Grupo Nova Lima, anteriores ao metamorfismo regional no Quadrilátero Ferrífero que também devem ter sofrido alterações hidrotermais de fundo oceânico.

Na mina de Raposos, Godoy (1994) obteve dados isotópicos de δC^{13} (PDB) do minério, da formação ferrífera e dos carbonatos remobilizados (-4 a -6 ‰), nos carbonatos dos metabasaltos (~0 ‰), e de grafita (-18,2 ‰). Sua interpretação quanto à gênese da mineralização, no entanto, salienta apenas os aspectos de natureza tectônica e metamórfica, não discutindo os resultados isotópicos em detalhes maiores. Porém, com base nos estudos de Craig (1953), Rankama (1963), bem como de Santos et al. (2000), os dados de δC^{13} (PDB), acima obtidos, poderiam ser interpretados ainda de outra forma: para as formações ferríferas e metabasaltos os valores seriam compatíveis com carbonatos marinhos; enquanto as grafitas mostrariam uma possível origem biogênica. Isto indicaria uma possível relação de singênese da mineralização de Au e das formações ferríferas e posterior metamorfismo de fácies xisto verde. Silva e Xavier (1997) descreveram um fato semelhante em materiais carbonosos do *greenstone belt* do rio Itapicuru, na Bahia.

III.3.2.5. Estudos de Isótopos Radiogênicos e Geocronologia

Vários estudos geocronológicos já foram realizados em diversas das mineralizações auríferas arqueanas e outros litotipos do Supergrupo Rio das Velhas (tabela 08).

Tabela 08: Geocronologia das Mineralizações Auríferas do Q.F.

Local	Geocronologia					
	Mina ou Distrito	Grão ou Rocha	método	Rocha	Interp. Orig.	idade (G.a)
Morro Velho		Galena	Pb-Pb (Gn)	veio discordante	Metalogênese	3,0-2,7
Morro Velho		Galena	Pb-Pb (Gn)	veio discordante	remob.I	2,45-2,41
Morro Velho		Galena	Pb-Pb (Gn)	veio discordante	remob.II	2,175-2,1
Morro Velho		Galena	Pb-Pb (Gn)	veio discordante	remob.III	0,6
Morro Velho		Sulfetos (Asp, Py e Po)	Pb-Pb (Sulf.)	minério sulfetado	Deposição	2,82
Morro Velho		Rocha Total (Bif c/ Siderita)	Pb-Pb (rt)	Lapa Sêca cinza estéril	Deposição	2,8
Morro Velho		Zircão peq. Redondo	U-Pb Zircão	"tufito félsico"	Detritico	3,126
Morro Velho		Zircão com arestas	U-Pb Zircão	"tufito félsico"	Detritico	2,777 a 2,776
Morro Velho		Zircão detritico?	U-Pb Zircão	"tufito félsico"	Detritico	2,278
Morro Velho		Monazita redonda	U-Pb Monaz.	"tufito félsico"	Detritico	2,068
Morro Velho		Monazita euhédrica	U-Pb Monaz.	"tufito félsico"	Detritico	1,875
Morro Velho		Zircão detritico?	U-Pb Zircão	Lapa Sêca cinza	Detritico	2,771 a 2,748
Morro Velho		Monazita detritica?	U-Pb Monaz.	Lapa Sêca cinza	Detritico	2,705 +-1
Passagem de Mariana		Monaz. Euh., inclusões de sulf.	U-Pb Monaz.	veio discordante	metamorfismo	2,093
Passagem de Mariana		Monaz. Euh., inclusões de sulf.	U-Pb Monaz.	veio discordante	metamorfismo	1,843 a 0,462
Carrapato		23 Zircões detriticos	U-Pb Zircão	metagrauvaca Carrapato	Sedimentação	3,539+-34 a 2,996+-38
Carrapato		4 Zircões euédricos	U-Pb Zircão	metagrauvaca Carrapato	sed. e metam.	2,900 e 3,232(disc) e 3,198(ca.)
Carrapato		3 Monazitas	U-Pb Monaz.	metagrauvaca Carrapato	metamorfismo	2,850-2,879(dis) e 2,921(ca.)
Cuiabá		2 Monazitas	U-Pb Monaz.	metagrauvaca Cuiabá	metamorfismo	2,854 -2,857
Maquiné		5 Zircões	U-Pb Zircão	Quartzito- Maquiné	Detritico	3,261-2,877(ca) e 3,006-2,913(ds)
Maquiné		Monazita	U-Pb Monaz.	Quartzito- Maquiné	metamorfismo	2,020-1,989
Nova Lima		Zircão límpido prismático	U-Pb Zircão	metassed. Intrabasaltos	metamorfismo	1,806 e sobrecresc. 0,625
São Bento		Sulfetos (Asp, Py)	Pb-Pb (Sulf.)	minério sulfetado	Deposição	2,72
São Bento		BIF(qzo+magnet.+siderita)	Pb-Pb (rt)	BIF(qzo+magnet.+siderita)	metamorfismo	2,1

Obs.: rt: rocha total; Sulf.: sulfetos; Gn: galena; Monaz.: monazita.

Dois métodos principais foram utilizados nas tentativas mais recentes de obter as idades de formação das mineralizações auríferas: Pb-Pb e U-Pb.

Na mina Morro Velho Thorpe et al. (1984) datando galenas de veios discordantes e/ou remobilizados da mineralização pelo método Pb-Pb, identificaram até 4 faixas de idades precambrianas bastante distintas, de 3,0-2,7; 2,45-2,41; 2,175-2,100 e 0,6 Ga, que interpretaram como da época metalogenética e de 3 eventos de remobilizações posteriores.

De Wit et al. (1994, 2004), também com o método Pb-Pb, porém em rocha total (minérios de ouro), obtiveram idades de 2,82 e 2,8 Ga na mina Morro Velho e 2,72 e 2,1 na mina São Bento, interpretado-as, respectivamente, como idades da metalogênese (para Morro Velho) e da metalogênese e de um evento posterior de metamorfismo (para São Bento). Estes autores salientaram ainda a possibilidade de mineralização singenética para a mina São Bento, com a deposição dos sulfetos penecontemporânea às formações ferríferas hospedeiras do tipo algoma; já no caso da mina Morro Velho, atribuíram à mineralização aurífera uma origem epigenética.

Schrank e Machado (1996a,b) dataram um elevado número de cristais individuais de zircões e monazitas pelo método U-Pb, e identificaram diversas faixas de idades compreendidas no intervalo geral de 3,54 a 0,62 Ga, com máximos no Arqueano (de 3,2 a 2,8 Ga) e no Paleoproterozóico médio a superior (de 2,3 a 1,8 Ga), além de uma idade neoproterózoica (0,625 Ga). O mérito geocronológico dos trabalhos de Schrank e Machado (1996a,b), porém, é limitado por várias incertezas e imprecisões geológicas, mineralógicas e petrográficas. Estes autores reinterpretaram as rochas metassedimenares químicas e metavulcanoclásticas arqueanas do Gr. Nova Lima no distrito do local-tipo (de Nova Lima) como do Grupo Sabará (Supergrupo Minas) paleoproterozóicas, apenas com base nos resultados de suas datações. Também mencionaram a datação de “metagrauvacas Carrapato” da mina São Bento sem qualquer descrição petrográfica mais pormenorizada, sendo, de fato, as rochas amplamente predominantes da assim informalmente denominada “formação Carrapato” na região da mina, rochas finas, quartzo-albita-sericita-clorita xistos grafitosos. Por fim, também não forneceram dados tipológicos mais completos dos zircões e monazitas datados, que seriam imprescindíveis para sustentar as interpretações dadas às respectivas idades.

Independentemente das divergências interpretativas entre os diferentes autores, é notável, como mesmo os resultados geocronológicos mais recentes, na realidade, apenas refletem e consubstanciam os principais eventos tectono-termiais regionais que afetaram total ou parcialmente todos os litotipos do Supergrupo Rio das Velhas, e suas mineralizações de Au e que, de fato, pouco avançaram em relação às

datações clássicas e respectivas interpretações. Já Herz (1970), completando e integrando os dados geocronológicos pioneiros K-Ar e Rb-Sr em minerais e rochas totais, claramente definiu as idades da orogênese arqueana da Série Rio das Velhas na faixa de 2,9-2,7 Ga, da orogênese da Série Minas de 2,2-1,8 Ga e do evento tectono-termal Brasileiro de 0,6-0,45 Ga.

Assim, a despeito da aparente coerência interpretativa dos trabalhos de De Wit et al. (1994, 2004), reitera-se aqui a possibilidade das mineralizações de ouro das minas Morro Velho e São Bento serem ainda mais antigas que as idades obtidas de respectivamente 2,82 e 2,72 Ga. O ponto principal é que estas idades Pb-Pb, coincidem perfeitamente com o evento tectono-termal da orogênese Rio das Velhas; e que este evento, certamente, também afetou e reequilibrou isotopicamente, parcial a totalmente, quaisquer eventuais mineralizações de Au preexistentes, sejam singenéticas sedimentares-exalativas ou epigenéticas.

Para a evolução via de regra policíclica e poligenética das mineralizações de ouro de *greenstone belts* arqueanos, abordagens como de Rettinger (1998, Cap. III, ff.) no estudo de rochas metamórficas do Supergrupo Rio das Velhas poderão ser futuramente de grande interesse. As datações químicas (U-Th-Pb) via microsonda eletrônica, de diferentes gerações de monazitas no contexto paragenético e textural metamórfico de minérios de ouro e suas rochas hospedeiras e encaixantes, aliadas à caracterização micro-química quantitativa (completa) das monazitas datadas (para fins de análises de procedência) e aliadas, ainda, com estudos geotermobarométricos das paragéneses metamórficas associadas (de silicatos, carbonatos e sulfetos) permitem reconstruir as trajetórias P-T-t de um determinado depósito, fornecendo ainda meios para verificação e controle do significado de eventuais datações baseadas em sistemática isotópica.

III.3.2.6. Geotermômetros

Na tabelas 05-07 são mostrados os métodos e resultados dos diversos estudos geotermométricos já efetuados nas mineralizações de Au do Supergrupo Rio das Velhas, que sempre evidenciam temperaturas semelhantes àquelas do metamorfismo regional principal atuante nessas mineralizações.

Autores como Lobato et al. (1998a,b), Vieira (1988, 1991), Godoy (1994), Martins Pereira (1995) e Toledo et al. (1998), entre muitos outros, interpretaram essas temperaturas como aquelas da formação das mineralizações, que consideraram epigenéticas, pós-pico metamórfico, reforçando suas hipóteses com dados estruturais.

No entanto, outros autores, como Ladeira (1980, 1988), Schorscher et al. (1986, 1991), Abreu (1995), De Wit et al. (1994, 2004) e Valladares (2004), afirmaram reafirmam em seus trabalhos, as assinaturas singenéticas, vulcano-exalativas, dessas mineralizações, considerando as feições epigenéticas como de recristalizações metamórficas e remobilizações locais, claramente posteriores a formação dos depósitos auríferos. Assim, consideram as temperaturas obtidas nos diversos estudos geotermométricos como de reequilibrações metamórficas locais e regionais, de eventos posteriores a formação das mineralizações. Na figura 21, pode-se observar o geotermômetro de Arsenopirita aplicado a mina do Pari e a outras minas de Au do Quadrilátero Ferrífero, em comparação com alguns exemplos mundiais de mineralizações auríferas arqueanas em *greenstone belts*.

III.2.3. Conclusões Preliminares Sobre os Aspectos Metalogenéticos Gerais

Fato relevante, verificado em grande parte dos trabalhos consultados, é a falta de localização precisa das amostras dos veios e dos minérios dos quais foram obtidos dados de inclusões fluidas, isótopos, geotermômetros e outros. Afinal, o que se pretende é avaliar as possíveis e variadas fases que possam ter remobilizado ou transformado a mineralização aurífera. Nisso, a caracterização precisa dos locais, tipos de estruturas, as gerações de veios, seus teores metálicos, tornam-se informações vitais, para que se possam entender os processos da evolução petrogenética e metalogenética da mineralização e suas encaixantes. Assim, listaram-se as principais considerações já conclusivas, extraídas da literatura e confirmadas nessa pesquisa, sobre a metalogenia de Au do QF.

- As mineralizações auríferas do Supergrupo Rio das Velhas dividem-se em dois tipos principais, segundo a rocha hospedeira: a) hospedadas em metassedimentos químicos, e b) em veios de quartzo.

- Existem 2 gerações principais, texturais e composicionais de ligas naturais de Au-Ag distintas, coexistindo nas principais mineralizações de Au em metassedimentos químicos, sendo de Au incluso em sulfetos e de Au livre, intercrescido com os minerais do minério e da ganga. Nos minérios da mina do Pari, Schorscher et al. (1991) e Abreu (1995) consideraram o Au da primeira geração como sinsedimentar e a parte principal do Au da segunda geração, como remobilizado metamórfico.

- Geotermômetros sempre apresentam temperaturas compatíveis àquelas da fácies mais alta do principal ou do último evento de metamorfismo da região.
- Inclusões fluidas também refletem, em sua maioria absoluta, muito mais às condições metamórficas das rochas locais, do que retratarem fielmente o fluido original mineralizante. A suposição neste trabalho de pesquisa é que as assinaturas geoquímicas das inclusões fluidas são o resultado de misturas de fluidos por processos superimpostos, originais sedimentares, seguidos por diagenéticos, e finalmente, modificados por um ou mais eventos tectono-metamórficos, estes últimos remobilizantes locais e posteriores à mineralização.
- Os dados de isótopos estáveis são ainda poucos e apenas parcialmente significativos e/ou compreendidos, o que torna sua discussão difícil. Também ainda, pouco ou nada se sabe sobre o comportamento exato desses isótopos em mineralizações arqueanas de Au, quando em áreas afetadas por múltiplos processos superimpostos, desde sedimentares a diagenéticos, magmáticos e pós-magmáticos, metamórficos e deformacionais.
- A geocronologia apresenta dados claramente referentes aos principais eventos tectono-metamórficos regionais, arqueanos até neoproterozóicos/eopaleozóicos, que atuaram no Quadrilátero Ferrífero e que assim se registraram em seus litotipos.
- A localização exata e a descrição pormenorizada das amostras coletadas para estudos com métodos mais refinados, a sua caracterização petrográfica e geoquímica detalhada, dentro de seu contexto estratigráfico e litoestrutural na mineralização ou nas encaixantes, tornam-se fundamentais no entendimento da metalogênese. Muitas vezes, em exemplos da literatura disponível, não se tem os detalhes da mineralogia, petrografia e/ou geoquímica global das amostras. Não se sabe exatamente quais veios, minérios e/ou encaixantes foram investigados com métodos citados, principalmente, nos estudos de inclusões fluidas e isotópicas.

Capítulo IV: GEOLOGIA LOCAL E PETROGRAFIA

A geologia local já foi descrita e comentada no Capítulo III desta tese. Portanto, neste capítulo enfocaram-se apenas aspectos complementares e principalmente petrográficos das unidades descritas e mapeadas na região da mina do Pari. Muitas das amostras aqui apresentadas foram coletadas em subsolo ou de testemunhos de sondagens cedidos pela UNAMGEN Min. e Met. S.A., hoje Eldorado Gold Co., proprietária da mina São Bento e que mantém diversos alvarás de pesquisa na região de Santa Bárbara e Barão de Cocais, MG.

IV.1. Complexo Gnáissico-Migmatítico

IV.1.1. Características Gerais

As rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico ou Complexo TTG (Tonalito, Trondhjemitó, Granodiorítico) ocupam as áreas a leste e a oeste das rochas supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas, representando cerca de 65% da superfície da área mapeada (Figuras 1, 2, 3). Em seção transversal W-E a estruturação geológica, confirmada por sondagens, mostra que tais rochas ocorrem com contatos tectônicos tanto sobrepostas quanto sotopostas à sequência supracrustal arqueana.

Em superfície são escassos os afloramentos de rochas frescas, entretanto, ocorrem em exposição quase contínua nos cortes da estrada de ferro Vitória-Minas e nas ribanceiras e leito do rio Valéria. Nas áreas do complexo TTG predomina um relevo mais arrasado de morros e vales suaves. O solo caracteriza-se por ser de coloração esbranquiçada, bastante arenoso, e os saprólitos preservam as estruturas originais com feldspatos caolinizados. É comum a presença de venulações de quartzo hialino, branco-leitoso e/ou fumê, assim como de mobilizados pegmatóides caracterizados por placas centimétricas de muscovita associada a quartzo e feldspato (caolinizado) grossos (centimétricos).

As rochas frescas desta unidade foram obtidas principalmente de furos de sondagem da porção leste do Complexo Gnáissico-Migmatítico, que cortaram estas litologias antes de atravessar as supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas (Figura 06).

Macroscopicamente, as rochas TTG são cinza-claras equi a subequigranulares médias a finas, mais raramente porfíricas, distinguindo-se os seguintes litotipos principais: gnaisses tonalíticos (Fotografia 22), gnaisses granodioríticos (Fotografia 23), gnaisses graníticos, veios pegmatíticos (Fotografia 24) e venulações quartzosas

com espessuras até métricas. Ocorrem ainda anfíbolitos metabásicos e rochas metaultramáficas (anfíbolitos e esteatitos), na forma de intercalações métricas a submétricas, que por suas características petrográficas polimetamórficas não se correlacionam às seqüências supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas.

Os gnaisses graníticos são raros e referem-se a porções mais ricas em microclínio dos gnaisses granodioríticos, sobretudo em locais onde se observa intensa catáclase e/ou milonitização. Admite-se que estes litotipos tenham sofrido metassomatismo potássico durante eventos tectono-metamórficos proterozóicos (Mothé F^o, 1996).

Em todos os furos de sondagem observou-se que a foliação milonítica se intensifica em direção aos contatos com as supracrustais, assim, como também aumenta a incidência dos litotipos mais ricos em microclínio e de veios de quartzo. A foliação milonítica, de fato, constitui-se numa das principais características regionais dos contatos do Complexo TTG gnáissico-migmatítico com o Supergrupo Rio das Velhas, dado o soerguimento arqueano deste complexo em domos, que ainda sofreram reestruturações posteriores por um ou mais eventos tectônicos (e metamórficos) regionais de vergências para oeste.

IV.1.2. Petrografia Microscópica

IV.1.2.1. Gnaisses Tonalíticos

Apresentam-se com texturas granoblásticas equi a subequigranulares; sua granulometria média varia de 0,3 a 5mm, sendo mais raros os tipos e/ou porções porfiroblásticas (Fotografia 22). A mineralogia modal básica compreende plagioclásio (An: 24-28 = oligoclásio) entre 35 e 45%, quartzo entre 30 e 40%, microclínio entre 5 e 15%, biotita entre 2 e 5%, muscovita entre 0,5 e 3%, sericita entre 1 e 5%, e minerais opacos entre 0,5 e 1,5%. Como minerais em traços acessórios e secundários são comuns apatita, epídoto, carbonatos, clorita, e zircão.

Os plagioclásios mostram-se moderadamente zonados, por vezes deformados e/ou fraturados, sendo notável a presença e feição textural do microclínio, que muitas vezes, aparece nas bordas ou em fraturas no interior dos grãos de plagioclásio mostrando relações de substituição entre os feldspatos, indicativas de um evento metassomático potássico, ainda que incipiente que afetou os tonalitos. Sericita e carbonatos também aparecem às vezes em fraturas ou núcleos dos grãos de plagioclásio, porém não são comuns. O quartzo mostra extinção ondulante e normalmente é de granulometria fina (de 0,3 a 0,5 mm). As biotitas possuem um

pleocroísmo verde claro a verde oliva, e raramente são transformadas e/ou associadas com cloritas.

IV.1.2.2. Gnaisses Granodioríticos

Sua estrutura (Fotografia 23) é semelhante à dos gnaisses tonalíticos, porém ocorrem dois tipos texturais principais, um granoblástico subequigranular com marcante orientação dos minerais, por vezes até bandado; e outro porfiroblástico com apenas leve orientação de seus minerais.

Para ambos a composição modal estimada mostra plagioclásio (An 22-27 = oligoclásio) entre 10 e 30%, microclínio entre 15 e 25%, quartzo entre 20-30%, biotita entre 5 e 10%, epídoto entre 0,5 e 2%, sendo os opacos raros. Entre os minerais em traços ocorrem titanita, apatita, carbonato e sericita.

Os cristais de plagioclásio estão mais intensamente substituídos por microclínio que nos gnaisses tonalíticos; assim muitos, senão todos os porfiroblastos de microclínio possuem pequenos restos de plagioclásio como inclusões.

IV.1.2.3. Gnaisses Graníticos

Possuem estrutura bandada fortemente orientada, com texturas miloníticas marcantes, e quase sempre, contém intercalações de veios e níveis pegmatíticos de granulometria grossa, ricos em microclínio, quartzo e muscovita.

Nos gnaisses graníticos predomina o microclínio (30 a 35%) sobre o plagioclásio (5 a 15%), quartzo recristalizado (30 a 45%), e biotita de cor verde a verde oliva (2 a 5%) que é o principal mineral máfico. Minerais em traços acessórios e secundários são carbonatos, epídoto, zircão, titanita, apatita e allanita.

IV.1.2.4. Enclaves Metamáficos

São rochas foliadas, grano-lepidoblásticas, e cuja composição mineralógica apresenta biotita de cor castanha avermelhada (20-40%), quartzo (10-20%), plagioclásio albitico (5-15%), hornblenda (2-5%), carbonatos (5-15%) e epídoto (5-15%). Mostram ainda como minerais traços titanita, apatita, opacos e allanita.

A classificação dos protolitos é bastante insegura visto as intensas transformações mineralógico-texturais metamórficas. Provavelmente tratava-se de protolitos de rochas metabásicas alterados em processos metassomáticos com fluidos metamórfico-hidrotermais.

IV.1.2.5. Enclaves Metaultramáficos

São rochas heterogêneas, com porções máfico-ultramáficas, de cores verdes escuras foliadas, principalmente nas porções mais ricas em biotita (e epídoto) e mobilizados félsicos em veios de cores claras. A textura mostra-se grano-lepidoblástica e equigranular nos níveis máfico-ultramáficos e inequigranular porfiroblástica nas porções félsicas ricas em quartzo e microclínio.

A mineralogia essencial das porções máfico-ultramáficas é constituída por talco, Mg-clorita, epídoto, biotita, plagioclásio; ocorrem ainda microvenulações de quartzo e também porções com porfiroblastos de microclínio.

IV.1.2.6. Veios Pegmatíticos

Apresentam textura muito grossa (Fotografia 24), sendo que o microclínio (60-70%) chega a atingir mais de 5 cm de dimensão maior. Em cortes polidos observam-se pertitas com lamelas de exsolução de albita perfazendo de 2 a 5% da pertita, com até 1mm de espessura. Mostram também quartzo (10-20%), muscovita (2-5%), e uma segunda geração textural de exsoluções micropertíticas nos microclínios. Os minerais opacos são raros.

IV.2. Supergrupo Rio das Velhas

Na área o Supergrupo Rio das Velhas é representado por restos do Grupo Quebra Osso e uma porção predominantemente metamáfica do Grupo Nova Lima (Figuras 1 e 2).

IV.2.1. Grupo Quebra Osso

IV.2.1.1. Características Gerais

O Grupo Quebra Osso é a unidade basal da seqüência *greenstone belt* na área, estendendo-se em continuidade física até o perfil da seção tipo do córrego Quebra Osso. Está em contato direto, tectônico, sobreposto aos gnaisses do Complexo Gnáissico-Migmatítico e, em contato estratigráfico normal, gradacional em

Prancha 05

Foto 38:

Amostra de rocha metaultramáfica do Grupo Quebra Osso com típica estrutura de “*pillow lavas*” pequenas, exibindo bordas com zonas de palagonitização milimétricas a centimétricas, além de material piroclástico “inter-pillow”.

Foto 39:

Amostra T-39, anfibolito fino com bandas quartzo-carbonáticas cisalhadas.

Foto 40:

Amostra T-41, de anfibolito fino com bandas quartzo-carbonáticas cisalhadas.

Foto 41:

Amostra T-42, de anfibolito fino com bandas quartzo-carbonáticas cisalhadas.

Foto 42:

Amostra T-58, anfibolito fino com bandas quartzo-carbonáticas cisalhadas.

Foto 43:

Amostra T-60, de anfibolito biotítico fino (Unidade B) com bandas de hornblenda, crenulado.

Foto 44:

Amostra T-66, de anfibolito grosso.

Foto 45:

Amostra G-01, de mão, do nível 10 da mina do Pari, de anfibolito grosso com porfiroblastos milimétricos de granada.

Prancha 05

pequeno intervalo, com o Grupo Nova Lima no topo, mostrando o Supergrupo Rio das Velhas no local, em posição normal, diferentemente do que foi descrito da Quadrícula Santa Bárbara (1:25.000), a oeste (Schorscher, 1988, 1992; Luchesi, 1991).

A espessura do Grupo Quebra Osso, na área do morro do Pari, verificada através de sondagens varia entre 6 e 12 m.

As rochas metaultramáficas são representadas por anfibólio-clorita xistos (Fotografias 54, 56, 57), por vezes com níveis de talco-clorita xistos, intensamente deformados (cisalhados). Níveis extremamente ricos em biotita (flogopita porfiroblástica) grossa são comuns principalmente próximos aos contatos tectônicos com o Complexo Gnáissico-Migmatítico e evidenciam um processo sinmetamórfico de metassomatismo potássico de biotitização/flogopitização das rochas metaultramáficas.

Uma das sondagens interceptou um horizonte centimétrico de sulfetos maciços rico em pirrotita e calcopirita, apresentando teores anômalos de Ni e Au, respectivamente de 2510 e 0,10 ppm, atestando assim o potencial metalogenético deste grupo de rochas, para mineralizações de sulfetos magmáticos (Fotografia 54).

IV.2.1.2. Petrografia

A composição petrográfica principal é de anfibólio-clorita xistos, bandados com níveis ricos em clorita e outros ricos em anfibólio. As cloritas são magnesianas e se dispõem em bandas centimétricas a milimétricas. Os anfibólios (hornblenda e cummingtonita) dispõem-se também em bandas centimétricas, ora com textura nematoblástica, ora discordantes a foliação principal como porfiroblastos tardi a pós-cinemáticos.

Não foram observados restos de estruturas ígneas primárias preservadas. Porém é marcante o crescimento de porfiroblastos, discordantes da foliação principal, de biotitas, de cor verde oliva, sobretudo na zona de contato das metaultramáficas com os gnaisses, bem como na porção do topo do contato estratigráfico transicional com o Grupo Nova Lima. Junto às porções mais biotitizadas da rocha, ou seja, principalmente nas proximidades do contato inferior são freqüentes venulações centimétricas de quartzo. A biotitização e a venulitização de quartzo indicam a composição dos fluidos tectono-metamórficos hidrotermais metassomatizantes como alcalinos-potássicos, portadores de SiO_2 e também de Al_2O_3 .

IV.2.2. Grupo Nova Lima

No morro do Pari, através dos testemunhos de sondagem, o Grupo Nova Lima foi subdividido em 4 unidades litoestratigráficas informais, designadas, da base para o topo, de A, B, C e D (figuras 10 e 11):

IV.2.2.1. Unidade A

IV.2.2.1.1. Características Gerais

A unidade A encontra-se na base da seqüência do Grupo Nova Lima, no morro do Pari, sobreposta ao Grupo Quebra Osso com contato estratigráfico normal, eventualmente tectonizado e milonítico em pequeno intervalo. O contato com a unidade B, no topo, também é normal. A unidade A é descontínua, podendo faltar localmente; nesses casos a unidade B jaz diretamente sobre o Gr. Quebra Osso, com contatos estratigráficos normais.

Na unidade A predominam rochas foliadas, de granulação fina (Fotografia 55, Prancha 07), cores cinza médias, sem aparente variação composicional sugestiva de acamamento, porém contendo finas intercalações de clorita xistos (0 a 5m).

A espessura dessa unidade varia entre 0 e 10 m.

IV.2.2.1.2. Petrografia

Ao microscópio o litotipo principal da unidade A do Grupo Nova Lima é representado por quartzo-hornblenda-biotita-plagioclásio xistos de estrutura foliada e textura grano-lepidoblástica fina, com granulometria média sempre inferior a 1 mm. Os grãos de quartzo são recristalizados poligonais e os plagioclásios em grãos ovalados a arredondados, quase sempre, envoltos de massas foliadas de biotitas, conferem aos xistos aspecto de rochas metassedimentares, no caso de metasubgrauvacas. Por outro lado, há porções mais preservadas em que texturas palimpsésticas sugerem origens de protolitos ígneos vulcânicos intermediários, prováveis metadacitos, cortadas e transformadas por cisalhamento. Assim, observa-se que onde o cisalhamento milonítico é mais intenso, aparecem mais as características estruturais e texturais de uma metagrauvaca, enquanto que as porções mais preservadas tendem a caracterizar o protolito ígneo mais provável como uma rocha vulcânica intermediária.

Também ocorrem na unidade A clorita xistos, em finos níveis foliados, intercalados aos quartzo-hornblenda-biotita-plagioclásio xistos. Os clorita xistos possuem textura

pórfiro-lepidoblástica, sendo os porfiroblastos de clorita magnesiana, hornblenda e mais raramente de biotita. Esses xistos são descontínuos e não aparecem em todos os furos; foram classificados como metatufos e/ou metatufitos máficos.

IV.2.2.2. Unidade B

IV.2.2.2.1. Características Gerais

A unidade B (informalmente chamada ainda de formação Pari) constitui-se basicamente de anfibolitos granatíferos com intercalações métricas de BIF tipo Algoma de fácies mistas, com quartzo, magnetita, grunerita, raros sulfetos, carbonatos, em proporções variáveis, às quais se associam finas lentes de xistos grafitosos. Como topo da unidade B aparece o horizonte sulfetado com arsenopirita e pirrotita, portador da mineralização de Au, também denominado de horizonte Pari ou subunidade B1. Este é balizado, na capa e na lapa, por clorita-hornblenda-biotita xistos com venulações quartzosas centimétricas a milimétricas. A espessura da unidade B varia de 150 a 180m (Figuras 10, 11).

IV.2.2.2.2. Petrografia

Basicamente, encontram-se 5 tipos petrográficos distintos: a) anfibolitos granatíferos; b) formações ferríferas tipo Algoma; c) grafita xistos; d) rochas encaixantes da mineralização, e) minérios do horizonte mineralizado (Horizonte Pari, subunidade B1). Os minérios de ouro e as rochas encaixantes da mineralização serão detalhados em capítulo próprio (cap. IV.3).

a) Anfibolitos Granatíferos

São rochas de cores verdes escuras a pretas, de estrutura foliada, e textura grano-nematoblástica. Por vezes, observam-se porções inequigranulares, as hornblendas formando porfiroblastos poiquiloblásticos, de granulometria grossa.

A composição modal geral compreende hornblenda verde e anfíbólio incolor (cummingtonita), que somam entre 50-60%, com cristais de 2 a 3 mm de comprimento. Ainda tem-se quartzo (10-15%); plagioclásio (10-15%); granada almandina (3-5%) euhédrica; biotita castanha avermelhada (2-5%); e opacos (2-3%). As granadas foram identificadas por difração de raios X, após separação de

Prancha 06

Foto 46:

Amostra GN-01, de biotita-hornblenda xisto fino do Grupo Nova Lima, encaixante da capa (*hangwall*) do minério no nível de entrada (N-00), da mina do Pari.

Foto 47:

Amostra GN-08, de hornblenda-biotita xisto fino do Grupo Nova Lima, encaixante da lapa (*footwall*) do minério no nível de entrada (N-00), da mina do Pari.

Foto 48:

Amostra GN-19, de hornblenda-biotita xisto fino do Grupo Nova Lima, encaixante da lapa (*footwall*) do minério no nível de entrada (N-00), da mina do Pari.

Foto 49:

Amostra GN-22, de hornblenda-biotita xisto fino do Grupo Nova Lima, encaixante da lapa (*footwall*) do minério no nível de entrada (N-00), da mina do Pari.

Foto 50:

Amostra GN-23, de hornblenda-biotita xisto fino do Grupo Nova Lima, encaixante da lapa (*footwall*) do minério no nível de entrada (N-00) da mina do Pari.

Foto 51:

Amostra GN-26, anfibolito grosso, pouco foliado, do Grupo Nova Lima, já pouco distante da encaixante da lapa (*footwall*) do minério no nível de entrada (N-00), da mina do Pari.

Foto 52:

Amostra 07B, hornblenda-biotita xisto, grosso, bastante foliado, do Grupo Nova Lima, da encaixante da lapa (*footwall*) do minério no nível 10 (N10), da mina do Pari.

Foto 53:

Amostra 14B, granada-hornblenda-biotita xisto, grosso, bastante foliado, do Grupo Nova Lima, da encaixante da capa (*hangwall*) do minério no nível 10 (N10), da mina do Pari.

Prancha 06

minerais em grãos sob lupa binocular, bem como analisadas por microsonda eletrônica. Os minerais em traços, acessórios e secundários, são apatita, epidoto e carbonatos.

b) Formações Ferríferas Bandadas (BIF) tipo Algoma

São rochas de estrutura bandada, com bandas milimétricas a, mais raramente, centimétricas (Fotografia 60), alternando-se bandas de textura nematoblástica, essencialmente de grunerita e fluotaramita e bandas granoblásticas compostas de granada almandina, magnetita, pirita, pirrotita, quartzo e carbonatos. Trata-se, portanto de BIF mistas incluindo fácies silicato, óxido com magnetita, sulfeto e carbonato. A composição mineralógica modal estimada (em % de volume) é de: grunerita (50-70%), fluotaramita (8-12%), quartzo (2-5%), opacos (magnetita, pirita e pirrotita) (2-5%), granada (1-3%), carbonato (1-3%) e biotita (traços).

Os anfibólios foram identificados opticamente. A fluotaramita tem pleocroísmo verde azulado a verde amarelado, $2V \sim 20^\circ$, biaxial (-), ângulo de extinção ($Z^A C$) entre 10 e 14° e birrefringência máxima observada de 0,012. A grunerita tem pleocroísmo fraco, incolor a amarelo, $2V$ alto ($>60^\circ$), ângulo de extinção ($Z^A C$) entre 10 e 15° , birrefringência entre 0,040 e 0,045 e apresenta-se tipicamente com geminação polissintética.

c) Grafita Xistos

Apresentam cores cinza claras a escuras, estrutura bandada e finamente foliada, por vezes dobrada, textura granoblástica a grano-porfiroblástica, com porções porfiro-lepidoblásticas.

Microscopicamente apresentam a composição modal média estimada (em % de volume): quartzo (45%), granada (25%), biotita + grafita + clorita (25%), minerais opacos (5%). Como traços aparecem apatita e carbonatos.

As bandas ricas em quartzo se intercalam com níveis micáceos com porfiroblastos de granada almandina. Nas massas micáceas se misturam biotita e Mg-clorita, além da grafita fina dispersa.

As granadas são milimétricas, poiquiloblásticas com inclusões de quartzo, biotita, grafita e sulfetos. Suas formas externas pós-tectônicas são euhédricas, e as porções internas poiquiliticas, por vezes helicíticas reliquiares de estágios metamórficos pretéritos, inclusive sintectônicos.

Prancha 07

Foto 54:

Amostra GP-01, com nível centimétrico de sulfeto maciço (pirrotita e calcopirita) intercalado nas rochas metaultramáficas do Grupo Quebra Osso, na área da mina do Pari.

Foto 55:

Amostra GP-03, quartzo-hornblenda-biotita-plagioclásio xistos fino, da base do do Grupo Nova Lima (Unidade A), Supergrupo Rio das Velhas na área da mina do Pari.

Foto 56:

Amostra GP-07, metaultramáfica com níveis centimétricos (cor escura) de flogopita, Grupo Quebra Osso, na área da mina do Pari.

Foto 57:

Amostra GP-08, nível rico em flogopita, nas metaultramáficas do Grupo Quebra Osso, área da mina do Pari.

Foto 58:

Amostra GP-10, anfibolito grosso, pouco foliado, recortado por vênulas quartzo carbonáticas intensa e irregular, na posição da encaixante da capa (HW), Grupo Nova Lima, (Furo BR-57).

Foto 59:

Amostra GP-11, anfibolito foliado grosso, com vênulas de quartzo e carbonato estiradas segundo Sn, da encaixante de capa (HW) do minério no nível de entrada, Grupo Nova Lima, (Furo BR-57).

Foto 60:

Amostra GP-15, BIF tipo algoma, bastante foliado, Unidade B, do Grupo Nova Lima, (Furo BR-57). Evidencia dobras da foliação Sn+1.

Foto 61:

Amostra GP-14, anfibolito fino, pouco foliado, da encaixante da lapa (FW) do minério, Grupo Nova Lima, (furo BR-57). Mostra veio fino quartzo-carbonático, desrúpto por microfraturamento.

Prancha 07

IV.2.2.3. Unidade C

IV.2.2.3.1. Características Gerais

A unidade C é constituída predominantemente por anfibolitos finos, sem granadas e isentos de intercalações de formações ferríferas bandadas (BIF). A espessura total da unidade C é de no mínimo 150m.

Em meio a esta unidade ocorre um veio de quartzo, deformado e metamórfico/recristalizado, mineralizado com Au. Este, porém, apresenta-se descontínuo, irregular e com dimensões reduzidas (de espessura decimétrica e extensão métrica), também denominado informalmente de Horizonte Florália.

IV.2.2.3.2. Petrografia

Os anfibolitos finos são rochas de cores verdes escuras a pretas, tem estrutura finamente foliada com raros níveis bandados e textura grano-nematoblástica; raramente ocorrem tipos porfiroblásticos com hornblendas de até 1 mm.

A composição mineralógica mostra hornblenda (60-80%), quartzo (05-10%), plagioclásio (05-15%) e minerais menores como opacos, biotita, titanita, epídoto e carbonatos.

Próximo ao veio de quartzo mineralizado aumenta a quantidade de biotita e carbonatos, que juntos atingem até 10% modais.

IV.2.2.4. Unidade D

IV.2.2.4.1. Características Gerais

A unidade D forma o topo da seqüência do Grupo Nova Lima na área, e mostra-se bastante heterogênea, irregular e descontínua por motivos tectônicos.

Constitui-se de anfibolitos finos, xistos máficos e metapelíticos miloníticos, sendo comuns intercalações de lentes carbonáticas, níveis de anfibolitos granatíferos, e de lentes decimétricas a métricas de formações ferríferas tipo Algoma. A espessura máxima encontrada da unidade D é de 20m.

Admite-se que a unidade D esteja truncada por falha de empurrão de E para W, pela colocação do Complexo Gnáissico-Migmatítico sobre o Supergrupo Rio das Velhas (Figura 07).

IV.2.2.4.2. Petrografia

Os anfibolitos finos da unidade D se assemelham integralmente, aos seus pares da unidade C, e os anfibolitos granatíferos e as formações ferríferas tipo Algoma aos litotipos análogos da unidade B. Portanto, refere-se o leitor as descrições petrográficas dos respectivos itens (IV.2.2.2.2 e IV.2.2.3.2).

As lentes carbonáticas apresentam estrutura foliada dobrada e textura granoblástica. Constituem-se de quartzo e carbonatos de granulometria fina (0,2 a 0,5mm), em proporções aproximadas de 1:1. Como minerais em traços ocorrem biotita e opacos. Trata-se de lentes de *metacherts* carbonáticos.

IV.3. MINERALIZAÇÃO E ENCAIXANTES

IV.3.1. Características Gerais

Para a caracterização da mineralização aurífera e suas rochas encaixantes foram realizados estudos em duas seções de amostragem contínuas, representando perfis da mineralização, incluindo tanto os minérios como as rochas encaixantes imediatas de lapa e capa, assim como anfibolitos associados da seqüência metavulcano-sedimentar. Uma dessas amostragens foi realizada no nível 10 da mina, na porção central, rica do corpo de minério (Figura 05). A outra, no nível de entrada da mina, na extremidade norte do corpo (Figura 04; Fotografias 3-5).

A mineralização da mina do Pari (horizonte Pari) compreende dois horizontes mineralizados. O primeiro, na base, é descontínuo, de ocorrência restrita, espessura submétrica e foi informalmente denominado de horizonte Pari Inferior. O segundo informalmente denominado horizonte Pari Superior, é o nível econômico que foi lavrado nos períodos de atividade da mina, possuindo espessura variável, de 0,50 a 2,5 metros (Figuras 12-14).

A mineralização foi estudada por mapeamento das lavras antigas e sondagens profundas apresentando comportamento de controle litoestratigráfico (*stratabound*), sendo contínua numa extensão longitudinal-lateral (no *strike*) de 150 até 200 m e, no plano do mergulho, por mais de 500 metros.

Prancha 08

Fotomicrografia 01:

Amostra 12B: Au de granulometria fina ($\phi \sim 10\mu\text{m}$), 1ª geração, incluso em arsenopirita rica em inclusões de silicatos. Seção polida do minério da Mina do Pari (microscopia de luz refletida).

Fotomicrografia 02:

Amostra 13B: Magnetitas poiquiloblásticas ($\phi \sim 2\text{ mm}$) englobando sulfetos do minério (arsenopirita e pirrotita). Seção polida do minério da Mina do Pari, de BIF da fácies de transição óxido e sulfeto (microscopia de luz refletida).

Fotomicrografia 03:

Amostra 13B: Magnetita poiquiloblástica com inclusões de Au, grãos amarelos ($\phi \sim 30\mu\text{m}$) e esfalerita (Cinza escuro). Seção polida do minério da Mina do Pari, de BIF fácies mista óxido e sulfeto (microscopia de luz refletida).

Fotomicrografia 04:

Amostra GN-10: Grão grosso de Au livre ($\phi \sim 0,5\text{ mm}$), em matriz silicática, com um grão de arsenopirita associada, no canto superior esquerdo da foto. Seção polida do minério da Mina do Pari (microscopia de luz refletida).

Fotomicrografia 05:

Amostra GN-17: Grãos de Au (amarelo) ($\phi \sim 0,3\text{mm}$) e pirrotita (cinza claro), como inclusões em granada (cinza escuro). Observa-se claramente a compressão dos grãos de Au pelos contornos lobulares do interior da granada. Seção polida do minério da Mina do Pari (microscopia de luz refletida).

Fotomicrografia 06:

Amostra SB-B: Grão de Au fino ($\phi \sim 20\mu\text{m}$), na borda da arsenopirita. Típica feição textural do minério sulfetado da Mina São Bento (Horizonte São Bento). Seção polida do minério da Mina São Bento (foto por microscopia de luz refletida).

Fotomicrografia 07:

Amostra SB-A: Grão de Au grosso ($\phi \sim 0,2\text{mm}$), incluso em pirrotita. Seção polida do minério da Mina São Bento (microscopia de luz refletida).

Fotomicrografia 08:

Amostra SB-B: Dois grãos de Au inclusos em piritita poiquiloblástica. A Piritita (levemente amarela) mostra-se rica em inclusões de silicatos (pretos), pirrotita (cinza-amarelada). Seção polida do minério da Mina São Bento (microscopia de luz refletida).

Prancha 8

Os dois horizontes mineralizados são petrográfica, mineralógica e geoquimicamente semelhantes, e quando ambos aparecem, estão bastante próximos um do outro (Figuras 10-15). Este trabalho estuda em detalhe o horizonte Pari Superior, devido à inexistência do horizonte Pari Inferior nos locais das amostragens seriadas em perfis contínuos (Figuras 4, 5). Assim, em função das similaridades registradas em locais de observação e amostragens complementares com estudos petrográficos, consideram-se válidas para o horizonte Pari Inferior a grande parte das considerações feitas sobre o horizonte estudado.

As espessuras das rochas encaixantes imediatas da capa e da lapa da mineralização variam de 1 a 8 metros, e também diferem em alguns aspectos mineralógico-petrográficos e, principalmente, geoquímicos (apresentados e discutidos a seguir); no entanto, nos aspectos estruturais há muita semelhança. Trata-se de xistos metamáficos e metapelíticos intensamente deformados, apresentando as foliações S_n e S_{n+1} bem desenvolvidas, e muitas vezes estruturas tipo S e C, indicando cisalhamento gerado por esforços diferenciais no sentido direcional geral de E para W, do evento deformativo principal.

Ressaltam as grandes diferenças na resposta à deformação cisalhante das rochas xistosas encaixantes imediatas em relação à mineralização, assim como aos anfibolitos hospedeiros, associados à base e ao topo das encaixantes. Isso ocorre em função das diferenças composicionais mineralógico-petrográficas e, conseqüentemente, de competência, sendo as rochas encaixantes da capa e lapa da mineralização ricas em minerais micáceos. Os minérios são rochas metassedimentares químicas, BIF tipo Algoma maciços, ricos em sulfetos e silicosos, altamente litificados desde a diagênese e de muito maior competência. Os anfibolitos associados também são bem mais competentes que os xistos encaixantes de lapa e capa. O corpo de minério, as encaixantes imediatas predominantemente xistosas da lapa e da capa e os anfibolitos hospedeiros associados à base e no topo, apresentam as mesmas foliações; apenas a S_{n-1} só aparece nos níveis sílico-carbonático-sulfetados de espessura decimétrica internos à mineralização (Fotomicrografias 13, 14; Prancha 09), assim como nos demais níveis de BIF intercalados do Gr. Nova Lima.

IV.3.2. Petrografia

Neste item serão apresentadas, separadamente, as descrições petrográficas das rochas encaixantes da lapa e da capa da mineralização, assim como dos minérios

de ouro, ressaltando que estudos dos minerais opacos só foram efetuados para o corpo mineralizado.

IV.3.2.1. Rochas Encaixantes da Lapa da Mineralização

IV.3.2.1.1. Nível de Entrada (N-00) da Mina do Pari

Neste nível ocorrem como rochas principais clorita-biotita-plagioclásio-quartzo-hornblenda xistos, de textura porfiroblástica com matriz grano-nematoblástica, às vezes contendo ainda raros níveis lepidoblásticos.

A clorita magnesian, fina, ocorre equitativamente distribuída na matriz finamente foliada, em proporções variáveis, perfazendo de 0 a 20% modais das rochas, apresentando teores crescentes em direção à zona mineralizada.

A biotita (0-15%vol.) mostra pleocroísmo castanho avermelhado a castanho esverdeado. Aparece na matriz da rocha, em bandas finas, associada com clorita. A quantidade de biotita também aumenta em direção a zona mineralizada.

O plagioclásio (2-5%vol.), da matriz, de granulometria fina (de 0,1-0,2 mm) tende a diminuir em direção à mineralização.

O quartzo (5-25%vol.) mostra, em geral, recristalização poligonal, por vezes extinção ondulante, sendo o mineral granular mais importante da matriz. Sua ocorrência é ainda comum em microvenulações, algumas vezes, associado com carbonatos. A quantidade total de quartzo também aumenta em direção à zona mineralizada.

A hornblenda (35-85%vol.) é o mineral predominante; sua abundância diminui em direção ao corpo mineralizado. Comumente, forma porfiroblastos de até 5 mm de dimensão maior, cristalizados preferencialmente nos planos axiais das crenulações, na foliação S_{n+1} . Também aparece na matriz da rocha em cristais prismático-aciculares finos, nesses casos, orientada, preferencialmente, na foliação principal S_n . São hornblendas de pleocroísmo moderado a forte, com cores verde-claras a verde-oliva, biaxiais negativas, com ângulos 2V altos ($>65^\circ$), e baixos ângulos de extinção (z^c variando de $10-15^\circ$).

IV.3.2.1.2. Nível 10 (N-10) da Mina do Pari

No nível 10, as rochas predominantes são carbonato-plagioclásio-quartzo-clorita-biotita-hornblenda xistos, com texturas porfiroblásticas em matrizes grano-

PRANCHA 09

Fotomicrografia 09:

Amostra GN-10: Quartzo-clorita-granada-biotita xisto com opacos da mineralização aurífera do N-00 da mina do Pari. (borda vertical 2mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 10:

Amostra GN-10: Quartzo-clorita-granada-biotita xisto com opacos da mineralização aurífera do N-00 da mina do Pari. (borda vertical 2mm, polarizadores paralelos).

Fotomicrografia 11:

Amostra 12B: Granada-biotita-quartzo-hornblenda xisto com opacos da mineralização aurífera do N-10 da mina do Pari. Nota-se o aspecto tardi a pós cinemático da granada poiquiloblástica. (borda vertical 3mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 12:

Amostra 12B: Granada-biotita-quartzo-hornblenda xisto com opacos da mineralização aurífera do N-10 da mina do Pari. Nota-se o aspecto tardi a pós cinemático da granada poiquiloblástica. (borda vertical 3mm, polarizadores paralelos).

Fotomicrografia 13:

Amostra 13B: Biotita-quartzo xisto com opacos da mineralização aurífera do N-10 da mina do Pari. Notam-se microdobras reliquias em um nível de sulfetos muito finos. (borda vertical 3mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 14:

Amostra 13B: Biotita-quartzo xisto com opacos da mineralização aurífera do N-10 da mina do Pari. Notam-se microdobras reliquias em um nível de sulfetos muito finos. (borda vertical 3mm, polarizadores paralelos).

Fotomicrografia 15:

Amostra T-42: Anfibolito fino crenulado. (borda vertical 5mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 16:

Amostra GN-15B: Nível de clorita-biotita xisto de granulometria média a grossa. As cloritas são magnesianas e aparecem como porfiroblastos discordantes a foliação principal. (borda vertical com 5mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 17:

Amostra T-58: Detalhe de quartzo-biotita-hornblenda xisto crenulado da encaixante de lapa do minério da mina do Pari. (borda vertical: 3mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 18:

Amostra GN-09: Detalhe de quartzo-biotita-hornblenda xisto sulfetado do minério do N-00 da mina do Pari. (borda vertical: 3mm, polarizadores paralelos).

Prancha 09

nematoblásticas, às vezes, com níveis lepidoblásticos (Fotomicrografia 19, Prancha 10).

Carbonatos (0-10%vol.) aparecem, eventualmente, em grãos recristalizados poligonais ou intersticiais nos níveis quartzosos da matriz, e também remobilizados, preenchendo fraturas. O plagioclásio (5-10%vol.) ocorre de forma semelhante ao nível de entrada da mina, sendo, porém, mais freqüente. Tende a diminuir em direção a zona mineralizada. Quartzo (10-25%vol.) apresenta-se texturalmente análogo como nas amostras do nível de entrada, entretanto, tende a diminuir em direção ao corpo de minério. A biotita (20-45%vol.), ainda que mais freqüente, ocorre de forma semelhante às amostras do nível de entrada, inclusive quanto à tendência de aumentar de quantidade em direção ao corpo de minério. A hornblenda (20-65%vol.) e a clorita magnesiânica (0-15%vol.) também têm características semelhantes às amostras equivalentes do nível de entrada. Os minerais em traços (constituintes que perfazem <1% modal) comuns em ambos os níveis são rutilo, titanita, apatita, zircão e opacos.

IV.3.2.2. Rochas Encaixantes da Capa da Mineralização

IV.3.2.2.1. Nível de Entrada (N-00) da Mina do Pari

As litologias predominantes são biotita-carbonato-plagioclásio-quartzo-hornblenda xistos, com pirita como mineral opaco principal. A textura é grano-nematoblástica com porções porfiroblásticas à hornblenda.

As composições modais variam (em %vol.): biotita (0-5), carbonatos (1-10), plagioclásio (10-15), quartzo (15-25) e hornblenda (45-60).

Biotita, carbonatos e plagioclásio diminuem em quantidade em direção ao corpo de minério, ao passo que quartzo e hornblenda aumentam. As demais propriedades microscópicas intrínsecas de cada fase mineral são análogas às descritas das encaixantes da lapa da mineralização.

IV.3.2.2.2. Nível 10 (N-10) da Mina do Pari

Predominam quartzo-plagioclásio-clorita-biotita-hornblenda xistos grano-lepidoblásticos com porções porfiroblásticas à hornblenda e biotita. As composições modais são (em %vol.): quartzo (5-10%), plagioclásio (0-10%), clorita (5-20%), biotita (0-20%) e hornblenda (35-80%).

Quartzo e hornblenda aumentam em quantidade na direção do nível mineralizado; a biotita diminui. Das demais fases, plagioclásio e clorita, principalmente, não alteram suas proporções com a aproximação à mineralização.

IV.3.2.3. Petrografia da Mineralização Aurífera

IV.3.2.3.1. Nível de Entrada (N-00) da Mina do Pari

As amostras seriadas do nível de entrada interceptaram uma porção mais pobre da mineralização, com espessura total e teores de ouro menores em relação à composição média encontrada na extremidade norte do corpo.

O minério de ouro constitui-se em xistos nemato a lepidoblásticos e porfiroblásticos, bandados e foliados, da seguinte composição modal (em %vol.): hornblenda (5-65), quartzo (10-65), biotita (2-45), granada almandina (1-20) e plagioclásio (<1-5). Os minerais opacos constituem de 1-15% modais, sendo ainda observadas Fe-cloritas, Mg-cloritas e carbonatos na matriz.

As hornblendas ocorrem em duas gerações texturais distintas, finamente orientadas na matriz e também como porfiroblastos discordantes à foliação principal, por vezes, poiquiloblásticos.

A biotita é castanha avermelhada; normalmente, aparece dispersa na matriz e, eventualmente, com concentração variável em bandas milimétricas a centimétricas. Raramente forma porfiroblastos (Fotomicrografia 22, Prancha 10).

As granadas porfiroblásticas e poiquiloblásticas se desenvolvem, sobretudo, nos níveis ricos em biotita (Fotomicrografias 9-12, Prancha 09; Fotomicrografias 20, 23, 27, Prancha 10). São euhédricas externamente e, internamente, mostram texturas poiquilíticas em planos subparalelos ou helicíticas. São particularmente comuns as inclusões de minerais opacos componentes do minério sulfetado, sobretudo, pirrotita e, bastante freqüentes ainda, inclusões até macroscopicamente visíveis de ouro.

O quartzo e o plagioclásio ocorrem, preferencialmente, nas bandas granoblásticas, quase sempre associados com quantidades pequenas de carbonatos, formando arranjos granoblásticos poligonais em sua trama textural. O quartzo ocorre, ainda, em veios remobilizados tardios e discordantes.

IV.3.2.3.2. Nível 10 (N-10) da Mina do Pari

No nível 10, a mineralização compõe-se de xistos bandados e foliados, por vezes, crenulados e com dobras intrafoliares, cuja mineralogia modal compreende (em %vol.): hornblenda (0-30), quartzo (15-80), biotita (1-40), porfiroblastos de granada almandina (1-45) e plagioclásio (<1). Os minerais opacos constituem de 5-35% modais. Foram ainda observadas na matriz Fe-cloritas, Mg-cloritas, grunerita e fluotaramita.

Comparativamente aos minérios do nível de entrada, os do nível 10 mostram diferenças significantes. São mais ricos em sulfetos e, conseqüentemente, mais ricos também em ouro. Não ocorre plagioclásio nas partes centrais do corpo mineralizado, apenas nas bordas e, mesmo assim, em diminutas quantidades. Os conteúdos de quartzo e de granada, em média, são mais elevados e, comumente, ocorrem ainda dois tipos adicionais de anfibólios, grunerita e fluotaramita, além da hornblenda.

A grunerita e fluotaramita (com propriedades microscópicas semelhantes aos anfibólios equivalentes já descritos dos BIF tipo Algoma da unidade B do Gr. Nova Lima) ocorrem freqüentemente associadas com magnetita, constituindo bandas de BIF do tipo Algoma de fácies mista, óxido a magnetita-silicatos, grano-nematoblásticas, intercaladas no interior da mineralização.

Estruturalmente, os minérios mostram-se afetados tanto pelas micro-dobras intrafoliares (S_{n-1}) palimpsésticas preservadas (Fotomicrografia 13, Prancha 09; Fotomicrografias 20, 28, Prancha 10), quanto pelas deformações subseqüentes (S_n , S_{n+1} e S_{n+2}).

IV.3.2.3.3. Petrografia de Minerais Opacos

Neste item, serão descritos conjuntamente os minérios das duas interseções de amostragens seriadas (Figuras 04, 05), assim como algumas observações metalogenéticas relativas às rochas encaixantes.

No nível de entrada da mina do Pari, na capa da mineralização, ocorre pirita xenomórfica (1-2%vol.) intersticial à matriz das rochas e também, remobilizada em fraturas. O mesmo acontece no nível 10, porém, nas amostras da lapa da mineralização.

Nos dois níveis do minério, os minerais opacos principais são (em % de volume relativos aos minerais opacos totais): pirrotita (50-70%) e arsenopirita (25-45%); os demais minerais, calcopirita, esfalerita, pentlandita e ouro, totalizam até 5%. Pirita e/ou marcassita criptocristalinas ocorrem como produtos de alteração secundária

(retrometamórfico-hidrotermal ou intempérica incipiente) das pirrotitas em estruturas tipo *birds eyes* ("olho de pássaro") e não serão tratadas em maiores detalhes. Um aspecto mineralógico-textural geral do minério sulfetado de ouro da mina do Pari é mostrado na fotomicrografia 01 (Prancha 08).

A pirrotita está presente em duas gerações texturais. A geração principal é de cristais anedrais, de tamanho maior, alongados na foliação, evidenciando a elevada maleabilidade/plasticidade do mineral sob efeitos tectono-metamórficos. Em função dessa propriedade, é quase sempre pobre em inclusões de calcopirita, esfalerita e/ou arsenopirita, ocorrendo, entretanto, pequenas inclusões (exsoluções ou segregações) de pentlandita, formando texturas *flaming* ("em chamas"). Essas pirrotitas metamórficas mostram alterações secundárias para pirita/ marcassita em *birds eyes*. Uma outra geração de pirrotitas, anterior às pirrotitas metamórficas acima descritas, é representada por diminutas inclusões do mineral em arsenopiritas e, mais raramente, em calcopiritas.

Arsenopirita ocorre em duas gerações texturais bem definidas. As arsenopiritas da primeira geração formam cristais anedrais a subedrais, sempre ricos em inclusões de outros sulfetos (pirrotita, esfalerita e calcopirita), silicatos, e de ouro refratário de granulometria fina ($<10\ \mu\text{m}$) (Fotomicrografia 01, Prancha 08). Comumente, apresentam bordas externas idioblásticas (euhedrais) indicativas de supercrescimento e transformação metamórfica progressiva em arsenopiritas da segunda geração. A segunda geração de arsenopiritas é representada por cristais idioblástico-idiomórficos, virtualmente isentos de inclusões neoformados ou, originados por transformação/ substituição e recristalização parcial a total, metamórfica progressiva das arsenopiritas (anedrais) da primeira geração. Estágios intermediários de transformação/substituição são caracterizados por arsenopiritas idioblásticas que apresentam decrescência de inclusões (em tamanho e número), dos centros para as bordas dos cristais. Assim, indicando, ainda, um processo eficiente de eliminação de todas as inclusões, inclusive as de ouro, durante a transformação por recristalização idioblástica metamórfica progressiva das arsenopiritas I para arsenopiritas II.

A calcopirita também aparece em duas gerações texturais: a primeira, comumente, como pequenas inclusões nas arsenopiritas da primeira geração (arsenopirita I) e, mais raramente, nas pirrotitas principais, e a segunda, como calcopirita livre, de granulação mais grossa, entretanto, ainda assim, mais fina que os demais sulfetos livres. A calcopirita livre pode apresentar inclusões de pirrotita, esfalerita e arsenopirita.

PRANCHA 10

Fotomicrografia 19:

Amostra 5B: Quartzo-biotita-clorita-hornblenda xisto com vênula de carbonato preenchendo fratura. Encaixante de lapa (FW) do N-10 da mina do Pari. (borda vertical: 5mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 20:

Amostra 12B: Granada-quartzo-biotita xisto com opacos da mineralização aurífera do N-10 da mina do Pari. (borda vertical: 5mm, polarizadores paralelos).

Fotomicrografia 21:

Amostra 18B: Clorita-biotita-hornblenda xisto encaixante da capa (HW) do N-10 da mina do Pari. Nota-se aspecto tardi a pós cinemático do porfiroblasto de hornblenda (borda vertical: 3mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 22:

Amostra 20B: Biotita-hornblenda-clorita xisto do HW do N-10 da mina do Pari, com porfiroblastos de biotita e hornblenda tardi a pós cinemático dos discordantes da foliação da matriz clorítica Sn. (borda vertical: 3mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 23:

Amostra 11B: Granada-quartzo-biotita xisto com opacos da mineralização aurífera do N-10 da mina do Pari. Nota-se microdobra reliquiar marcada por sulfetos muito finos, inclusos em granada. (borda vertical: 3mm, polarizadores paralelos).

Fotomicrografia 24:

Amostra 19B: Clorita-hornblenda-biotita xisto encaixante do HW do N-10 da mina do Pari. (borda vertical: 3mm, polarizadores paralelos).

Fotomicrografia 25:

Amostra 18B: Detalhe de porfiroblasto poiquilítico de hornblenda crescendo sobre a matriz de clorita-quartzo-biotita xisto (HW do N-10). (borda vertical: 4mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 26:

Amostra GN-03: Plagioclásio-quartzo-hornblenda xisto em textura nematoblástica. Encaixante de capa do N-00(HW) (borda vertical: 2mm, polarizadores cruzados).

Fotomicrografia 27:

Amostra 13B: Detalhe de porfiroblasto de granada ligeiramente rotacionado indicando final de crescimento tardi a pós cinemático. Minério do N-10 (borda vertical: 3mm, polarizadores paralelos).

Fotomicrografia 28:

GN-14: Detalhe de quartzo-hornblenda-biotita xisto pouco sulfetado mostrando microdobra reliquiar. Amostra (borda vertical: 3mm, polarizadores paralelos).

Prancha 10

A esfalerita é mais comum que a calcopirita e aparece tanto livre na matriz, com formas intersticiais irregulares e raras inclusões, quanto como inclusões na arsenopirita I, calcopirita e, eventualmente, na pirrotita, em grãos de cortes ovalados a circulares diminutos.

A magnetita só aparece em níveis de BIF tipo Algoma de fácies óxido à magnetita, ou de fácies mistas óxido-silicato-carbonato, que localmente se intercalam como partes da mineralização. É subédrica a euhédrica e poiquiloblástica, com inclusões de todos os sulfetos conhecidos no local inclusive com inclusões de ouro (Fotomicrografias 02, 03, Prancha 08). Entretanto, não foram observados sulfetos englobando magnetita.

Ouro ocorre em três gerações texturais distintas, sendo mais abundante nos níveis mais ricos em sulfetos totais e, principalmente, em arsenopiritas. A geração mais antiga - ouro primário - ocorre com granulação muito fina (grã média < 10µm) como inclusões na arsenopirita I (Fotomicrografia 01, Prancha 08). Pode ocorrer também na forma de inclusões similares na magnetita (Fotomicrografia 03, Prancha 08). Este ouro primário, refratário, perfaz em média <15% do ouro total. A principal parte do ouro (>85% do total), entretanto, é ouro livre, de granulometria média bem mais grossa, variando de poucos décimos a meio milímetro (Fotomicrografias 03, 04, 05, Prancha 08). Tem sua formação relacionada aos processos metamórficos regionais, ou seja, a reprecipitação do ouro I liberado nas transformações metamórficas das arsenopiritas e crescimento dos grãos de Au II livre, por cristalização acretiva. Por último, ocorre ainda ouro livre de grã grossa em veios de quartzo remobilizados metamórficos e deformados (p.ex.: "horizonte Florália" na unidade C do Gr. Nova Lima) com ou sem sulfetos associados e sem importância econômica, na área do morro do Pari.

IV.3.2.3.4 Seqüência de Cristalização dos Minerais Opacos

O modelo elaborado para a seqüência de cristalização dos minerais de minérios na mineralização de ouro da mina do Pari é mostrado na figura 20 (e já foi inicialmente comentado no Capítulo III). Na seqüência de cristalização reconstituída a partir das propriedades texturais dos minerais metálicos, sulfetos, magnetita e ouro, distinguiram-se três fases principais. A primeira representa a deposição e cristalização inicial desses minerais. A segunda fase compreende suas transformações metamórficas. Por último, a terceira fase refere-se as remobilizações finais.

A Fase 1 caracteriza-se como da deposição primária e inicial dos sulfetos, do ouro e da magnetita e de suas transformações subseqüentes imediatas (diagenéticas) nos protominérios, tratando-se, indubitavelmente, da fase mais difícil de estudos e compreensão, por ter sofrido todos os eventos e transformações posteriores. No entanto pelo arranjo textural dos grãos e sua distribuição na matriz, foi possível separar duas gerações (I e II) de pirrotita, calcopirita e esfalerita e uma geração única de arsenopirita, magnetita e ouro. O ouro desta geração é caracterizado como inclusões em arsenopirita e magnetita (ouro refratário) e possui granulometria muito fina ($\varnothing < 10 \mu\text{m}$). O ouro livre desta geração, que eventualmente existiu, ou não foi preservado, ou não foi reconhecido como tal, em função de sobrecrecimentos posteriores.

A Fase 2 compreende as transformações metamórficas da mineralização, originando arsenopirita e magnetita idioblásticas, pirrotita deformada e ouro em grãos grossos livre. Nesta fase ocorreu o crescimento metamórfico diferenciado desses minerais, eventualmente englobando fases menores como novas inclusões, ou expulsando as inclusões préteritas. Nos locais onde a magnetita predominou esta englobou, durante seu crescimento, todas as outras fases minerais presentes (sulfetos, silicatos e ouro). Já a arsenopirita I, nesta fase, durante a sua recristalização metamórfica para arsenopirita II idioblástica, expulsou todas as inclusões, inclusive de ouro de seu interior. O ouro assim mobilizado originou, por reprecipitação e crescimento por cristalização acretiva, uma segunda geração de ouro grosso livre na matriz da rocha, que perfaz ~85% do ouro total contido no minério da mina do Pari.

A Fase 3 caracteriza-se por remobilizações e reprecipitações tardias e finais de pirita e calcopirita em zonas de cisalhamento e de fraturas. Ouro, em pequenas quantidades, pode ocorrer associado a esses sulfetos e, também, em veios de quartzo e quartzo-carbonáticos, com ou sem sulfetos associados.

IV.4. Ocorrências de Ouro nos Arredores de Pari, Quadrícula de Florália

Na quadrícula de Florália existem 08 minas antigas e ocorrências de Au que foram lavradas até início do século XX. A principal e mais conhecida foi a mina do Pari com recursos totais (produzidos+estimados) de 13,3t de Au, seguida pelas outras: Pari Norte, Patrimônio, Gambá, Fazenda Camas ou Adiles, Morro Alto, Bahú e Cururu. Todas essas mineralizações, exceto Cururu (que é uma ocorrência aluvionar), inserem-se nas continuidades do *greenstone belt* Rio das Velhas na parte NE do QF

e hospedam-se em diversas unidades litoestratigráficas do Gr. Nova Lima metamórfico na zona de transição da fácies xisto verde superior a W, para anfibolito na parte E da quadrícula. A cerca de 15 km a W da mina do Pari ocorrem ainda as minas São Bento, atualmente com produção de 3,2 t de Au/ano, e Córrego do Sítio em fase de expansão para o subsolo, ambas porém hospedadas em conjuntos litológicos do Gr. Nova Lima de ambientes essencialmente metassedimentares.

Para a mina do Pari, foi possível estabelecer um quadro litoestratigráfico e faciológico, preciso, com a mineralização de ouro ocorrendo em BIF de tipo Algoma intercalado em anfibolitos de derrames metabásicos, ou seja, num ambiente vulcânico básico proximal.

Com o conhecimento dos litotipos e dos ambientes das minas do Pari (Abreu, 1995) e São Bento, sedimentar pelítico e exalativo químico distal (Abreu, A. et al., 1988; Abreu, 1995; Valladares, 2000, 2004), foram estudados e feitas inferências litoestratigráficas, faciológicas, estruturais e do potencial aurífero de algumas das outras ocorrências da quadrícula de Florália, acima citadas.

IV.4.1. Pari Norte

Essa ocorrência aurífera localiza-se a cerca de 500 m a norte da entrada da mina do Pari, tratando-se, possivelmente de sua extensão. A estruturação principal no local é N05-10W/45°NE, havendo uma continuidade da estruturação do Sgr. Rio das Velhas, quase perfeita, da mina do Pari, incluindo Pari Norte, até pouco a N da mina do Patrimônio.

As figuras 24 e 25 mostram respectivamente o mapa e a seção geológica do prospecto Pari Norte. Desta ocorrência, não existem estudos no subsolo e também não foram realizadas sondagens, de forma que todo o conhecimento provém de mapeamento e amostragens de superfície. A cava de Pari Norte, em grande parte, já está entulhada, restando apenas numa intersecção a boca de um pequeno poço cheio de água e uma pequena galeria na extremidade N da cava. Na boca do poço, foi realizada uma amostragem de canal que resultou em até 8,5 g/t de Au num intervalo de 2 m. O mapeamento geológico também mostrou que as mesmas unidades litoestratigráficas encontradas em Pari continuam até Pari Norte, confirmando os grupos Quebra Osso e Nova Lima, com suas subdivisões nas unidades B, C e D. Uma diferença apenas é que na porção basal da unidade C ocorre ainda, um fino corpo de rocha metaultramáfica, de 3 a 5m de espessura aparente, estendendo-se por cerca de 250 m, intercalado aos anfibolitos. A cava de

Figura 24:

Mapa geológico da área de Pari Norte, incluindo ao sul a área da mina do Pari.

Figura 25:

Seção geológica da área de Pari Norte.

Pari Norte possui em superfície dimensões comparáveis a cava de Pari, entretanto, desconhecem-se dados históricos geológicos e/ou de produção, bem como quaisquer características sobre a continuação da mineralização em profundidade. No local da cava também não foram encontrados litotipos frescos para a realização de estudos mineralógico-petrográficos, geoquímicos e microgeoquímicos comparativos à mina do Pari.

IV.4.2. Mina do Patrimônio

A mina do Patrimônio localiza-se bem de frente ao vilarejo de Florália, ou seja, na direção E, cerca de 1,5 km a N de Pari Norte (Figura 26). Chegou a ser operada no século XIX pela Congregação local da Igreja Católica. Dados históricos do DNPM citados por Padilha et al. (2000), relatam teores de Au entre 15 e 20g de Au/t. O acesso principal da mina está obstruído, restando apenas as pilhas de rejeito na entrada da galeria principal, hoje arriada.

O mapeamento geológico em superfície, auxiliado por pequenas galerias antigas no morro do Patrimônio confirmou as mesmas unidades e subunidades do Sgr. Rio das Velhas, também mapeadas tanto em Pari quanto em Pari Norte, bem como a continuidade da estruturação geral desde Pari Norte (Figuras 26, 27). A mineralização foi identificada em amostras do rejeito da mina, como semelhante à mina do Pari. Com base nos estudos feitos estima-se uma extensão de cerca de 120 m com espessuras semelhantes à mineralização da mina do Pari.

IV.4.3. Gambá

Essa mineralização (Figura 28, 29) encontra-se a cerca de 2 km a N, em linha reta, da mina do Patrimônio, na continuação do mesmo contexto litoestratigráfico e estrutural, das demais minas mineralizações aqui já descritas. Foi estudada com mapeamento geológico de superfície e trabalhos de prospecção e pesquisa pela Unamgen Min. e Met. S.A., porém não foi sondada nem investigada no subsolo. A foliação principal no local inflete para N15-25W/20-40°NE, sendo que essa inflexão se origina logo a norte do falhamento normal, de direção aproximada WSW-ENE, que corta a estruturação do Sgr. Rio das Velhas pouco a N da mina do Patrimônio (Figura 26).

Também foi lavrada no século XIX, após descerem um poço em subsolo inclusive. A subunidade B-2 do Gr. Nova Lima é aqui mais espessa que nas demais localidades, entretanto, o ângulo de mergulho da foliação principal é bem mais baixo.

Figura 26:

Mapa geológico da área do Patrimônio.

Figura 27:
Seção geológica da área do Patrimônio.

Figura 28:

Mapa geológico da área do Gambá.

Figura 29:

Seção geológico da área do Gambá.

O mapa e a seção geológica da mineralização do Gambá são apresentados nas figuras 28 e 29. Até a área desta mineralização continuam as mesmas unidades litoestratigráficas da mina do Pari, totalizando cerca de 4 km de extensão de direção constante aproximada N-S. Porém, para as mineralizações não se observa a mesma continuidade; parecem ser corpos lenticulares descontínuos. Em direção de sul para norte, é nítido o aumento da espessura da subunidade B-2, bem como da unidade D, do Gr. Nova Lima, devido aos efeitos diferenciais dos falhamentos de empurrão de E para W.

IV.4.4. Bahú, Morro Alto, Fazenda Camas

Essas pequenas ocorrências de ouro aparecem na porção norte do Grupo Nova Lima na Quadrícula de Florália, onde as direções das principais estruturas são E-W, com caimentos de alto ângulo para sul (Figura 2 e Anexo 1). A estruturação principal da porção centro-norte da área é N75-85E/70-75°SE. Há um falhamento com expressiva componente transcorrente e de empurrão, em rampa oblíqua, a cerca de 1 km a norte da mineralização do Gambá, que trunca a estruturação aproximadamente N-S do Sgr. Rio das Velhas contínua desde a mina do Pari.

Em poucas amostras pontuais, apenas de rejeitos da antiga mina do Bahú, hoje toda aterrada e de afloramentos da mineralização Morro Alto, foram encontrados teores de Au de até 1,26 g/t em intervalo de 1m, em anfibolito granatífero ferruginoso intemperizado. Nas proximidades da mina do Bahú ocorrem pequenas pilhas de quartzo de veios com pintas de Au. Cabe ainda salientar que, com todas essas mineralizações de Au são também encontrados níveis de BIF e/ou anfibolitos granatíferos associados.

IV.4.5. Os Ambientes Arqueanos das Quadrículas Florália e Santa Bárbara

Na Quadrícula Florália as principais mineralizações de ouro ocorrem em níveis de BIF hospedadas em associações litológicas do Gr. Nova Lima onde predominam as rochas metavulcânicas básicas, estando essas associações em disposição estratigráfica e estrutural normal. Já na Quadrícula Santa Bárbara predominam, no mesmo contexto litoestratigráfico e metalogenético, rochas metassedimentares pelíticas e químicas exalativas. As mineralizações auríferas das minas São Bento, Santa Quitéria e Córrego do Sítio, também intimamente associadas à BIF sulfetados

e/ou xistos grafitosos venulados (vênulas de quartzo), encaixam-se em espessas seqüências de xistos metapelíticos grafitosos. Inexistem, a exceção de diques proterozóicos, metavulcânicas básicas nas seqüências das minas de Au dessa área. Assim, as mineralizações de ouro das minas São Bento, Santa Quitéria e Córrego do Sítio, sejam sedimentares-exalativas ou de veieiros hidrotermais, claramente se caracterizam como formadas e hospedadas em ambientes distais de qualquer foco de vulcanismo básico arqueano.

Na região de Santa Bárbara, partindo-se de SE (vale do córrego Quebra Osso) para NW (sinclinal Gandarela) observam-se todas as litologias arqueanas em posição invertida (figura 09). Assim, o Grupo Quebra Osso está truncado a E por falha de alto ângulo e jaz sobre o Grupo Nova Lima, também invertido, a W. Na Mina São Bento aparecem no Gr. Nova Lima dobras de tipo "s" com eixo subhorizontal, neste caso, também evidenciando sua estrutura em posição invertida. Possivelmente, o conjunto das formações ferríferas na região da mina São Bento, representam os flancos de um sinformal especial invertido vergente para W. Neste caso, a mina São Bento estaria no flanco inverso.

IV.4.6 Avaliação Preliminar do Potencial Aurífero da Quadrícula

A mina do Pari possui uma confiável estimativa de recursos, baseada na reavaliação feita pela Unamgen Min. e Met. S/A., que já foram divulgados em Padilha et al. (2000), em conjunto com demais estimativas para outras ocorrências de Au da quadrícula Florália.

Com base nas observações de mapeamento, descrições petrográficas e teores de Au (quando disponíveis) dos minérios, assim como nas espessuras médias das zonas mineralizadas e suas extensões, muitas vezes estimadas pela expressão em superfície de suas antigas cavas a céu aberto, foi realizado um cálculo na tentativa de avaliar os recursos potenciais de Au estimados, para as minas do Pari, Pari Norte, Patrimônio, Gambá e Bahú. As quatro primeiras caracterizam-se pelo mesmo contexto litológico, estrutural e metalogenético, definido na mina do Pari, permitindo assim a extrapolação desse modelo até a mina do Gambá. Apenas para a mina do Bahú, da qual há poucas informações, tinham que ser feitas estimativas mais vagas e cautelosas, já que a única informação de valor econômico, foi encontrada em amontoados de quartzo de veios com pintas de Au visíveis, o que foi inferido como o possível minério de Bahú.

O cálculo estimativo do potencial de recursos auríferos da quadrícula de Florália é apresentado na Tabela 09 e 10.

Table 09: Recursos e Reservas da Mina do Pari e Estimativa das Ocorrências dos Arredores							
Época	Atividade	Volume	Teor	ton.	onças (milhões)	Prof.	Obs.
		t	g/t	Au(t)	Au(Moz)	(m)	
? - 1882	céu aberto	50.000	12,00	0,600	0,019	35	Céu aberto - garimpo?
1882-1889	Subsolo	270.000	10,50	2,835	0,091	35 - 200	Sta Barbara Gold Mining Co
1889-1937	Subsolo	120.000	12,50	1,500	0,048	200-300	St John del Rey Mining Co
1988-1990	recursos cubados	552.300	15,17	8,378	0,269	300-800	Unamgen Min. Met
							* estimado
Total	Recursos + Produção	992.300	13,42	13,313	0,428		

Mineralização	Extensão	t	g/t	Au(t)	Au(Moz)	(m)	Obs
	Comprimento (m)						
Pari Norte	250 - 2	900.000	8,5	7,65	0,246	800	
Patrimônio	200 - 2	900.000	8,0*	7,20	0,231	800	teor médio estimado
Gambá	100 - 3,5	1.500.000	3,2*	4,80	0,154	500	teor médio estimado
Bahú	?	300.000	10*	3,00	0,096	800	teor médio estimado
Total		3.600.000	8,5	30,6	0,728		
Total	Pari + Outras minas	4.592.300	9,8	43,913	1,158		

Tabela 10: Dados informativos das ocorrências auríferas da Q. Florália

Número	Nome	Contexto	teor Au(g/t)
A-117	Baú	BIF	?
A-118	Faz. Camas-Adiles	anfibólio-xisto granatífero	?
A-119	Gambá	BIF	?
A-120	Morro Alto	anfibólio-xisto granatífero	1,24
A-121	Córrego Bonito	anfibólio-xisto granatífero	0,26
A-122	Patrimônio	BIF	17,5
A-123	Pari	BIF	15,17
A-124	Cururu	Aluvião	0,12*

(* g/m³)

Obs: Dados Extraídos de Padilha et al.(2.000)

Considerando uma profundidade estimada das mineralizações individuais, ao longo do mergulho de 1000 m, o valor potencial estimado para a área é de 1,15 Moz (milhões de onças), ou seja, de cerca de 44 toneladas de Au.

Capítulo V: LITOGEOQUÍMICA

A geoquímica das rochas da mina do Pari já foi tratada, de maneira geral, em Abreu (1995), caracterizando as diferentes unidades que ocorrem na região do morro do Pari, incluindo os gnaisses, migmatitos e metagranitóides do Complexo TTG, as metaultramáficas do Gr. Quebra Osso e os anfibolitos e xistos diversos do Gr. Nova Lima. Neste estudo foram enfocados especificamente os litotipos mais próximos e intimamente associados à mineralização aurífera. Partiu-se das amostragens detalhadas seriadas contínuas dos níveis de entrada (N-00) e 10 (N-10) e incluíram-se ainda amostras provenientes de testemunhos de sondagem e das galerias mapeadas em subsolo da mina do Pari (Figuras 4, 5, 12-14).

Para tanto foram analisados os diversos litotipos coletados por grupos litológicos: anfibolitos finos, também designados anfibolitos da capa ou *hangwall* (HW), provenientes sobretudo da unidade C; anfibolitos granatíferos, ou anfibolitos da lapa ou *footwall* (FW) provenientes da unidade B; xistos encaixantes da capa, ou xistos do *hangwall* (HW) e os xistos de lapa, ou xistos do *footwall* (FW) da mineralização aurífera. Também foram analisadas e estudadas as amostras da mineralização aurífera, tanto do N-00, na extremidade norte do corpo mineralizado, quanto do N-10, em porção central, mais rica em sulfetos e ouro.

Foram realizadas análises de elementos maiores (% peso por óxidos) e de elementos traço por fluorescência de raios X, que foram utilizados para a caracterização do magmatismo, classificação dos protolitos ígneos e suas eventuais alterações, como espilitização, palagonitização, hidrotermalismo de fundo oceânico e transformações metamórfico-metassomáticas posteriores. Com análises por ICP-MS foi completado o acervo de dados de elementos traço, para a reconstrução e análise da evolução geoquímica petro-metalogenética nos perfis de amostragens seriadas e de anfibolitos hospedeiros proximamente associados à mineralização. Esses dados também serviram para a análise dos elementos terras raras (ETR) em diagramas normalizados, e para o melhor entendimento da derivação e gênese dos xistos encaixantes (da lapa e da capa), bem como de suas relações com a mineralização. Adicionalmente, foram feitas ainda análises de maior precisão para os metais nobres Au e Ag, e de As, por fusão e copelação (*fire assay*) e com extração por água régia e dosagem via absorção atômica.

V.1. Diagramas de Classificação de Rocha

O uso de diagramas de classificação química convencionais, tais como de Winchester e Floyd (1977) e Le Maitre (1989) mostrou-se inadequado para a classificação dos litotipos da mina do Pari, sobretudo quanto as encaixantes imediatas da mineralização aurífera, os xistos da capa (HW) e da lapa (FW). Assim, observa-se no diagrama TAS de Le Maitre (1989) (figura 30), que principalmente os anfibolitos finos e os anfibolitos granatíferos caem no campo dos basaltos. No entanto, os litotipos xistosos, encaixantes imediatos da mineralização, se distribuem mostrando grandes variações de álcalis e SiO_2 entre todos os campos das rochas basálticas e andesíticas. Essas encaixantes, embora indiquem certa filiação com as respectivas rochas vulcânicas são, de fato, derivadas de litotipos diferentes das rochas magmáticas puras indicadas nos campos do diagrama, seja por razões originais de processos genéticos diferentes, ou por alterações posteriores que sofreram antes, durante ou após a formação da mineralização aurífera.

A figura 30a caracteriza o magmatismo dos protolitos dos anfibolitos como toleítico. O diagrama AFM ainda apresenta duas linhas de tendências distintas. A linha 1, traçada pelas rochas menos alteradas, caracterizada principalmente pelos anfibolitos, denota a típica tendência toleítica, muito comum nos basaltos de fundo oceânico. A linha 2, separa o campo das rochas cálcio-alcálicas onde são representados principalmente os xistos encaixantes imediatos da mineralização aurífera, indicando que, de fato, trata-se dos efeitos das alterações hidrotermais e metassomáticas ocorridas, com maior efetividade, nas encaixantes da lapa da mineralização (FW), sobretudo nas amostras do N-10.

Na figura 31, no diagrama $\text{K}_2\text{O} \times \text{SiO}_2$ (Le Maitre, 1989), observam-se enriquecimentos fortes variáveis de K_2O com pouca variação da sílica, para os xistos encaixantes imediatos da mineralização, sobretudo os da lapa (FW), destacando essas rochas como litotipos completamente distintos dos anfibolitos diversos, finos e granatíferos. Estes últimos, porém, continuam representados preferencialmente no campo dos basaltos de baixo-K (até médio-K), com pequenas variações referentes a possíveis processos de diferenciação magmática, para os campos dos cumulados basálticos e dos andesitos basálticos.

Na figura 32, no diagrama $\text{SiO}_2 \times \text{Zr/TiO}_2$ (Winchester e Floyd, 1977), a grande maioria das rochas se concentram no campo dos basaltos subalcalinos (toleíticos) a subalcalinos e dos andesitos. Desse diagrama merece desta, que todas as rochas estudadas, mesmo os xistos encaixantes imediatos da mineralização do HW do N-10 mais ricos em sílica, mostram razões dos elementos imóveis Zr/Ti, que sustentam sua filiação, mais ou menos direta do magmatismo toleítico predominante.

Figura 30: Diagrama TAS de Le Maitre (1989), mostrando os xistos e anfibolitos da mina do Pari, concentrando-se no campo dos basaltos e andesitos-basálticos. Os litotipos, mais pobres em álcalis, que plotam na porção mais baixa do diagrama possivelmente sofreram alguma diferenciação e representam rochas cumuláticas de bases de derrames. Os outros mais ricos em álcalis são xistos encaixantes da lapa da mineralização (N-10).

Figura 30a: Diagrama AFM dos xistos encaixantes (capa e lapa) e anfibolitos próximos da mineralização da mina do Pari. A reta (1) mostra típica tendência toleítica dos anfibolitos e alguns xistos encaixantes, enquanto a reta (2) com tendência cálcio-alcalina devido às alterações hidrotermais e/ou metassomáticas.

Figura 31: Diagrama de Le Maitre (1989), mostrando que nos xistos encaixantes ocorrem grandes variações de K_2O para rochas com teores de SiO_2 relativamente constantes, sugerindo protólitos distintos ou alterações potássicas pronunciadas. Os anfibólitos, dentro da elipse vermelha, caem normalmente no campo dos basaltos de baixo a médio K.

Figura 32: Diagrama de Winchester e Floyd (1977) mostrando que maior parte das rochas analisadas da mina do Pari se concentram nos campos dos basaltos subcalcalinos/toleíticos e dos andesitos pouco variáveis, em Zr/Ti .

Figura 33: Diagrama de Winchester & Floyd (1977) de elementos imóveis, mostrando uma dispersão maior de Nb/Y, em relação a Zr/Ti. O conjunto das amostras segue uma tendência comum e bem definida, inclusive dos anfibólitos finos e granatíferos (menos alterados), eventualmente representativa da filiação toleítica do conjunto.

Na figura 33, também um diagrama de razões de elementos imóveis segundo Winchester e Floyd (1977), os litotipos da mina do Pari apresentam uma certa dispersão e variação maior da razão Nb/Y, o que poderia indicar uma mobilidade de Nb ou Y, ou ainda, a presença de alguns litotipos, provavelmente metavulcanossedimentares, afetados por um ou mais processos de alteração, associados ou não a mineralização. Nota-se, ainda, que mesmo os anfibólitos se dispersam ao longo do eixo de Nb/Y.

Assim, o tratamento geoquímico para essas rochas, sobretudo as encaixantes xistosas imediatas de lapa (FW) e capa (HW), deverá ser detalhado utilizando diagramas de variação de tipo *Harker* e, ainda, diagramas de variação segundo os perfis das amostragens seriadas.

V.2. Geoquímica dos Perfis de Amostragens Contínuas (N-00 e N10)

Nas figuras de 34a e b até 37a e b são apresentados diagramas de variação de todos os elementos maiores e traço (dosados por ICP-MS) dos perfis de amostragens seriadas contínuas, dos níveis de entrada (N-00) e 10 (N-10) (figuras 04, 05). O procedimento adotado, bastante simples, consistiu em lançar os valores

(absolutos) dos resultados analíticos versus a posição de coleta da amostra no perfil, em distâncias relativas proporcionais; assim podendo-se observar o comportamento dos elementos analisados em perfis geoquímicos construídos com base nas sucessões litoestratigráficas reais da mina.

Os resultados mais notáveis dizem respeito às assimetrias encontradas para muitos elementos, os quais possuem comportamento distinto entre a lapa e a capa da mineralização aurífera.

Outro fato marcante é o enriquecimento nas encaixantes, sempre no sentido dos anfíbolitos para os xistos (isto é, em direção à mineralização aurífera), de elementos como Na, Mg e K, entre outros, de forma oposta ao que muitas vezes é demonstrado em zonas de cisalhamento (p.ex. Yonkee et al., 2003), ou até mesmo em mineralizações de Au em *greenstone belt* com encaixantes e grau metamórfico semelhantes à mina do Pari (MacGeehan e Hodgson, 1980; Hodgson, 1993). Já outros elementos, como o Fe, Al, Mn e Ca tendem a empobrecer-se nesta mesma direção.

Na mineralização em si, observam-se fortes enriquecimentos em Fe e terras raras (REE), além da forte correlação positiva do Au com os metais base, Zn e Cu, e Ba. Outros elementos menos comuns, como Zr, Th, Sb, Se, Ga e platinóides, também apresentam tendências de enriquecimento junto à mineralização. Todos esses diagramas de distribuição dos elementos revelam nítidas diferenças litogeoquímicas entre as rochas da capa, lapa e do minério da mina do Pari, indicando diferenças originais entre seus protolitos. As marcantes diferenças litogeoquímicas e as fortes assimetrias para alguns elementos, por exemplo, de Na e Mg, entre a capa e lapa próximas a mineralização, já são indicativos de litotipos originalmente diferentes, e há ainda fortes indícios de processos de espilitização na lapa (FW) da mineralização. Também se observaram evidências indicativas da formação de cumulos magmáticos nas rochas da capa, conforme sugerem os comportamentos de Mg, Cr e Ni.

Estes padrões geoquímicos observados na mina do Pari não condizem àqueles relatados de mineralizações auríferas em zonas de cisalhamento, nas quais os fluidos mineralizantes percolaram, reagindo com as rochas encaixantes, e assim geraram a mineralização aurífera. Normalmente, relata-se que em zonas de cisalhamento há lixiviação de Na e Mg, com enriquecimento de Al, Ca e Fe (MacGeehan & Hodgson, 1980; e Hodgson, 1993; Yonkee et al, 2003). Os indicativos litogeoquímicos da mina do Pari, muito pelo contrário, refletem tendências evolutivas sem as lixiviações descritas em zonas de cisalhamento. A natureza original, vulcano-sedimentar básica, dos litotipos encontrados, com certa imposição de processos

cumuláticos de diferenciação magmática e de alterações de fundo oceânico (espilitica e palagonítica) pré-metamórficas, parecem dominar sobre alterações metamórfico-hidrotermais posteriores.

V.2.1. Fe (Figuras 34a e 34b)

A variação do Fe, tanto no nível 00 quanto no nível 10, mostra substancial enriquecimento desse elemento na zona mineralizada em relação às encaixantes da capa e lapa. De fato, trata-se de uma formação ferrífera (BIF) de tipo Algoma. No nível 10 a concentração em média um pouco maior de ferro na zona mineralizada, retrata a maior abundância de sulfetos, principalmente pirrotita e arsenopirita, além de níveis de BIF com magnetita intercalados. Observa-se, ainda, sobretudo no N-00, onde a amostragem alcançou litotipos anfibolíticos mais distantes da mineralização, que há, nas rochas encaixantes uma tendência à diminuição do Fe com a aproximação da mineralização.

No nível 10, as encaixantes de lapa e capa diferenciam-se muito pouco em seus teores de Fe, sendo apenas as amostras da capa (HW), mais próximas à mineralização, algo enriquecidas; daí para o topo, o Fe segue decrescendo com o afastamento do minério.

V.2.2. Elementos Maiores (K, Mg, Mn, Al, Ca e Na) (Figuras 34a e 34b).

Estes elementos, em geral, tendem a ter menores concentrações na zona mineralizada, talvez pela maior abundância de SiO₂ e de Fe (em sulfetos e magnetita).

O Ca está mais concentrado na lapa que na capa, e apresenta ainda enriquecimentos nos xistos próximos da mineralização. Na capa, ao contrário, empobrece em direção a mineralização.

Os demais elementos mostram comportamentos nitidamente diferentes entre si. Mg e K, no nível 10, são menos abundantes na lapa do que na capa; já no nível de entrada apresentam comportamento contrário.

Na e Al mostram-se enriquecidos na lapa em relação à capa. O Mn mostra-se constante, com baixas concentrações, tanto na lapa, quanto na capa da mineralização.

Figura 34a: Distribuição de Fe, Elementos Maiores e Co-Cr-Ni, no perfil Nível 00.

Figura 34b: Distribuição de Fe, elementos Maiores e Co-Cr-Ni do perfil do

V.2.3. Cr, Ni, Co (figuras 34a e 34b)

O Cr e Ni mostram fortes variações e notáveis diferenças entre a capa e a lapa da mineralização aurífera. O Co, com teores e variações muito menores, apresenta apenas pequenos picos de enriquecimento dentro da zona mineralizada, acompanhando o Ni. No nível de entrada (N-00), Cr e Ni apresentam concentrações maiores nas rochas da lapa, contrariamente ao nível 10. Cr e Ni são elementos que em processos de diferenciação por cristalização fracionada de magmas máficos e ultramáficos, mostram comportamentos similares, concentrando-se em cumulos, respectivamente de cromita e olivina, na base dos corpos ígneos, sejam intrusivos ou extrusivos. Os enriquecimentos de Cr e Ni muito bem correlacionam às rochas encaixantes da capa da mineralização do Pari, sugerindo serem bases cumuláticas de derrames básicos. Já as rochas encaixantes da capa do N-10, pelos teores elevados de Cr, Ni e Mg, indicam derivação de protolitos mais máficos, diferentes das encaixantes da lapa.

V.2.4. Ba, Cu e Zn (figuras 35a e 35b).

Esses três elementos tendem a concentrações mais fortes na zona mineralizada do que nas encaixantes, estando intimamente associados à mineralização aurífera. Zn e Cu ocorrem em maiores concentrações nos sulfetos, como esfalerita e calcopirita. O Ba apresenta concentrações apenas ligeiramente superiores às encaixantes, que na zona mineralizada, entretanto, como também o Zn e Cu não estão diretamente correlacionadas ao ouro.

O Cu no N-00 possui ainda alguns picos de maior concentração nos anfibolitos da capa, também mostrados por Au e Ag, e assim, mais provavelmente reflitam remobilizações posteriores.

V.2.5. Au e Ag (figuras 35a e 35b).

O Au e Ag estão presentes na liga natural *electrum* e deveriam manter relação constante, caso a liga natural Au-Ag tivesse sido formada num único processo genético, ou ainda, sofrido uma completa rehomogenização.

No nível 10, na zona do minério, a relação Au/Ag, nas amostras de mais elevados teores de Au, mostra maior variação que nas amostras do nível de entrada, no

Figura 35b: Distribuição de Cu-Pb-Zn, Au-Ag e Platinóides no perfil do Nível 10 (N-10)

entanto, Au e Ag ocorrem apenas na zona do minério, sendo este um dos locais mais ricos em Au da mineralização do Pari, tanto em teor quanto em espessura. Diferentemente, no nível de entrada as concentrações na zona mineralizada são menores que no nível 10, porém as encaixantes também se mostram portadoras de Au e Ag, e ainda têm uma relação Au/Ag bastante constante. Notam-se, também, diferenças e assimetrias na distribuição de Au-Ag, nas duas intersecções do horizonte do minério, indicando variações laterais nos processos mineralizantes.

V.2.6. Platina e Platinóides (figuras 35a e 35b).

Pd e Pt são os elementos deste grupo que se destacam, porém apresentam comportamentos geoquímicos opostos entre si, e também entre os dois níveis estudados (N-00 e N-10). Pd atinge suas maiores concentrações nas encaixantes enquanto a Pt tem seus maiores picos na zona mineralizada. Pd varia nas rochas encaixantes da capa e da lapa, estando nestas últimas, ligeiramente mais enriquecido. Entretanto, devem-se levar em consideração possíveis imprecisões analíticas para os elementos do grupo da Platina, sobretudo aqueles presentes em teores muito baixos, como Os, Re, Rh e Ru, que nos gráficos mostram apenas esporádicos picos mínimos.

V.2.7. Li, Rb, Nb, Y e W (figuras 36a e 36b).

Este grupo de elementos foi tratado conjuntamente por suas concentrações bastante próximas e questões decorrentes de representação e escalas gráficas. Não necessariamente se trata de análogos geoquímicos.

Li e Rb tem suas maiores concentrações junto à mineralização do Nível 00. No Nível 10 há apenas maiores concentrações na zona mineralizada, principalmente do Li.

O W tem comportamento fortemente variável em ambos os níveis, podendo indicar presença de scheelita. O Nb apresenta concentrações baixas e comportamento bastante constante, com pequenas variações na zona mineralizada. Já o Y mostra variações maiores com teores mais altos na zona mineralizada e mais baixos nos xistos encaixantes próximos.

Figura 36a: Distribuição de Li-Rb-W-Nb-Y, Be-Se-Ta-Te-Bi, e Cd-Cs-Ga-Ge no perfil do Nível de Entrada (N-00)

Figura 36b: Distribuição de Li-Rb-W-Nb-Y, Be-Se-Ta-Te-Bi, e Cd-Cs-Ga-Ge do perfil do nível 10(N-10)

V.2.8. Be, Se, Bi, Ta e Te (figuras 36a e 36b).

Este grupo de elementos também foi tratado conjuntamente por questões de representação e escala gráfica; apenas Se, Te e Bi apresentam analogias geoquímicas.

No Nível 00 há maiores concentrações de Be, Se, Bi e Te na zona mineralizada do que nas encaixantes. No nível 10 notam-se apenas concentrações mais significativas de Se, Te e Bi. Estes três elementos em geral também mostram correlações positivas com o Au (figuras 35a e 35b).

Ta, sempre, se apresenta em teores mínimos e sem variações significantes.

V.2.9. Cd, Cs, Ga e Ge (figuras 36a e 36b).

Estes elementos também foram tratados conjuntamente pelos motivos acima expostos, gráficos e não geoquímicos.

Cd e Ga aparecem enriquecidos na zona mineralizada de ambos os níveis; são análogos geoquímicos do Zn e Al, respectivamente, e mostram correlações positivas com estes. O Cs na zona mineralizada tem comportamento diferente entre os níveis, sendo enriquecido no nível 00 e empobrecido no nível 10. De um modo geral apresenta similaridades geoquímicas e correlações positivas com o Rb. Entretanto, em algumas amostras do minério e das encaixantes imediatas ainda mostra comportamento similar ao Cr. O Ge apresenta-se constante no nível 00 e enriquecido na zona do minério do nível 10.

V.2.10. Elementos Terras Raras (REE) (figuras 37a e 37).

Os REE variam sistematicamente em seus teores absolutos de <2 ppm, no caso dos REE menos freqüentes, até valores máximos de 40-50 ppm para o Ce e também de REE totais, que de um modo geral se encontram nos minérios de ouro; entre si, seguem na ordem da abundância natural cósmica, exceção feita para La e Nd.

As rochas do nível de entrada (N-00) mostram um comportamento ligeiramente assimétrico das terras raras na capa e na lapa da mineralização. Os anfíbolitos da lapa possuem as maiores concentrações de ETR, sendo neste nível, anfíbolitos granatíferos (GN-24, GN-25 e GN-26). Os xistos encaixantes imediatos da lapa e da apresentam teores similares e simétricos de ETR, crescentes em direção aos minérios. No nível 10 os xistos encaixantes da lapa apresentam teores de ETR mais elevados e constantes, pouco variáveis, até o contato com o minério aurífero; já os

xistos da capa mostram teores rapidamente decrescentes de ETR em geral e principalmente dos ETRL (Ce, La, Nd) (amostras 17B a 20B).

Os minérios de ouro dos níveis N-00 e N-10 apresentam teores e padrões similares bastante variáveis de ETR. Em relação aos xistos encaixantes imediatos, os minérios são mais ricos em ETR e ainda apresentam ao contrário dos xistos, teores de $La > Nd$.

V.2.11. Hf, U, Th e Zr (figuras 37a e 37b).

Nesse grupo de elementos, Hf e Zr são análogos geoquímicos, e adicionalmente existem também relações de isomorfia entre todos eles (Zr, Hf, U e Th), tanto em silicatos quanto na forma de óxidos.

Hf e U mostram concentrações baixas e variações pequenas e insignificantes nos dois perfis estudados (níveis 00 e 10).

O Zr apresenta-se com forte assimetria entre xistos da capa e da lapa, dos níveis 00 e 10, sendo os anfibolitos do nível 00 as rochas mais ricas em Zr, possuindo quase as mesmas concentrações que a zona mineralizada.

O Th é mais concentrado e melhor correlacionado com o U na zona mineralizada; não mostra assimetrias entre os xistos da capa e da lapa.

V.2.12. Sb, Sc e Sn (figuras 37a e 37b).

Estes elementos também foram tratados conjuntamente por motivos de escala gráfica, não se tratando de análogos geoquímicos.

Sb tende a ser mais concentrado na zona mineralizada e, no nível 10, mostra correlação positiva perfeita com o Au (e Ag); já no nível 00 essa correlação é mais fraca. Sc no nível 00 varia de forma irregular, entre 15 e 45 ppm, tanto nas rochas encaixantes quanto no minério; no nível 10 é claramente empobrecido no minério em relação aos xistos encaixantes. Sn varia muito mostrando picos esporádicos com teores de 10-20 ppm, além de teores zero, tanto nas encaixantes quanto nos minérios, sem correlações evidentes com outros elementos.

Figura 37a: Distribuição de REE, Hf, U, Th, Zr e SB, Sc, SN no perfil do Nível de Entrada (N-00)

Figura 37b: Distribuição de REE, Hf-U-Th-Zr do perfil do nível 10 (N-10).

V.3. Diagramas de Harker e Ternários

Na figura 38 são analisadas em diagramas, segundo Harker (óxidos maiores x SiO_2), amostras da mineralização, encaixantes próximas e anfibolitos (da capa e da lapa) mais distantes da mineralização, para verificar possíveis tendências geoquímicas características sejam de alteração ou não, dos anfibolitos distantes como litotipos mais preservados para os xistos mais alterados encaixantes imediatos da capa e da lapa da mineralização. É interessante observar que, na maioria dos diagramas existem caminhos distintos para as rochas da capa e da lapa. Alguns óxidos, como K_2O , CaO , Na_2O e MgO mostram até caminhos geoquímicos opostos. No caso específico do Na_2O , é marcante seu comportamento nas amostras da lapa (FW), indicando processos de espilitização, que afetaram os protolitos. Já o MgO que é marcadamente enriquecido nas amostras da capa (HW), pode ser interpretado como base cumulática de um novo derrame que extrudiu sobre a mineralização aurífera pré-existente.

Na figura 39, usando elementos menores e traço, também foram traçados os caminhos da variação geoquímica dos litotipos da capa e da lapa indicando tendências opostas. O Ba mostrou comportamentos distintos entre a capa e a lapa. O diagrama $\text{S}+\text{As}$ versus SiO_2 mostra duas tendências distintas nas amostras da mineralização, e que são distintas, também, da tendência indicada pela linha azul que representa as encaixantes.

Nas figuras 40 a 42, foram construídos diagramas tipo Harker de elementos maiores e traço versus Al_2O_3 , com o intuito de observar variações na mobilidade dos elementos, haja visto a menor mobilidade da alumina. Assim também, observam-se tendências opostas entre capa (linhas verdes) e lapa (linhas amarelas). A mineralização, marcada com linhas vermelhas tracejadas, quase sempre segue caminhos diferentes da capa e da lapa, ou ainda intermediários.

Na figura 42, os diagramas de elementos menores e traço, são ainda mais ilustrativos dos sentidos opostos e produtos finais distintos na lapa e na capa.

Figura 38: Diagramas de Harker (Óxidos x SiO₂) de amostras das encaixantes próximas, do minério e de anfibolitos de capa e lapa, da mina do Pari. A linha amarela marca a tendência de alteração na lapa (FW) e a verde na capa (HW). Notam-se, quase sempre, comportamentos geoquímicos opostos.

Figura 39: Diagramas de Harker (Elementos x SiO₂) de amostras das encaixantes próximas, do minério e de anfibolitos da capa e lapa, da mina do Pari. As linhas amarelas mostram-se as tendências de alteração progressiva das amostras de lapa (FW), as linhas verdes, em analogia para a capa (HW). As linhas vermelhas e lilás indicam tendências geoquímicas das amostras da mineralização e as linhas azuis das encaixantes. As tendências mostradas pelas linhas verdes e amarelas são, quase sempre, opostas.

Afigura 41: Diagramas de Óxido x Al_2O_3 de amostras das encaixantes próximas e dos anfibolitos de capa e lapa, da mina do Pari.

Figura 42: Diagramas de Elemento x Al_2O_3 de amostras das encaixantes próximas e dos anfíbolitos de capa e lapa, da mina do Pari. A linha verde mostra a tendência das amostras da capa (HW) e a linha amarela a da lapa (FW). Por vezes observa-se o sentido oposto das tendências das amostras menos para as

Na figura 43, as representações de Au, Ag, As, S versus Al_2O_3 , permitiram verificar que na mineralização, e mesmo nas encaixantes, Au, S e As têm comportamento oposto ao da alumina, ou seja, o minério é pobre em Al, e muito provavelmente, processos que geram enriquecimento de Al_2O_3 , tal como *shear zones* não atuaram na mineralização aurífera sulfetada da mina do Pari, o que se observa, também no comportamento dos litotipos encaixantes que acompanham a mineralização (ver também os diagramas de elementos versus sílica dos figura 39 e 43). Já a prata (Ag) mostra comportamentos diferentes em relação aos demais elementos do "grupo do Au" apresentando distribuição bimodal (figura 39). Nos minérios ocorrem concentrações baixas quase constantes independentemente dos teores de Au; nas encaixantes a Ag atinge seus teores máximos com tendências evolutivas similares ao Cu e Zn (figura 42).

Figura 43: Diagramas Binários (Au, Ag, S, As x Al_2O_3 e SiO_2) de amostras das encaixantes próximas, do minério e de anfibolitos de capa e lapa, da mina do Pari. As linhas vermelhas tracejadas mostram as tendências da evolução geoquímica das amostras da mineralização e as linhas azuis, para as amostras das encaixantes. Apenas em alguns diagramas observam-se comportamentos distintos entre as amostras da mineralização e encaixantes, a exemplo de Ag, Au+Ag x Al_2O_3 ou SiO_2 , ou Au x SiO_2 .

V.4. Diagramas Normalizados de Terras Raras (ETR)

Os ETR foram tratados em diagramas de distribuição padronizados utilizando diversos fatores de normalização, e mostraram diferenças, mas também, inter-relacionamentos no comportamento geoquímico entre as rochas da capa, lapa e da zona mineralizada, bem como entre os anfibolitos granatíferos da base (Anf-FW) e os anfibolitos finos do topo (capa = Anf-HW) do horizonte Pari.

Na figura 44 São apresentados diagramas de distribuição dos ETR com normalização condritica (Condrito C1); demais diagramas, utilizando outras normalizações, encontram-se no anexo 7.

O comportamento geral dos ETR, na grande maioria das rochas e dos minérios estudados (Figura 44), é bastante parecido, mostrando fracionamentos mais acentuados dos ETR-leves (La até Nd ou Sm), diminuindo progressivamente nos ETR-médios (Gd até Ho) e diminuindo ainda mais, em casos até zero, para os ETR-pesados, ou mesmo evidenciando enriquecimentos destes últimos, principalmente de Lu, ou de Yb e Lu. Anomalias de Eu são em geral inexistentes ou pouco expressivas, positivas ou negativas.

A maioria dos anfibolitos granatíferos da lapa (Anf-FW) e um anfibolito fino da capa (Anf-HW) mostram-se caracterizados por decréscimos essencialmente constantes de La até Lu, em dois casos atenuados e com pequenas anomalias positivas de ETR-pesados, sem anomalias de Eu, resultando em padrões escalonados, em linhas subparalelas de evolução, indicativos de derrames diferenciados. Apenas 2 anfibolitos, um granatífero (da lapa) e um fino (da capa), apresentam fracionamentos maiores de ETR-leves e pequenos enriquecimentos de ETR-pesados mais condizentes com protolitos basálticos cálcio-alcálicos (Condie, 1981).

De um modo geral os espectros de ETR dos anfibolitos predominantes da base e do topo do horizonte Pari são bastante semelhantes aos observados nos toleíitos arqueanos de muitos dos *greenstone belts* mundialmente conhecidos (Hermann et al., 1976; Kerrich, 1983; entre outros), sobretudo aqueles que sofreram algum tipo de alteração de fundo oceânico. Os espectros de ETR dos anfibolitos da mina do Pari, também se encaixam de forma bastante satisfatória na faixa de variação dos toleíitos arqueanos de tipo TH2 (ou EAT) de Condie (1981). Nesse caso também, pequenas diferenças eventuais, podem ter sido causadas por processos de alteração de fundo oceânico, de espilitização ou mineralização; assim, por exemplo, no caso da amostra GN-01, de um anfibolito fino da capa, que se apresenta mineralizado com teores elevados de Cu e S (Anexo 4).

Os xistos da lapa (Xisto-FW) e da capa (Xisto-HW) mostram padrões de ETR-leves nitidamente fracionados, com fracionamento decrescente até o desaparecimento nos ETR-médios e padrões constantes ou mesmo com leves enriquecimentos dos ETR-pesados. Algumas poucas exceções apresentam fracionamentos mais contínuos, mesmo assim de tendências decrescentes, desde os ETR-leves até pesados. Anomalias de Eu são predominantemente ausentes; quando existentes são pouco expressivas, ora positivas ora negativas (Figura 44). Tais espectros de ETR são típicos de sedimentos arqueanos e foram interpretados, ou indicativos da derivação dos sedimentos de rochas vulcânicas básicas a intermediárias cálcio-alcálicas (Jakes e Taylor, 1974; Nance e Taylor, 1976), ou como misturas de sedimentos derivados de suítes vulcânicas bimodais, félsicas e básicas toleíticas (Condie, 1981).

Os padrões de ETR dos minérios de ouro do horizonte Pari apresentam-se com traçados caracteristicamente similares aos xistos encaixantes imediatos da capa e da lapa deste horizonte, entretanto, são enriquecidos em ETR-leves em relação aos xistos (Figura 44). Comparados com outros BIF arqueanos de fácies óxido (com magnetita), carbonato, carbonato-silicato e sulfeto do mundo (Fryer, 1983) e da mina São Bento (Valladares, 2004) apresentam-se enriquecidos em ETR-leves, apresentando maiores analogias com os BIF vulcanogénicos da Socoman *Iron Formation* (Fryer, 1983) e com os BIF de fácies silicato da mina São Bento (Valladares, 2004). Estas características coincidem com a natureza petrográfica de BIF de fácies mista (sulfeto, carbonato, silicato e óxido com magnetita), aluminicos e impuros por contaminações, em proporções variáveis, com finos vulcânicos (tufos) e /ou vulcano-sedimentares (tufitos).

Figura 44: Diagramas normalizados de ETR para os litotipos encaixantes, anfibolitos da capa e da lapa, e os minérios de Au dos níveis 10 e de entrada (N-00) da mina do Pari.

V.5. Coeficientes de Correlação (Anexo 8)

Dados de estatística básica e coeficientes de correlação foram calculados para as amostras analisadas por Fluorescência de raios X (XRF) e por *fire assay*/absorção atômica (Anexo 4).

Os coeficientes de correlação foram tratados em conjunto destacando-se a forte correlação do Au com As e S. Também se observam as fortes correlações (positivas e negativas) entre V e TiO_2 , $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{T}}$ e S, Rb e K_2O , Na_2O e Sr, Al_2O_3 e Na_2O , Cu e S, e Ni e Cr.

Nas amostras da mineralização, o Au correlaciona-se muito bem com $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{T}}$, LOI (perda ao fogo), S e As. O S tem fortes correlações com TiO_2 , Al_2O_3 , LOI, Cu e As. Além dessas, destacam-se ainda boas correlações de SiO_2 e $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{T}}$; TiO_2 e Al_2O_3 ; TiO_2 e V; Al_2O_3 e Cr; Fe_2O_3 e As, LOI e Na_2O ; Na_2O e Sr; LOI e As; Sr com Zn e Ni; Zr e Zn; V e U; e de Co com As. Já nas encaixantes diminui o número de correlações. O próprio Au possui correlações sempre abaixo de 0,6; apenas para S de 0,71. Neste caso destacam-se as correlações entre Al_2O_3 e La; TiO_2 e V; Al_2O_3 e Na_2O ; MgO com Cr e Ni; Na_2O e Sr; K_2O com Rb e Ba; Cu e S; e de Cr e Ni, típicas de rochas de filiação básica/metabásica e suas mineralizações, assim como, de elementos análogos geoquímicos.

V.6. Balanço de Massa

Com os dados geoquímicos de rocha total, por XRF (elementos maiores e traços) efetuou-se um estudo hipotético usando diagramas ISOCON, tentando-se avaliar a derivação por alteração de protolitos similares ou distintos dos xistos do FW e HW, como encaixantes imediatas da mineralização aurífera.

Para tanto partiu-se das hipóteses: a)-que os xistos encaixantes poderiam ser derivados dos anfibolitos próximos da capa e da lapa, por meio de um processo de alteração envolvendo trocas geoquímicas, ou b)-que poderiam ser produtos metamórficos originais e isoquímicos de protolitos próprios, distintos dos anfibolitos. No primeiro caso de processos posteriores à formação das rochas, ou seja, epigenéticos, o balanço de massa, tanto para os xistos e anfibolitos da capa quanto da lapa deveriam ser iguais, ou pelo menos bastante similares, em função da similaridade dos anfibolitos protolíticos reagindo com o mesmo fluido transformante. Já no caso de serem os xistos derivados de protolitos próprios, distintos dos anfibolitos não haveria esta identidade ou similaridade nos balanços de massa.

O estudo do balanço de massa envolveu a comparação entre litotipos escolhidos preliminarmente como protolitos que eventualmente poderiam ter dado origem às encaixantes próximas do minério. Após vários testes com elementos possivelmente imóveis e avaliando-se cada coeficiente de correlação R², pode-se observar a excelente correlação linear entre Al₂O₃, TiO₂, P₂O₅, Zr e Nb. Com estes considerados elementos imóveis com R² próximo a 1,0 foram inicialmente construídos diagramas de correlação para as amostras pouco ou não alteradas e aquelas consideradas muito alteradas.

Desta forma foram verificados os balanços de massa hipotéticos (perdas e ganhos) de cada uma das unidades estudadas, da capa e da lapa dos níveis 00 e 10, conforme proposto por Grant (1986), a partir de equações modificadas de Gresens (1967). Método semelhante foi utilizado por Chiarini (2001), que estudou espilitos, keratófiros e mineralizações associadas do *greenstone belt* de Piumhi, MG.

Uma vez definida, foi ajustada a reta ISOCON, passando pela origem (0,0) do diagrama e a variação na concentração do elemento pode ser calculada a partir da equação de Grant (1986):

$$C_i^a = (M^0/M^a) * (C_i^0 + \Delta C_i^a).$$

C_i^a = concentração do elemento i na rocha alterada	C_i^0 = conc. do elemento i na rocha não alterada
M^0/M^a = inclinação da reta ISOCON = coeficiente b	ΔC_i^a = variação da conc. do elemento i na rocha alterada em relação a rocha não alterada

A razão (M^0/M^a) = coeficiente b, obtida pelas retas ajustadas ($y = bx + a$), foi utilizada nos cálculos de perdas e ganhos pela equação $\Delta C_i = (C_i/b) - C_i^0$ em porcentagens.

Assim, a média de 03 amostras de anfibolitos finos da capa (HW) foi comparada à média dos xistos adjacentes da capa (HW) (Figuras 45 e 46). Em seguida, a média de 03 anfibolitos granatíferos da lapa (FW) foi comparada com a média dos xistos da lapa (FW) (Figuras 51 e 52). Para os cálculos das composições médias utilizou-se o procedimento sugerido por Baumgartner & Olsen (1995) e Sanchez-España et al. (2000), tanto para o N-00 quanto para o N-10.

Nas figuras 47, 48, 49 e 50 são apresentados os diagramas de perdas e ganhos para os anfibolitos granatíferos da lapa (AnfG-FW) e os xistos da lapa (FW).

Figura 45: Elementos imóveis definindo reta isocon para os anfibólitos granatíferos do footwall (AnfG) e os xistos do footwall do nível 00 (xistos FW00). Nos cálculos e plotagem foram usadas as médias das amostras. O valor de R2 (coeficiente de correlação) próximo a 1, mostra excelente correlação.

Figura 46: Elementos imóveis definindo reta isocon para os anfibólitos granatíferos do footwall (AnfG) e os xistos do footwall do nível 10 (xistos FW10). Nos cálculos e plotagem foram usadas as médias das amostras. O valor de R2 (coeficiente de correlação) de quase 1, mostra excelente correlação.

Figura 47: Perdas e ganhos de óxidos maiores dos xistos do footwall do nível 00 da mineralização aurífera da Mina do Pari (FW-00), comparativamente aos anfibolitos granatíferos (AnfG).

Figura 48: Perdas e ganhos de óxidos maiores dos xistos do footwall do nível 10 da mineralização aurífera da Mina do Pari (FW-10), comparativamente aos anfibolitos granatíferos (AnfG).

Figura 49: Perdas e ganhos de elementos traço dos xistos do footwall do nível 00 da mineralização aurífera da Mina do Pari (FW- 00), comparativamente aos anfibolitos da lapa.

Figura 50: Perdas e ganhos de elementos traço dos xistos do footwall do nível 10 da mineralização aurífera da Mina do Pari (FW- 10), comparativamente aos anfibolitos da lapa.

Os diagramas dos elementos maiores (Figuras 47 e 48), tanto do N-00 quanto do N-10 mostram-se muito semelhantes, com pequenas diferenças quanto as trocas de MgO (ganhos no N-00) e Na₂O (perdas no N-00). Os diagramas de elementos traço (Figuras 49 e 50), mostram apenas pequenas diferenças na intensidade das trocas, porém a quase perfeita identidade quanto aos tipos de perdas e ganhos entre AnfG e os xistos da lapa (FW), tanto para N-00 quanto para N-10.

Em analogia, nas figuras 51 e 52 são mostradas as construções das retas ISOCON para os anfibolitos finos e xistos do HW e nas figuras 53, 54, 55 e 56 são apresentados os diagramas de perdas e ganhos para os anfibolitos finos da capa (Anf-HW) e os xistos da capa (HW). Os diagramas dos elementos maiores (Figuras 53 e 54), tanto do N-00 quanto do N-10 mostram-se muito semelhantes, com pequenas diferenças quanto as trocas de Na₂O (pequeno ganho no N-00). Nos diagramas de elementos traço (Figuras 55 e 56), observam-se grandes diferenças nas intensidades das trocas sobretudo quanto ao Cr e Ni (prováveis componentes herdados, já enriquecidos no protolito), porém, também, a quase perfeita identidade entre os tipos de perdas e ganhos para os anfibolitos finos e os xistos da capa (HW), tanto para N-00 quanto para N-10.

Entretanto, ao comparar os diagramas de perdas e ganhos do FW (Figuras 47 a 50) e do HW (Figuras 53 a 56), nota-se que os comportamentos geoquímicos calculados para as trocas entre os anfibolitos granatíferos (AnfG) e os xistos da lapa (FW) são completamente opostos daquelas entre os anfibolitos finos (Anf) e os xistos da capa (HW). Assim, é praticamente impossível que um fluido mineralizante circulando numa falha, ou mesmo num contato entre dois derrames causaria alterações com balanços de massa tão desiguais nas rochas adjacentes similares. Os balanços de massa indicam diferenças nítidas entre os pares de rochas (anfibolitos e xistos) da lapa e da capa, da mineralização não compatíveis com um processo de alteração único e conjunto afetando protolitos tão similares, como representados pelos anfibolitos finos da capa e os anfibolitos granatíferos da lapa dos minérios auríferos.

V.7 Considerações sobre a Litogeoquímica

Considerando o exposto nos itens anteriores, juntamente com as observações geológicas e petrográficas elaboraram-se algumas interpretações.

Na figura 57 foram traçados diversos caminhos da possível evolução geoquímica da mineralização aurífera da mina do Pari. As linhas vermelhas representam a

Figura 51: Elementos imóveis definindo reta isocon para os anfibólitos finos do hangwall (AnfHW) e os xistos do hangwall do nível 00 (xistos HW). Para os cálculos e plotagem foram usadas as médias das amostras. O valor de R2 (coeficiente de correlação) próximo a 1, mostra excelente correlação.

Figura 52: Elementos imóveis definindo reta isocon para os anfibólitos finos do hangwall (AnfHW) e os xistos do hangwall do nível 10 (xistos HW10). Para os cálculos e plotagem foram usadas as médias das amostras. O valor de R2 (coeficiente de correlação) próximo a 1, mostra excelente correlação.

Figura 53: Perdas e ganhos de óxidos maiores dos xistos encaixantes da mineralização aurífera da Mina do Pari do nível 00 em relação aos anfibolitos finos (Anf HW).

Figura 54: Perdas e ganhos de óxidos maiores dos xistos encaixantes da mineralização aurífera da Mina do Pari do nível 10 em relação aos anfibolitos finos (Anf HW).

Figura 55: Perdas e ganhos de elementos traço dos xistos encaixantes do nível 00 da mineralização aurífera da Mina do Pari (xistos hangwall-nível 00), comparativamente aos anfibolitos finos (Anf HW).

Figura 56: Perdas e ganhos de elementos traço dos xistos encaixantes do nível 10 da mineralização aurífera da Mina do Pari (xistos hangwall-nível 10) comparativamente aos anfibolitos finos (Anf HW).

Figura 57: Diagramas binários para xistos encaixantes, minério e anfibolitos de capa e lapa, da mina do Pari, com os possíveis caminhos evolutivos dos processos formadores da mineralização: vulcano-exalativo (vermelho), alteração de fundo oceânico nas encaixantes (laranja), e metamorfismo (M₁- azul, M₂- verde).

deposição do minério em fundo oceânico, juntamente com os BIF tipo algoma, considerando-se a mineralização, ou seu protominério, como sendo o próprio BIF, com predominância da fácies sulfetada. Nota-se que este caminho segue em patamares de razões Au/Ag relativamente constantes, e de Au+AG ascendentes.

As linhas amarelas representam a alteração das encaixantes por processos exalativos/hidrotermais de fundo oceânico, agindo quase que exclusivamente nas rochas da lapa da mineralização (FW), notando-se a alta mobilidade da Ag, bem como as alterações sódicas (de espilitização), seguidas por enriquecimentos de $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$ e S.

Duas linhas interpretadas como representativas da possível evolução polimetamórfica também foram traçadas. O metamorfismo M-1 (linhas azuis), agiu sempre com um característico aumento na razão Au/Ag, porém acompanhado de um incremento de S maior que de As.

O segundo evento metamórfico M-2 (linhas verdes) é sempre mais marcante que o M-1. Relaciona-se fortemente com as amostras de mineralização mais rica (N-10) e também estabelece uma direção marcada pelo aumento da relação Au/Ag proporcional ao aumento de As, que estaria relacionado à recristalização dos sulfetos já em temperaturas maiores que em M1, formando inclusive Arsenopirritas mais ricas em As.

Os dois eventos metamórficos sempre apresentam tendências contrárias à formação da mineralização e/ou das alterações de fundo oceânico, sobretudo em relação ao comportamento de Na_2O , Al_2O_3 e do S, bem como das razões As/S.

Na figura 58E é nítida a relação da mineralização mais rica (N-10) com razões bem definidas de S/As e Zn/Cu, crescentes gradativamente com as relações de Au/Ag, enquanto as amostras da mineralização mais pobre (N-00), na extremidade norte do corpo tendem a mostrar baixas razões de Au/Ag, razões variáveis de S/As e Zn/Cu. As figuras 58A, B, C e D ao contrário desta tendência, indicam que as amostras do minério rico evoluem em direção a altos teores de As e S, mostrando a forte correlação do Au com sulfetos, sobretudo com a arsenopirita. As amostras mais pobres em Au mostram sempre correlações complementares com Zn e Cu.

Os diagramas ternários da figura 59 também mostram tendências opostas no comportamento geoquímico de alguns elementos na capa e na lapa da mineralização. Fica evidente que nas amostras da lapa (FW) os processos enriquecedores de sódio são mais marcantes que na capa (HW), e decorrentes, mais provavelmente, de alterações de espilitização, de fundo oceânico, pré- a singenéticos à deposição das BIF da mineralização aurífera (Figura 57); já na capa

Figura 58: Diagramas ternários de amostras das encaixantes próximas, do minério e de anfibolitos de capa e lapa, da mina do Pari. **A)** Cu-Zn-S, é redesenhado em **B** mostrando que as amostras mineralizadas tendem a possuir mais S, quanto mais ricas em Au, porém há nítida separação entre encaixantes e minério. **C e D)** (Cu-Zn-As), também há forte correlação da mineralização com o As. **E)** as razões indicam maior pureza de Au e razões definidas para S/As e Zn/Cu, para as amostras do N-10, enquanto as amostras do N-00 possuem razões bastante variadas de S/As e Zn/Cu, e maior teor em prata.

da mineralização são notáveis anfibolitos enriquecidos em MgO, de protolitos basálticos cumuláticos que soterraram a mineralização.

Figura 59: Diagramas ternários de amostras das encaixantes próximas, do minério e de anfibolitos de capa e lapa, da mina do Pari., mostrando-se o comportamento de alguns óxidos principais relacionados a mineralização. **A e B)** a linha verde mostra o enriquecimento em Na das encaixantes de lapa (possível espilitização; a linha azul descreve o caminho metamórfico. **C)** o caminho da espilitização (verde) e o metamorfismo (azul). **D)** A forte correlação entre as amostras mineralizadas com SiO_2 e $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{Total}}$ (BIF tipo algoma).

Capítulo VI: Química Mineral

Estudos de química mineral foram realizados via microsonda eletrônica em minerais selecionados. Normalmente, foram medidos dois pontos, um central e outro na borda de cada grão. Os dados foram tratados e modelados em gráficos usando o programa *MinPet* v. 2.02 (Richard, 1995). As amostras foram divididas em grupos litológicos distintos: minérios; anfibolitos granatíferos da lapa (FW); anfibolitos finos da capa (HW); xistos encaixantes imediatos da lapa (FW) e da capa (HW), e metaultramáficas do Grupo Quebra Osso.

VI.1. Biotitas

Os resultados analíticos e os cálculos da fórmula estrutural considerando o Fe Total como Fe^{2+} , com base em 24 oxigênios (O+OH+F), segundo Deer et al. (1992) são apresentados no anexo 5 (Tabela 1).

No diagrama da figura 60a nota-se a ocorrência de termos bastante próximos de flogopitas nas rochas metaultramáficas do Gr. Quebra Osso. Nas demais amostras de anfibolitos, xistos e no minério são encontradas biotitas intermediárias entre flogopita e annita, porém com o conteúdo de Al^{IV} superior às biotitas metaultramáficas.

Na figura 60b ainda observam-se dois grupos distintos de biotitas com razões $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca}+\text{K})$ aproximadamente constantes. Nos anfibolitos e xistos encaixantes ou próximos do minério e no próprio minério não se observam tendências de enriquecimento nas relações $\text{Mg}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ no sentido dos anfibolitos em direção a mineralização. Na figura 60c, em relação à figura anterior, observam-se tendências contrárias em relação a $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$, e também um patamar $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca}+\text{K}+\text{Ba})$ constante. Por fim, na figura 60d observa-se a boa discriminação das biotitas por grupos litológicos com base nas razões $\text{K}/(\text{Na}+\text{Ca}+\text{K})$ e $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$. As mais notáveis diferenças ocorrem entre as amostras da lapa (FW: grupo E) e capa (HW: grupos C e D).

Figura 60: Caracterização química das biotitas. a) Classificação das biotitas dos litotipos da mina do Pari. b) Diagrama binário, com as flogopitas das metaultramáficas do lado rico em Mg e as demais biotitas dos xistos e anfíbolitos do lado rico em Fe; c e d) São diagramas binários de variação composicional das biotitas os quais permitem uma separação por grupos distintos de ocorrência.

VI.2 Cloritas

Os dados analíticos e cálculos de fórmula estrutural são encontrados no anexo 5 (Tabela 2). A fórmula estrutural foi calculada considerando o Fe Total como Fe^{2+} , e com base em 36 oxigênios (O+OH+F) sendo 16 para os grupos hidroxila (OH), conforme Deer et al. (1992).

Foram analisadas cloritas de três litotipos distintos: anfíbolitos finos (HW), anfíbolitos finos (FW-N-00) e xistos (FW-N-00). Os resultados são apresentados na figura 61.

Foram encontradas, na grande maioria das vezes cloritas de tipo ripidolita, e apenas uma amostra com pycnocloritas (tratando-se, no caso, mais provavelmente de um erro analítico). As ripidolitas evidenciam, ainda, pequenas diferenças composicionais entre as rochas da capa e da lapa.

VI.3. Muscovitas

Os dados analíticos e cálculos de fórmula são apresentados no anexo 5 (Tabela 3).

A fórmula estrutural da muscovita foi calculada considerando o Fe Total como Fe^{2+} , com base em 24 oxigênios (O+OH+F), sendo 4 para os grupos OH, conforme Deer et al. (1992). Analisou-se apenas a amostra GP-02, um enclave de TTG encontrado nos testemunhos do furo BR-76.

A Figura 62 observam-se pequenas variações da razão $\text{K}/(\text{Na}+\text{Ca}+\text{K})$ em relação a constante razão $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{2+}+\text{Mg}$.

VI.4. Anfibólios

A petrografia mostrou os seguintes tipos de anfibólios: nas rochas metaultramáficas, anfibólios incolores a pouco pleocróicos; nos anfíbolitos, anfibólios verdes pleocróicos; no minério e nos xistos encaixantes dois tipos de anfibólios distintos, um incolor e outro verde pleocróico, por vezes com cores azuladas. Os resultados analíticos foram recalculados para a fórmula estrutural, segundo Schumaker (in Leaker, 1997) conforme abaixo explicado (Anexo 5, Tabela 4).

Figura 61: Caracterização química das cloritas.

Figura 62: Caracterização química das muscovitas.

-Anfibólios ferro-magnesianos: pelo método 15eNK, sendo $\text{Si}+\text{Al}+\text{Ti}+\text{Mg}+\text{Fe}+\text{Mn}+\text{Ca} = 15$; e todo $\text{Na}+\text{K}$ no sítio A (nenhum Na no sítio M4), com base em 23 oxigênios ($\text{O}+\text{OH}+\text{F}$) (Spear, 1993);

-Anfibólios cálcicos pela média das estimativas 15eNK e 13eCK, sendo $\text{Si}+\text{Al}+\text{Ti}+\text{Mg}+\text{Mn} = 13$; e não permitindo Mg, Fe ou Mn no sítio M4, com base em 23 oxigênios ($\text{O}+\text{OH}+\text{F}$) (Spear, 1993).

Nas figuras 63, 64 e 65 observa-se o amplo espectro de variação dos anfibólios analisados. Nas rochas metaultramáficas do Grupo Quebra Osso ocorrem tremolitas. Os anfibólios dos anfibolitos finos e granatíferos do N-00 e N-10, ou ainda de amostras mais distantes da mineralização sempre pertencem à variedade cálcica tschermakita, porém com pouca variação nos teores de sua componente Na.

Os xistos encaixantes mostram variação composicional bastante grande, desde hornblendas até tschermakitas, em alinhamentos muito bem definidos (Figura 64) e com grande variação nos teores de Na_2O .

As amostras da mineralização aurífera mostram vários tipos de anfibólios muito bem definidos, hornblendas com baixos teores de Na e K, tschermakitas com grande variação de Na e uma pargasita. Ainda na mineralização é possível distinguir dois grupos de anfibólios ferro-magnesianos da série grunerita-cummingtonita (Figura 65).

VI.5. Granadas

Foram analisadas granadas de litotipos da mineralização, de anfibolitos granatíferos, anfibolitos finos (com granadas microscópicas) e xistos encaixantes da mineralização (Anexo 5, Tabela 5).

Os recálculos do Fe total foram feitos segundo Droop (1987), com base em 24 oxigênios. Os membros finais foram calculados segundo Rickwood (1968).

A figura 66 mostra diagramas ternários de classificação das granadas. Observa-se a predominância da almandina com pequenos teores de grossularita e espessartita. Composições de piropo e andradita são bastante raras a inexistentes. Os xistos encaixantes imediatos e do minério possuem granadas com maiores quantidades do membro final Almandina, devido aos maiores teores de Fe desses litotipos.

LEGENDA

A - Metaultramáficas Q.Osso

- GP-07 - CENTRO
- GP-07 - BORDA
- ◀ GP-8B - CENTRO
- △ GP-8B - BORDA

B - Minério N-10

- 15A - CENTRO
- 15A - MEDIANA
- ◀ 15A - BORDA
- ◆ 14B - CENTRO
- ◇ 14B - BORDA

C - Anfíbolitos Granatífero (FW-distante, e FW-contato)

- ▼ GP-13 - CENTRO
- + GP-13 - BORDA
- GN-22 - CENTRO
- GN-22 - BORDA

D - Xistos (FW N-00)

- ▶ GN-19 - CENTRO
- ▽ GN-19 - BORDA

E - Xistos (HW N-00)

- ⊕ GN-08 - CENTRO
- GN-08 - BORDA

F - Anfíbolitos Finos (HW-N00)

- GN-01 - CENTRO
- × GN-01 - BORDA

G - Anfíbolitos Finos (HW-N00)

- GP-10 - CENTRO
- ⊕ GP-10 - BORDA

Figura 63: Caracterização química dos anfibólios.

Figura 64: Classificação química de Anfíbolos nos quatro grupos principais.

Figura 65: Caracterização química dos anfibólios Ferro-Magnesianos. Observam-se **dosi grupos de** anfibólios da série Grunerita-Cummingtonita na mineralização aurífera da mina do Pari.

Figura 66: Caracterização química das Granadas da mina do Pari. Observa-se a predominância de almandinas com teores variáveis de Espessartita e de Grossularina.

VI.6. Carbonatos e óxidos de Fe e Fe-Ti

Também foram analisados grãos minerais de carbonatos, magnetitas e ilmenitas. Os dados analíticos e cálculos das fórmulas dos carbonatos e de ilmenitas são encontrados no anexo 5 (Tabela 6 e 7). Na figura 67 foram expostos os resultados obtidos em grãos de carbonatos os quais apresentaram-se compostos, em mais de 90%, da molécula calcita, possuindo FeO, MnO e MgO, como componentes menores. Não foram apresentados diagramas dos óxidos de Fe e Fe-Ti, tratando-se de magnetitas e ilmenitas essencialmente puras.

VI.7. Sulfetos (Arsenopirita, Pirita, Pirrotita, Esfalerita e Calcopirita)

Nos anexo 5 são apresentados os dados obtidos via microsonda eletrônica dos sulfetos da mina do Pari e da mina São Bento: arsenopirita (Tabela 8), pirita (Tabela 9), pirrotita (Tabela 10), calcopirita (Tabela 11) e esfalerita (Tabela 12).

As arsenopiritas analisadas são apresentadas na figura 68. As arsenopiritas da mina do Pari destacam-se por mais altos teores de As que as da Mina São Bento. As bordas das arsenopiritas em geral têm teores superiores de As que seus núcleos. O grupo das arsenopiritas da mina São Bento foi selecionado conforme mostrado nas fotografias 62 e 63, separando sulfetos concordantes de discordantes para os estudos microgeoquímicos. As fases discordantes são nitidamente remobilizadas, cortando o bandamento da formação ferrífera e aparecem com frequência nas zonas de charneiras de dobras fechadas a isoclinais.

Além da marcante distinção entre as arsenopiritas de Pari e São Bento, nota-se que, estatisticamente, as zonas remobilizadas da Mina São Bento apresentam as arsenopiritas de mais baixos conteúdos de As, indicativo de zonas das mais baixas temperaturas, muito provavelmente associados a eventos tardios de menor temperatura.

Infelizmente, a péssima qualidade das seções polidas confeccionadas nos laboratórios do IGc-USP não permitiu observar e analisar as composições da liga natural de Au-Ag e suas características nestas zonas.

Figura 67: Caracterização química dos carbonatos da mina do Pari. Observa-se o predomínio da molécula calcita, mais de 90%; Mg, Fe e Mn são apenas constituintes menores.

Figura 68: Variação composicional das arsenopiritas da mina São Bento e da mina do Pari. Dados em % atômicos recalculados a 100%. Nota-se a nítida diferença nos teores de arsênio entre as arsenopiritas das duas minas, sendo às da mina do Pari mais ricas em As. Estatisticamente, as arsenopiritas provenientes de veios remobilizados da mina São Bento são as de mais baixos teores de As.

As piritas e calcopiritas analisadas mostraram-se bastante puras e, assim, sem quaisquer diferenças significativas entre as minas São Bento e Pari.

Fotografia 62: Minério bandado da mina São Bento, mostrando paralelismo marcante das bandas sulfetadas, silico-carbonáticas e magnetíticas. No retângulo roxo o minério bandado, e no vermelho o minério bandado magnetítico.

Fotografia 63: Minério remobilizado da mina São Bento. No retângulo roxo o minério remobilizado rico, e no vermelho o minério remobilizado (cortando as bandas magnetíticas).

Esfaleritas só foram dosadas na amostra G-8A da mina do Pari, sendo apresentadas na figura 69. O baixo número de análises foi devido à quebra da microsonda eletrônica do IGc-USP, o que impediu a continuidade dos trabalhos com esses sulfetos e as comparações com a mina São Bento.

Figura 69: A variação composicional das esfaleritas da mina do Pari é pequena, calculando-se em % molares de FeS entre 15 e 17%.

As análises das pirrotitas, apresentadas na figura 60, mostram uma dispersão no diagrama Fe versus S (% atm) variando o Fe de 47 a 45%, aproximadamente, e o S de 53 a 55,2%. Mostram comportamento análogo às arsenopiritas, porém com uma dispersão maior das amostras da mina do Pari. As pirrotitas de São Bento, dos níveis bandados, diferenciam-se dos locais remobilizados e estas últimas tendem a possuir teores de Fe mais baixos.

Figura 70: Diagrama de variação de Fe e S (%atm.), comparando-se pirrotitas de minérios de Au da mina São Bento e da mina do Pari.

VI.8. Geotermômetros Granada-Anfibólio e Granada-Biotita (Grt-Amf e Grt-Bio)

A partir dos dados de análises química pontuais de paragêneses silicáticas, foram realizados cálculos de estimativas de temperatura e pressão empregando-se os métodos geotermobarométricos convencionais, utilizando as planilhas GTP (Reche e Martinez, 1995) e o programa Ptmfic (Soto, 1992) os quais reúnem geotermômetros de granada-biotita (Grt-Bio) e granada-anfibólio (Grt-Amf) de diversos autores (ex. Perchuk et al, 1985; Ganguly e Saxena, 1984 e Graham e Powell, 1984, entre outros). Estimativas de pressão não foram possíveis devido à ausência de bons cristais de plagioclásio.

Os cálculos geotermobarométricos foram realizados observando, sempre, rigorosamente os critérios paragenéticos e texturais (centros e bordas de grãos

livres de inclusões) e cristaloquímicos (perfeição das fórmulas estruturais) e são apresentados na íntegra nos anexo 9.

O geotermômetro Grt-Amf de Graham e Powell (1984) propiciou resultados que variam numa faixa de até 94°C, a depender do litotipo analisado, bem como entre centros e bordas de grãos. Assim, observa-se, na figura 71, que, sobretudo nas amostras da mineralização, as temperaturas obtidas são bastante inferiores aos demais litotipos. Isso deve estar ocorrendo por tratar-se de litotipos bastante ricos em Fe e redutores, no caso, de BIF tipo algoma, ricos em magnetita e sulfetos com Fe, o que poderia modificar as atividades no sentido de aumentar a estabilidade do Fe^{2+} nos silicatos, de forma que a calibração desse geotermômetro para tais litologias seja inadequada. De maneira geral, as temperaturas, segundo Graham e Powell (1984), dos centros dos minerais variam entre 480 a 559 °C , e nas bordas de 486 a 574 °C.

Figura 71: Temperaturas obtidas com o geotermômetro granada-anfibólio de Graham e Powell (1984) nos diversos litotipos da mina do Pari, minérios, xistos encaixantes e BIF. Nota-se que há diferenças de temperaturas entre os litotipos, e se analisados bordas ou centros de minerais.

O geotermômetro Grt-Amf de Perchuk et al. (1985) também apresenta temperaturas menores nos litotipos da mineralização, assim como diferenças por litotipos e entre centros e bordas dos cristais analisados, variando de 439 a 566°C. A diferença máxima entre as temperaturas obtidas é de 127°C (Figura 72).

Figura 72: Temperaturas obtidas com o geotermômetro (Grt-Amf) de Perchuk et al. (1985) nos litotipos da mina do Pari. Notam-se variações de temperaturas entre os diferentes litotipos, e se analisado borda ou centro do mineral.

Figura 73: Geotermômetro de granada-biotita (Grt-Bio), segundo Thompson (1976), calculado para amostras do minério e dos xistos encaixantes da lapa e da capa.

Os geotermômetros de granada-biotita (Grt-Bio) também resultaram em temperaturas bastante variáveis. Pelo geotermômetro (Grt-Bio) de Thompson (1976) a variação máxima é 182 °C (considerando todos os litotipos, as bordas e centros de grãos). Os centros dos grãos apresentaram temperaturas entre 367 e 549 °C e as bordas entre 451 a 536 °C (Figura 73). Pelo geotermômetro Grt-Bio de Goldman e

Albee (1977) as variações de temperaturas atingem 126°C. Os centros dos grãos apresentaram temperaturas entre 391 e 502 °C e as bordas entre 449 e 517 °C (Figura 74).

Todos os geotermômetros de Grt-Bio e Grt-Amf utilizados resultaram em temperaturas distintas para cada uma das unidades estudadas, entretanto, com variações análogas. A mineralização aurífera e mesmo os BIF estéreis apresentam tanto paragêneses de bordas mais “quentes” que dos núcleos dos grãos, quanto ocorre o contrário. Já as encaixantes da lapa (FW), na grande maioria das vezes, apresentam para as bordas dos minerais T mais frias que nos núcleos. As encaixantes da capa (HW) têm o comportamento contrário, sempre indicam nas bordas dos minerais T mais quentes que nos núcleos.

Figura 74: Geotermômetro Grt-Bio, segundo Goldman & Albee (1977), para amostras do minério e xistos encaixantes da lapa (FW) e da capa (HW).

Os resultados permitem interpretações preliminares a despeito das diferenças consideráveis nas temperaturas metamórficas obtidas. A tendência de litotipos mais ricos em Fe mostrarem temperaturas menores que os mais pobres em Fe (e mais ricos em Mg) deve-se ao estado redutor, à riqueza em Fe^{2+} e S^{2-} dessas rochas.

Porém, todos os dados até agora disponíveis indicam temperaturas transicionais da fácies xisto-verde alta para a fácies anfibolito. Isso vem a corroborar com os resultados petrográficos e dos estudos geotermométricos iniciais de arsenopirita de Abreu (1995). Quanto às variações, por vezes, irregulares das paragêneses com biotita de centros e bordas de cristais, deve-se considerar a fácil reequilibração retrometamórfica das biotitas em comparação às granadas e aos anfibólios, principalmente em se tratando de bordas de cristais.

Um outro fato que muitas vezes pode estar passando sem a devida consideração, diz respeito à natureza policíclica de evolução polimetamórfica da região estudada. As rochas e os minérios de Au primários da mina do Pari sofreram um metamorfismo arqueano no final da evolução do *greenstone belt* Rio das Velhas, de fácies xisto verde baixo a médio, indicado apenas pelas estruturas Sn-1. Seguiu-se o metamorfismo regional principal progressivo, que gerou as paragêneses de pico metamórfico petrograficamente predominantes e por fim, o evento tectono-termal Brasiliano, que regionalmente causou reequilibrações retrometamórficas e isotópicas sob T variáveis na faixa de 300 – 400°C (Schorscher, 1975; 1992). Assim, um grão mineral pode ter experimentado muitas fases de cristalização, recristalização e reequilibração parciais a totais metamórficas, e o ponto analisado em um mineral em dado litotipo, pode não estar sendo perfeitamente correlacionado ao ponto analítico do mineral par na mesma rocha ou, ainda, aos pontos analíticos num outro litotipo, ainda que proximamente associado.

VI.9. Geotermômetro de Arsenopirita

Foi utilizado o diagrama da figura 75, referente ao geotermômetro de As em arsenopirita, segundo Sharp et al. (1985), comparando-se amostras da mina São Bento e da mina do Pari.

As temperaturas obtidas para a mina do Pari variam entre 500 e 550°C, aproximadamente, considerando-se as paragêneses do minério, de arsenopirita e pirrotita, exclusivamente (sem pirita).

Os valores são bastante compatíveis face à coexistência de granada e grunerita junto à mineralização. Observou-se, no entanto, em uma boa parcela dos grãos estudados de arsenopirita, que estes apresentavam em suas porções intermediárias (entre centro e borda), temperaturas muitas vezes superiores à borda.

Figura 75: Geotermômetro de "As em Arsenopirita", segundo Sharp et al.(1985), mostrando dados das minas de Au Pari e São Bento. A linha vermelha indica, de centro a borda do grão uma tendência de queda na temperatura nas zonas remobilizadas (sulfetos discordantes) da mina São Bento. A linha azul, mostra o incremento da temperatura do centro para a borda dos sulfetos bandados da mina São Bento. Em Pari, a linha verde mostra temperaturas ascendentes, porém, com algum arrefecimento às bordas.

Nas amostras da mina São Bento observaram-se temperaturas variando entre 300 e 415°C, compatíveis com a fácies xisto verde inferior (até média?) do local e as paragêneses de clorita + sericita + Fe-stilpnomelano. As arsenopirritas do minério bandado (concordante, fotografia 62) atingem, em média, as temperaturas mais altas, enquanto nas zonas de minério remobilizado (discordante, fotografia 63) as temperaturas tendem a ser mais baixas. É preciso destacar mais uma vez que esses minérios remobilizados, quase sempre, ocorrem em zonas de rompimento de charneiras de dobras apertadas a isoclinais.

VI.10. Geotermômetro da Pirrotita

Na figura 76 apresentam-se os dados geotermométricos das pirrotitas das minas do Pari e São Bento. Nota-se que os valores variam entre 450 e 700°C, sendo os valores de 600 – 700°C certamente incompatíveis, demasiado elevados, para as paragêneses encontradas em ambas as minas estudadas. No entanto, considerando-se que não foram consideradas as condições geobarométricas, o diagrama mostra tendências gerais compatíveis com os resultados das arsenopirritas, de temperaturas mais altas para as amostras da mina do Pari, bem como de variações análogas de temperaturas para os diferentes tipos de minérios examinados da mina São Bento.

VI.11. Considerações sobre a Química Mineral

VI.11.1. Silicatos

As biotitas do Gr. Nova Lima, da lapa e da capa da mineralização da mina do Pari apresentam diferenças, sendo as primeiras enriquecidas em Mg, Na e empobrecidas em Fe, enquanto as últimas são enriquecidas em K e Fe. Os anfíbolitos, tanto granatíferos da lapa quanto da unidade D, apresentam biotitas de composições bastante próximas.

Nas rochas metaultramáficas do Gr. Quebra Osso as biotitas são flogopíticas, devido ao alto teor de Mg dos protólitos komatiíticos.

As cloritas apresentam diferenças apenas entre as rochas da lapa e da capa. Os xistos e anfíbolitos de lapa possuem cloritas com baixo Fe e maior variação no de TSi, enquanto os anfíbolitos do capa tem as cloritas mais ricas em Fe.

Figura 76: Diagrama T - X do solvus pirita + pirrotita hexagonal (Craig e Scott, 1974) 2500 e 5000 bar utilizado como geotermômetro. As setas azuis representam a evolução do minério bandado da mina S. Bento; a seta amarela as zonas de sulfetos remobilizados. A seta vermelha traça a evolução do minério da mina do Pari.

Os anfibólios analisados distribuem-se em vários grupos, predominando os cálcicos que apresentam grande variabilidade composicional. Nas metaultramáficas ocorrem tremolitas e hornblendas. Os anfibolitos granatíferos apresentaram apenas tschermakitas, enquanto os anfibolitos finos da capa também apresentam hornblendas. Os xistos encaixantes próximos ao minério possuem anfibólios distintos na lapa e capa. Nos xistos da capa são tschermakitas e nos da lapa, predominantemente hornblendas. No minério observam-se até três tipos de anfibólios cálcicos, as hornblendas de baixo Na, as tschermakitas, e as pargasitas com Na mais alto ocorrendo, normalmente, como bordas nas tschermakitas.

Além disso, no minério ainda ocorrem anfibólios ferro-magnesianos da série cummingtonita-grunerita, predominando os termos mais ricos em Fe.

As granadas são genericamente almandinas porém, soluções sólidas, em proporções variáveis de almandina(56-91) - grossularita(8-44) - espessartita(0-20) - Piropo(1-30) - Andradita(2-2,5).

Os carbonatos analisados apresentaram-se bastante puros, predominantemente calcíticos, com menos de 10% de Fe, Mn e Mg em solução sólida, na ordem decrescente.

VI.11.2. Sulfetos

As arsenopiritas da mina do Pari mostraram-se predominantemente distintas das da mina São Bento, com conteúdos maiores de As, o que é compatível com condições metamórficas de grau maior.

As arsenopiritas de São Bento, por sua vez, dividiram-se em dois grupos, sendo que as que ocorrem nas zonas remobilizadas e discordantes à mineralização são as de menor conteúdo de As, indicando que possivelmente se formaram em temperaturas mais baixas, junto às zonas de alívio, relacionadas às zonas de fraqueza e rompimento tectônico inclusive de charneiras de dobras. É interessante nesse ponto salientar que, nos mapeamentos da mina São Bento, desde sua reabertura em 1984, relata-se uma maior abundância de veios sulfetados/mineralizados discordantes nos níveis mais profundos da mina, interpretados como possivelmente indicativos da aproximação da zona de charneira da dobra hipotética sinformal maior, que conectaria a formação ferrífera São Bento com a formação ferrífera Barão de Cocais, a NW.

As esfaleritas da mina do Pari têm composição aproximadamente constante, mal atingindo 10% (atm.) de Fe.

A grande variabilidade das pirrotitas, tanto da mina do Pari quanto da Mina São Bento reflete a facilidade deste mineral em adaptar-se às diferentes condições de P e T. Porém, suas composições também parecem indicar que os mesmos eventos afetaram as duas minas, claro que com intensidades distintas, principalmente, quanto ao evento metamórfico regional principal, como verificado em outros parâmetros geotermobarométricos.

VI.11.3. Geotermometria

O uso de vários métodos de geotermometria metamórfica nas rochas e nos minérios das minas de Pari e São Bento, baseados em vários autores, propiciou resultados muito variáveis. Era esperado que, a depender do método utilizado, os valores obtidos não seriam iguais, pois dependeriam muito dos litotipos utilizados nos estudos dos autores. Nesse sentido, ressalta como observação interessante a temperatura sistematicamente mais baixa obtida nos litotipos do minério aurífero sulfetado e rico em Fe, indicando que rochas redutoras com elevadas concentrações de Fe^{2+} e S influenciariam os métodos, desviando para T menores daquelas propostas por calibrações em paragêneses silicáticas, outrossim, análogas.

Apesar da grande variabilidade das temperaturas obtidas, o fato é que os litotipos da mina do Pari encontram-se, indubitavelmente, na zona metamórfica de transição da fácies xisto verde para anfibolito, caracterizando o grau médio de metamorfismo (Tabela 11). Esse grau metamórfico distingue-se claramente do grau fraco da mina São Bento.

Como na outra observação constataram-se normalmente temperaturas de paragêneses de bordas de grãos maiores que de seus núcleos, à exceção das amostras da lapa da mineralização onde ocorre o inverso. As primeiras são compatíveis com a natureza progressiva do principal evento metamórfico regional, as segundas podem indicar reequilibrações retrometamórficas mais ativas nas encaixantes da lapa, seja por composições dos litotipos, seja por cisalhamento diferencial.

O uso de geotermometria mostrou-se muito mais como uma metodologia auxiliar do que fundamental e diagnóstica para a evolução policíclica. O mapeamento detalhado em superfície e das galerias, e a petrografia são fundamentais para o estudo e entendimento da evolução metamórfica das minas de ouro do Quadrilátero Ferrífero.

Mina	Litotipo	método	Autor	Centro			Borda			Diferença
				T _{min}	T _{máx}	T média	T _{min}	T _{máx}	T média	
Pari	Minério	Grt-Anf	Graham & Powell (1984)	480	523	497	486	561	512	15
Pari	Minério	Grt-Anf	Perchuk et al. (1985)	439	480	467	456	534	489	22
Pari	Minério	Grt-Bio	Thompson (1976)	367	435	401	451	536	493	92
Pari	Minério	Grt-Bio	Goldman & Albee (1977)	391	438	415	449	508	478	63
Médias				419	469	445	461	535	493	48
Pari	Minério	Asp	Sharp et al. (1985)	495	540	525	495	555	530	6
Pari	Minério	Po	Craig & Scott (1974)	450	700	600	520	645	620	20
Médias				473	620	563	508	600	575	13
Pari	S. Mac QO	Po	Craig & Scott (1974)	550	650	600	520	700	620	20
Pari	BIF	Grt-Anf	Graham & Powell (1984)	534	556	545	537	556	546	1
Pari	BIF	Grt-Anf	Perchuk et al. (1985)	488	516	502	499	512	505	3
Médias				511	536	524	518	534	526	2
Pari	Lapa-FW	Grt-Anf	Graham & Powell (1984)	507	550	537	495	534	518	-19
Pari	Lapa-FW	Grt-Anf	Perchuk et al. (1985)	492	566	555	515	560	538	-17
Pari	Lapa-FW	Grt-Bio	Thompson (1976)	502	549	529	514	528	523	-6
Pari	Lapa-FW	Grt-Bio	Goldman & Albee (1977)	484	517	503	493	502	499	-4
Médias				496	546	531	504	531	520	-12
Pari	Capa-HW	Grt-Anf	Graham & Powell (1984)	507	559	538	538	574	564	26
Pari	Capa-HW	Grt-Anf	Perchuk et al. (1985)	459	506	473	481	527	513	40
Pari	Capa-HW	Grt-Bio	Thompson (1976)	438	505	469	500	525	511	42
Pari	Capa-HW	Grt-Bio	Goldman & Albee (1977)	440	487	461	483	500	490	29
Médias				461	514	485	501	532	520	34

Obs.: Grt=granada; Anf=anfibólio; Asp=arsenopirita; Po=pirrotita; Bio=biotita

Tabela 11: Resumo das temperaturas obtidas com os diversos geotermômetros utilizado nos estudos da mina do Pari.

Capítulo VII: ANALOGIAS A OUTRAS MINAS E DISTRITOS AURÍFEROS

As mineralizações auríferas da quadrícula de Florália apresentam peculiaridades que as distinguem da grande maioria das mineralizações auríferas em *greenstone belts* do Brasil e também das demais mineralizações de ouro do Quadrilátero Ferrífero. Citam-se, como principais, aspectos da alteração das rochas encaixantes, a petrografia dos minérios, incluindo sulfetos, óxidos - magnetitas, silicatos e carbonatos, suas relações genéticas mútuas, assim como o grau metamórfico relativamente alto. Seus efeitos que contribuíram, principalmente, para enobrecer a mineralização pré-existente, tanto aumentando o teor de Au na liga natural do metal, quanto liberando-o em grande quantidade na textura dos minérios. Da bibliografia sobre a metalogênese do ouro em *greenstone belts* arqueanos, um tema vastíssimo, entretanto, foi possível selecionar alguns exemplos que serão brevemente comparados à mina do Pari.

As mineralizações, cujas características mais se aproximam da mina do Pari, são aquelas que ocorrem na própria Quadrícula de Florália, descritas no capítulo IV desta tese, que são: Pari Norte, Patrimônio e Gambá. Todas essas mineralizações sustentaram pequenas lavras no passado. Por falta de amostras frescas e de trabalhos de sondagem rotativa diamantada, essas áreas apenas foram mapeadas e amostradas em superfície durante os trabalhos de pesquisa da UNAMGEN Min. e Met. S.A.. Apresentam situação litoestratigráfica muito semelhante, com uma boa continuidade das principais unidades B, C e D, do Gr. Nova Lima, desde a mina do Pari, e todas elas caracterizam-se como extensões, muitas vezes descontínuas, do BIF mineralizado do Horizonte Pari. Na localidade da mina do Gambá, o horizonte mineralizado apresenta duas BIF separadas, os ângulos de mergulho se tornam mais baixos ($<45^\circ$) e as encaixantes próximas apresentam teores mais baixos de Au. As características litoestruturais e macro-petrográficas regionais foram bem reconhecidas nos afloramentos de campo e permanecem contínuas desde Pari até pouco a norte da mina do Gambá.

A mina do Bahú, mais a norte que a do Gambá, encontra-se em domínio predominantemente metassedimentar do Gr. Nova Lima, sendo raras as intercalações metavulcânicas, porém com abundância de BIF de direção aproximada ENE. Apesar da falta de afloramentos da mineralização aurífera de Bahú em si, hoje com suas escavações aterradas, foi encontrado ouro em quartzo de veio leitoso em

pilhas de rejeito das escavações antigas, provenientes, possivelmente, de veieiros de natureza discordante dos BIF.

A mina São Bento localiza-se em um paleoambiente arqueano exclusivamente sedimentar. Até hoje não foram encontradas rochas vulcânicas associadas aos metassedimentos ou à evolução do *Greenstone belt* Rio das Velhas neste local. O metamorfismo é de grau mais baixo que na mina de Pari, porém também foram observados efeitos de remobilização de quartzo, carbonatos e sulfetos em veios com ou sem Au, discordantes. Nesse sentido, cabe recordar que o geotermômetro de arsenopirita das zonas de sulfetos remobilizados em charneira de dobras rompidas das BIF tende a registrar temperaturas mais baixas que nos sulfetos do minério bandado. Schorscher et al. (1991) já havia salientado várias gerações distintas (pelo menos 3) de Au e também de arsenopiritas na mina São Bento. Fato interessante que tem sido observado ao longo da história recente da mina São Bento é a abundância crescente de zonas remobilizadas nos níveis mais profundos (níveis 18 a 25) do que nos níveis mais rasos (níveis 11 a 16) da mina. Isso levou aqui à interpretação de que a formação ferrífera São Bento, que está em posição invertida (Valladares, 2000; 2004), consistiria no flanco inverso e seria, possivelmente, ligada por uma charneira de dobra sinformal em profundidade à formação ferrífera Barão de Cocais, a NW, que seria o flanco normal. Trabalhos exploratórios em andamento na mina São Bento confirmaram indícios de mineralizações auríferas sulfetadas na BIF Barão de Cocais. A controvérsia singênese versus epigênese sempre foi aventada para a mina São Bento, desde Abreu et al. (1988). Martins Pereira (1995), Lobato et al. (1998 a,b) defendem que a principal fase mineralizante seria arqueana, porém de natureza pós pico metamórfico, apoiados em dados essencialmente estruturais, porém salientam a possibilidade dessa mineralização por remobilização de uma protomineralização sinsedimentar na BIF São Bento. Schorscher et al. (1991), Schorscher e Valladares (2001), Valladares (2000, 2004) e de Witt et al. (1994, 2004) apresentam evidências singenéticas através de dados geoquímicos e microgeoquímicos, incluindo padrões de terras raras. Esses estudos mostram que a mineralização e os BIF estéreis (magnetíticos) são de origem semelhante e indicam que a deposição da mineralização aurífera ocorreu em sincronia com a sedimentação química das formações ferríferas.

A mina Morro Velho, conforme Ladeira (1980, 1988 e 1991), juntamente com as minas Bicalho (Vial, 1980a), Honório, Faria (Moreschi, 1972) e Raposos (Godoy, 1994), têm contexto geológico semelhantes entre si e localizam-se no distrito de

Nova Lima-MG, na porção NW do *greenstone belt* Rio das Velhas. Os BIF e a formação Lapa Seca (rocha de quartzo-ankerita-dolomita maciça ou xistosa, de fato, BIF de fácies carbonato) que contêm as mineralizações auríferas mostram-se em situação estrutural distinta das mineralizações da borda NE do Q.F. Porém, o ouro natural da mina de Morro Velho (dados de Ladeira 1991) mostra populações Au-Ag muito semelhantes às da mina do Pari, a despeito do grau metamórfico ser mais baixo (Figuras 77 e 78). Dados de geotermometria da mina Raposos (Godoy, 1994) indicam temperaturas intermediárias entre as das minas São Bento e Pari. Neste caso, suspeita-se também de efeitos de múltiplos estágios no distrito de Nova Lima, com remobilização do Au e sulfetos em condições metamórficas intermediárias (xisto verde médio, zona da biotita), muito provavelmente, devido ao condicionamento estrutural, o qual permitiu a formação de zonas de fraqueza E-W em charneiras de dobras, condicionando baixa pressão litostática e alta pressão de fluidos. Assim, como foi observado na Mina São Bento, ainda que em situações restritas a locais específicos de charneiras de dobras rompidas, possivelmente a mineralização por remobilização, na região de Nova Lima também ocorreria em temperaturas mais baixas.

Sobre a metalogênese dos depósitos auríferos no distrito de Nova Lima existem duas principais correntes de pensamento: uma advogando processos singenéticos sinsedimentares, fundamentada por Ladeira (1980), e a outra processos hidrotermais-orogênicos, defendida por Lobato et al. (1998 a,b), Viera (1988 e 1991) e Vial et al. (1987).

No Brasil, da mina de Crixás, foram descritas condições metamórficas semelhantes às da mina do Pari, porém, segundo Thomson (1991) e Magalhães & Nilson (1993a), a mineralização associar-se-ia a um evento retrometamórfico que gerou alteração nas fases minerais de maior temperatura como, por exemplo, nas granadas e estaurolitas. Estudos mais recentes detalhados por Petersen Jr (2003), na mina de Crixás, mais precisamente no Corpo IV, petrográficos e geotermobarométricos, mostraram que a mineralização se associa a um evento antigo D1 ($T=225$ a 350°C , $P=2-4,2\text{kb}$, interpretado como paleoproterozóico), que foi remobilizada intensamente num evento D2 ($T=425$ a 475°C , $P=5,8$ a 10kb) com a formação de granada e biotita, e também afetada por um evento final D3 ($T=225$ a 325°C , $P=0,5$ a $1,2\text{kb}$). No evento final (D4), considerado neoproterozóico, houve a reestruturação dos corpos mineralizados por cisalhamentos, que, porém, não remobilizaram o Au.

Figura 77: Diagrama de Composição do ouro natural (% atômica) da mina de Morro Velho. Distribuição em duas populações (dados de Ladeira, 1988). No canto superior direito da figura apresenta-se a relação Au/Ag.

Figura 78: Diagrama de Composição do ouro natural (% atômica) da mina do Pari. Distribuição em duas populações composicionais e texturais (Livre e incluso) (dados de Schorscher e al. (1991), in Abreu, (1995). No canto superior direito, da figura apresenta-se a relação Au/Ag

Aspectos metalogenéticos do ouro relacionados a processos de retrometamorfismo em rochas de fácies anfibolito também foram descritos da mina de Ouro Fino, de Riacho dos Machados, localizada no norte do Estado de Minas Gerais (Fonseca et al., 1991), onde a mineralização está contida em quartzo-muscovita xistos e as encaixantes são metassedimentos com granada e estaurolita. Na mina do Pari, entretanto, os efeitos petrográficos de retrometamorfismo são muito fracos a ausentes, tanto nos minérios quanto nas rochas encaixantes e/ou associadas da seqüência metavulcano-sedimentar. Quando muito, ocorrem remobilizações menores e sem importância metalogenética.

Mundialmente, existem diversas mineralizações de Au que se assemelham à mina do Pari.

No Kolar Gold Field, Índia, Narayanaswami et al. (1960) descrevem mineralizações muito semelhantes ao Pari quanto ao grau metamórfico e às características petrográficas das principais litologias. No entanto, ocorrem dois tipos principais de mineralização. O economicamente mais importante, denominado tipo Champion, consiste de veios de quartzo com raros sulfetos e carbonatos (Narayanaswami et al. (1960) e Hamilton & Hodgson (1987), associados a zonas de cisalhamento dúctil-rúptil, sendo epigenéticos. Os minérios do tipo Champion correlacionar-se-iam, na mina do Pari, ao tipo subordinado de mineralização, encontrado no veio de quartzo da unidade C. O segundo tipo de Kolar, chamado de Oriental, constitui-se em mineralizações sulfetadas, semelhantes à mineralização principal do Pari, e estudos termodinâmico-metalogenéticos em sulfetos (Anil et al., 1991) têm encontrado evidências indicando a formação/deposição sinvulcânica dos protominérios dessas mineralizações em temperaturas próximas a 320°C.

As minas de Campbell e Dickenson, no distrito de Red Lake, Canadá, são outros exemplos de mineralizações bastante semelhantes à mina do Pari. Encontram-se encaixadas em rochas metavulcânicas básicas e possuem paragêneses de minerais de ganga e de minérios análogas.

MacGeehan & Hodgson (1980) descreveram regionalmente três eventos de formação de sulfetos e conseqüente mineralização aurífera os quais seriam, inicialmente, vulcano-exalativos e metamórficos, nos tempos finais de geração dos depósitos.

Em estudos mais recentes, Mathieson & Hodgson (1984) levantaram aspectos, indicando que o evento metamórfico-deformacional final foi preponderante na gênese e caracterização da mineralização. Mostraram que as encaixantes alteradas

hidrotermalmente sofreram lixiviação de Na e Mg, e enriquecimento em Fe, Mn e Ca, diferentemente do que ocorre nas encaixantes do minério da mina do Pari.

A tendência de autores que trabalham sobre a metalogênese do ouro em terrenos de tipo *greenstone belt* arqueanos como, por exemplo, Kerrich (1983) ou Phillips & Groves (1993), Goldfarb et al. (2001), Fyon et al. (1988) e Colvine (1989), entre muitos outros, é de defender o modelo metamórfico para a gênese dos depósitos, argumentando que nas zonas mais profundas (das "raízes") desses terrenos haveria lixiviação de Au e outros elementos, seguida de transporte para níveis crustais mais rasos e redeposição nos terrenos de mais baixo grau.

Assim, de um modo geral, processos de natureza epigenética para a geração dos depósitos auríferos nos terrenos *greenstone belt* arqueanos são defendidos pela maioria dos autores nos seus trabalhos mais recentes (cf.: Boyle, 1979, 1987; entre outros).

Outros autores, representados por Hutchinson (1973, 1993), Fyfe & Kerrich (1984) e Oberthür et al. (1990), entre outros e, no Brasil, por exemplo, por Ladeira (1980), Schorscher et al. (1982, 1986, 1991), e, mais recentemente, de Wit (2004), divergem dessa tendência, defendendo processos singenéticos, vulcano-exalativos, vulcano-sedimentares e/ou sedimentares para a formação de determinados tipos de depósitos auríferos.

No caso da mineralização de ouro da mina do Pari, nota-se que uma série de processos diferentes contribuíram e influenciaram na constituição do depósito. Há os efeitos tectono-metamórficos predominantes da principal orogênese que afetou toda a região da borda SE do Cráton do São Francisco, de idade paleoproterozóica superior (Schorscher, 1992; Noce, 1995; Teixeira et al., 1996 e 2000). O metamorfismo regional foi de fácies xistos verdes superior transicional para anfibolito (subfácies epidoto-anfibolito) e, claramente, posterior em relação à origem (primária) dos protominérios e minérios do Pari. O metamorfismo afetou os minérios de formas múltiplas: texturalmente, por cristoblastese, recristalização e neocristalização metamórfica, causando a liberação e o crescimento granulométrico relativamente grosso da maior parte do ouro e, composicionalmente, por reequilibração geoquímica e o decorrente aumento do teor de Au na sua liga Au-Ag natural.

Na análise da deformação tectônica nota-se sempre e de forma bilateral-simétrica em relação ao horizonte do minério, a foliação mais forte das encaixantes imediatas da mineralização. Seguem-se os anfibolitos da seqüência vulcano-sedimentar com deformação mais fraca e, por último, os próprios minérios sulfetados com ouro, onde a foliação (principal) é mínima, passando, localmente, a imperceptível. Esses

exibem, ainda, relações de intensidade da foliação principal (S_n) inversamente proporcionais aos teores totais de sulfetos, principalmente, quando predomina a arsenopirita.

Fica assim evidente que, analogamente ao metamorfismo, a deformação principal também se superimpôs a uma seqüência litologicamente heterogênea, sedimentar ou metassedimentar (de grau mais fraco em relação ao metamorfismo regional principal), compreendendo os minérios sulfetados de ouro, como o horizonte mais litificado e competente.

As condições termais, conforme indicadas pelos dois tipos texturais diferentes de arsenopiritas e as composições das ligas naturais de ouro dos minérios do Pari, caracterizam duas gerações geneticamente distintas de arsenopiritas e, pelo menos, três gerações texturais de ouro.

A segunda geração de arsenopiritas metamórficas do Pari ocorre ou em cristais individuais idiomórficos, pobres ou isentos de inclusões, ou ainda como bordas de crescimento idioblásticas, também sem inclusões, sobre restos, preservados como núcleos em seu interior, de arsenopiritas da primeira geração, ricas em minúsculas inclusões de outros sulfetos, ouro e minerais de ganga. As composições do ouro do Pari, quando incluso em arsenopiritas ou na forma livre, variam dentro da mesma faixa composicional, bastante estreita, notando-se ainda uma leve, mas nítida tendência a uma maior pureza do ouro livre (Figura 78). Essa faixa é a mesma mostrada também pelo ouro incluso nas piritas (metamórficas) e o raro ouro livre de São Bento, assim como pelo ouro livre de Bahú e no Grupo Quebra Osso, na pedreira Micon, representando ouro metamórfico mais puro, com teores mais elevados de Au na liga (80-90%-atômicos), se comparado com o ouro incluso nas arsenopiritas de São Bento, que varia tendo 65-70%-atômicos de Au na liga natural (Figuras 79 e 80).

Fica evidente, assim, que o modelo metalogenético de multi-estágios (e multi-processos) é o que melhor se adequa às características da mineralização aurífera da mina do Pari. Esse modelo, desde Hutchinson & Burlington (1984), é aplicado para explicar muitas mineralizações associadas a metassedimentos químicos arqueanos (por ex.: Oberthür et al., 1990; entre outros) e foi, mais recentemente, rerepresentado e complementado com dados novos por Hutchinson (1993).

Com base nesse modelo, considera-se o depósito aurífero do Pari como sendo de características primárias vulcano-exalativas, singenético-sinsedimentar quanto à gênese dos protominérios e/ou minérios, proximal em relação ao foco magmático das rochas basálticas de fundo oceânico associadas no Grupo Nova Lima do

Figura 79: Diagrama de Composição do ouro natural (% atômica) da mina da mina São Bento de inclusões de arsenopirita (dados de Schorscher e al. (1991), in Abreu, (1995)). No canto superior direito da figura a relação Au/Ag.

Figura 80: Diagrama de Composição do ouro natural (% atômica) da mina do Bahú (Amostras 52 a 64) e pepita de Au em veio de magnesita da Pedreira Micon (Amostra 7M) Gr. Quebra Osso. Observar a distribuição em uma classe apenas (Au livre) (dados de Schorscher e al. (1991), in Abreu, (1995)) e a relação Au/Ag.

greenstone belt arqueano Rio das Velhas. A mineralização primária e seu contexto litológico da seqüência vulcano-sedimentar sofreu, posteriormente, processos termotectônicos e hidrotermais relacionados, no mínimo, aos três ciclos orogênicos principais que afetaram a região da borda E-SE do Cráton do São Francisco: o primeiro, final da evolução *greenstone belt* arqueana do SGr. Rio das Velhas; o segundo proterozóico inferior, incluindo o principal evento metamórfico regional dínamo-termal, final do Ciclo Minas/Espinhaço (Schorscher, 1992) ou Transamazônico (Noce, 1995); e o terceiro proterozóico superior do Ciclo Brasileiro. Predominantemente o principal evento metamórfico regional progressivo enobrecceu as características mineralógicas e texturais dos minérios pela recristalização/reconstituição dos sulfetos a liberação e o crescimento granulométrico dos grãos de ouro, aliados ao enriquecimento do Au na liga natural Au-Ag do metal nobre. As transformações mineralógicas e os respectivos transportes geoquímicos metamórficos, entretanto, ocorreram tanto nos minérios de ouro quanto nas rochas encaixantes e associadas à mineralização, praticamente in situ, sem causar maiores dispersões e/ou contaminações nos conjuntos petro-metalogenéticos estudados.

Capítulo VIII: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

VIII.1 Considerações Geológicas e Metalogenéticas Fundamentais

A natureza policíclica da região NE do Quadrilátero Ferrífero, as principais estruturas deformacionais indicando cinemáticas ortogonais, as diversas idades geocronológicas características na porção sul do Cráton do São Francisco como um todo, e compreendendo a quadricula de Florália extensões do Supergrupo Rio das Velhas, contendo várias mineralizações auríferas associadas aos BIF tipo algoma arqueanos, evidenciam, por si só, a influência de diversos eventos termo-tectônicos relacionados aos principais ciclos orogênicos regionais e que, conseqüentemente, também geraram e afetaram as mineralizações auríferas. Os diversos estudos sobre a metalogênese do Au das minas do Pari e São Bento convergem no sentido de origens sinsedimentares de suas mineralizações, salientando assinaturas singenéticas, mesmo que de protominérios pré-existentes aos eventos termo-tectônicos registrados em suas litologias (Abreu A. et al., 1988; Schorscher et al., 1991; Abreu G., 1995; Martins Pereira, 1995; de Witt et al., 1998, 2004; Valladares, 2000, 2004).

No Quadrilátero Ferrífero ocorrem diversas mineralizações auríferas arqueanas, hospedadas em BIF tipo algoma, sendo a grande maioria dessas minas em fácies xisto verde, ou seja, em grau metamórfico mais baixo que Pari. Os efeitos multi-estágios nessas mineralizações auríferas não são referendados pela maioria dos autores. Porém, alguns dados extraídos da literatura podem ser reinterpretados como efeitos de diversos processos posteriores à deposição principal da mineralização.

Os estudos realizados permitem algumas conclusões que confirmam a proposta inicial do trabalho. Pode-se observar e caracterizar mais de um processo que afetou a mineralização aurífera da mina do Pari, e que tais processos, por suas relações geotectônicas regionais, também devem ter afetado as demais mineralizações auríferas arqueanas próximas, assim como do Quadrilátero Ferrífero, em geral. Porém, a quantificação mais precisa de cada um desses estágios é muito mais complicada. Hoje são observados, principalmente, os resultados finais de diversos processos que atuaram na mesma região, sobretudo dos eventos mais marcantes e/ou finais. Somente trabalhos ainda mais detalhados, objetivando a busca de locais

ainda mais preservados, típicos de alguns desses processos, poderão contribuir para equacionar melhor as influências qualitativas e quantitativas de cada um dos eventos envolvidos. Porém, para tais estudos, é imprescindível dispor de mapas litotectônicos de detalhe e amostragens específicas representativas de cada uma das possíveis fases.

As mineralizações auríferas em BIF tipo algoma arqueano são comuns nos mais diversos *greenstone belts* mundiais. Crocket (1991) salienta que as formações ferríferas tipo algoma mostram as principais anomalias de Au em rochas da crosta, principalmente naquelas de idade arqueana, com uma média de 38 ppb de Au. Em sua listagem, compilou dados de diversos *greenstone belts* dos escudos Canadense, da África do Sul e da W-Austrália. Um estudo sistemático de avaliação dos BIF do Q.F. ainda não foi feito. No entanto, nos relatórios internos da UNAMGEN Min. e Met. S.A. consta que quase todas as formações ferríferas da quadrícula de Florália, inseridas dentro da seqüência do Supergrupo Rio das Velhas, mostram anomalias de 0,1 a 0,7 ppm de Au (Schorscher, 1988b; Abreu, G. 1995).

Muitos autores advogam a baixa potencialidade aurífera de terrenos de médio e alto grau metamórfico (Phillips & Groves, 1983; Phillips, 1985; Groves & Batt, 1984; Hodgson, 1989 e 1993; Lobato et al., 1998a,b), baseando-se em modelos metamórficos e/ou hidrotermais de lixiviação de vários elementos inclusive dos metais nobres das zonas mais profundas e de maior grau metamórfico da crosta. Esses modelos metamórficos (Kerrick et al. 1983, Groves et al., 1987) e de desvolatilização de crosta (Colvine et al., 1984), bem como o modelo mais moderno de "*orogenic gold*" (Goldfarb et al., 2001), desconsideram os terrenos de médio e alto grau metamórficos como potenciais de mineralizações auríferas de grande porte/classe mundial, a despeito dos exemplos existentes (comentados a seguir). Assim, muitas vezes, acabaram desencorajando investimentos em prospecção e pesquisa, quando, de fato, ainda falta muito a fazer nesses terrenos, sobretudo no Brasil, a começar pela geologia básica de campo e por trabalhos de reconhecimento litológico e geoquímico.

Muitos dos terrenos *greenstone belt* mundialmente conhecidos contêm mineralizações auríferas econômicas em áreas de médio a alto grau metamórfico, várias destas sustentando minas de ouro de classe mundial, a exemplo de Hemlo, no *greenstone belt* de Wawa (Mason, 1995; Kuhns et al., 1986), Dickenson e Campbell, no distrito Red Lake, Canadá; Renabie, Lennox, Bar 20 e Remco no

Zimbabwe (Fripp, 1976a,b; Tabert, 1987, Oberthür et al., 2000), além de diversas minas no *Kolar Gold Field*, na Índia (Narayanaswami et al., 1960). No Brasil, também ocorrem várias minas de Au em grau médio, a exemplo de Fazenda Brasileiro, em Teofilândia, Bahia (Alves da Silva et al., 1998; Nascimento et al. 1998; Geraldés et al., 2000) e Riacho dos Machados, Minas Gerais (Fonseca et al., 1991), entre outras.

Nesse quadro, considera-se a mina do Pari caracterizada como uma mineralização aurífera arqueana, hospedada num domínio de rochas metavulcânicas básicas, toleíticas de fundo oceânico. O minério de ouro da mina do Pari caracteriza-se como típica formação ferrífera algoma vulcanogênica mista, com predominância da fácies sulfeto (arsenopirita e pirrotita), encaixada em xistos e anfibolitos que sofreram processos de alteração de fundo oceânico e transformações posteriores por processos termo-tectônicos, orogênicos superimpostos, arqueanos, paleo e neoproterozóicos.

VIII.2 Conclusões do Estudo

- No contexto geológico do Grupo Nova Lima na quadrícula Florália (1:25.000), as subunidades litoestratigráficas informais B, C e D e a mineralização aurífera da mina do Pari, mostram continuidade desde o morro do Pari, como local da mina homônima, até pouco a norte da mina do Gambá, numa extensão de cerca de 5 km. Nesta porção, há continuidade mapeável do Grupo Quebra Osso em posição normal na base da seqüência do Gr. Nova Lima, aqui formado por anfibolitos de basaltos toleíticos de fundo oceânico. As mineralizações auríferas hospedam-se em BIF do tipo algoma vulcanogênicos de fácies mista predominando sulfeto, posicionadas no contato entre pacotes de derrames metabásicos (anfibolitos) das unidades B e C do Gr. Nova Lima.

- Sob aspectos petrográficos, as paragêneses de silicatos e sulfetos dos minérios à base de granada + grunerita + biotita e de arsenopirita + pirrotita (sem pirita), são indicativos da fácies xisto verde superior transicional à fácies anfibolito como o grau metamórfico máximo atingido na região. Este evento metamórfico regional principal superpõe-se à mineralização aurífera sulfetada preexistente e já metamórfica por um evento anterior mais fraco, como indicam grãos de ouro incluídos em granadas, e estruturas e texturas palimpsésticas de uma foliação tectono-metamórfica pretérita (Sn-1).

- As demais ocorrências auríferas da quadrícula de Florália semelhantes à mina do Pari, Pari Norte, Patrimônio e Gambá foram reconhecidas por mapeamento geológico e petrografia macroscópica de campo, sendo continuações do Horizonte Pari, da mina objeto central desta pesquisa.
- A litogeoquímica classificou os principais anfibolitos do morro do Pari como metabasaltos toleíticos, indicando, ainda, que principalmente aqueles associados à base da mineralização aurífera sofreram processos mais fortes de alteração de fundo oceânico, do tipo espilitização, evidenciados por teores de Na e Mg contrastantes entre a lapa e a capa da mineralização.
- Os padrões da evolução geoquímica nas rochas da lapa e da capa da mineralização, como verificados, por exemplo, em diagramas do tipo Harker e perfis geológico-geoquímicos (estratigráficos), mostram quase sempre caminhos distintos e até opostos, que claramente contradizem os modelos simplificados de alterações hidrotermais por fluidos metamórficos associados a zonas de cisalhamento.
- Os ETR também mostraram distinções entre as rochas da lapa e da capa; já na mineralização aurífera do Pari aproximam-se bastante de padrões de BIF sulfetados de Isua e, principalmente, de BIF vulcanogênicos mistos tipo Socoman *iron formation*.
- Cálculos de balanços de massa para os anfibolitos e xistos encaixantes próximos da mineralização mostraram que trocas inversas teriam ocorrido na capa e na lapa. Os efeitos de espilitização são mais marcantes na lapa que na capa. A capa da mineralização deve ter sido afetada por soluções ascendentes, expelidos por compactação durante a diagênese da BIF aurífera do Horizonte Pari.
- A química mineral das biotitas e dos anfibólios mostrou nítida separação por unidades litoestratigráficas identificadas. Esses minerais são também distintos entre as encaixantes da lapa e da capa da mineralização, sugerindo protolitos pré-metamórficos de composições diferentes.
- A geotermometria com base em química mineral para a mina do Pari indicou temperaturas variadas, conforme o método utilizado e o litotipo. Na mineralização, as temperaturas médias obtidas pelos geotermômetros de Granada-Anfibólio e Granada-Biotita em centros e bordas de grãos são de 445 e 493°C,

respectivamente. O geotermômetro de pirrotita, no minério, apresentou temperaturas médias mais altas, próximas às obtidas nos sulfetos maciços do Grupo Quebra Osso. O Geotermômetro da arsenopirita indicou temperaturas entre 495 e 555°C, respectivamente para centros e bordas. Comparando-se aos dados de Schorscher et al. (1991), as temperaturas do minério da mina do Pari são compatíveis com as condições metamórficas regionais. Há diferenças de temperaturas ascendentes dos núcleos às bordas dos minerais, bem como entre arsenopiritas da primeira ($T \sim 495^\circ \text{C}$) e da segunda geração ($T > 500^\circ \text{C}$), compatíveis com um processo de metamorfismo regional progressivo.

- Na mina São Bento, de forma geral, foram obtidas temperaturas mais baixas, condizentes com a fácies xisto verde (300 a 410°C). No entanto, as arsenopiritas dos minérios bandados apresentam temperaturas maiores (340 a 410°C) que as dos minérios discordantes (remobilizados) (300 a 390°C). Isso indica, que as fases remobilizadas associadas a processos rúpteis (como charneiras de dobras rompidas) e sem foliação evidente, são mais tardias, pós pico tectono-metamórfico em relação ao evento regional principal.

- As ligas naturais de Au apresentam uma relação direta entre sua pureza (*fineness*) e o grau metamórfico regional progressivo, sendo notáveis as diferenças entre as ligas naturais Au-Ag das minas do Pari e São Bento.

- O modelo evolutivo proposto para a mineralização da mina do Pari inclui as seguintes fases:

1-Pré-minério: vulcanismo basáltico toleítico de fundo oceânico.

2-Deposição de Au e sulfetos diversos, juntamente à formação ferrífera tipo algoma em período de calmaria vulcânica, por processos sedimentares hidrotermais-exalativos. Durante a deposição da BIF já ocorreram processos de contaminação das rochas da lapa, enriquecendo-as em SiO_2 e Fe, eventualmente associadas a processos de espilitização dos derrames basálticos subjacentes.

3-Erupção de novo derrame toleítico sobre a BIF aurífera. Neste ocorreram processos magmáticos cumuláticos, conforme indicam amostras da base do derrame, enriquecidas em Mg, Ni e Cr.

4-Metamorfismos e deformações por eventos orogênicos superimpostos dos ciclos Rio das Velhas – arqueano, Minas/Espinhaço (ou Transamazônico) – paleoproterozóico superior, e Brasiliano – neoproterozóico superior a eopaleozóico (o Ciclo Uruaçuano – mesoproterozóico, não está confirmado na região estudada),

que modificaram a forma original dos corpos mineralizados e causaram a destruição parcial de assinaturas geoquímicas sedimentares vulcano-sedimentares e/ou magmáticas primárias e de alterações de fundo oceânico.

5-Como resultados dessa evolução, existem na região estudada 5 áreas principais com mineralizações de ouro confirmadas (além de outras ocorrências menores, sem dados confiáveis) representando um potencial de reservas de minérios de ouro avaliado nesse trabalho, com cálculos estimativos, a totalizar 1,15 Moz (milhões de onças), ou seja, cerca de 44 toneladas de Au.

VIII.3 Algumas Recomendações para a Exploração Mineral

- Terrenos de médio e alto grau metamórficos podem ser tão potenciais para mineralizações auríferas quanto os de baixo grau. Parece haver uma relação estatística direta entre mineralizações de Au e áreas de ocorrência de rochas supracrustais de *greenstone belts* arqueanos no mundo e no Brasil. Muitos autores e também empresas de exploração consideram áreas de médio e alto grau metamórfico como de baixo potencial para depósitos de ouro de portes maiores, com base em modelos teóricos; a realidade da mineração, porém, mostra muitas minas de Au de classe mundial, cujos minérios e litologias hospedeiras encontram-se em grau médio a alto.
- Processos tectono-metamórficos podem alterar os padrões morfológicos e geoquímicos das mineralizações auríferas, mas não necessariamente são processos metalogenéticos exclusivos, nem sequer preponderantes.
- Na quadrícula de Florália existem diversas ocorrências auríferas; dessas, somente a mina do Pari foi investigada até certa profundidade. As reservas da mina do Pari e das mineralizações associadas na continuação para N do Horizonte Pari foram aqui estimadas em cerca de 44 t de Au. Isso abre oportunidades novas de prospecção e pesquisa para o ouro, tanto na quadrícula Florália, quanto em outras partes do Sgr. Rio das Velhas no Quadrilátero Ferrífero, bem como em outros *greenstone belts* do Brasil.
- Processos tectono-metamórficos mais vigorosos, além de modificarem aspectos primários das mineralizações arqueanas, podem transformá-las, dando-lhes características metalúrgicas melhores quanto à granulometria, ao grau de liberação e à pureza do ouro, agregando valores econômicos decisivos em depósitos,

outrossim limítrofes ou não-econômicos, e valorizando ainda mais os depósitos e as jazidas de qualidade.

IX- Referências Bibliográficas

- ABREU, A.S., DINIZ, H.B., PRADO, M.G.B., SANTOS, S.P. (1988): Mina de ouro de São Bento, Santa Bárbara, Minas Gerais. In: Schobbenhaus, C., Coelho, C. E.S. (Eds.): Principais depósitos minerais do Brasil, metais básicos não ferrosos, ouro e alumínio, 3: 393-411.
- ABREU, G.C. (1991): Estudo Comparativo entre as alterações hidrotermais da Mina do Pari, Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil e Mina Dickenson (Red Lake-Canadá) – Seminários Gerais de pós-grad. (nív. Mestrado): 15pp., IG-USP (inédito).
- ABREU, G.C. (1995): Geologia e Metalogênese do Ouro da Mina do Pari, NE do Quadrilátero Ferrífero-MG. Diss. Mestrado, 162pp., ilustr., IG-USP, São Paulo.
- ABREU, G.C. (1996): Ouro da Mina do Pari. In. SBG, 39º Congr. Bras. Geol., Vol. 3, pg. 117, Salvador.
- ABREU, G.C., SCHORSCHER, J.H.D. (2001): Metalogênese do Au da Mina do Pari, NE do Q.F., MG. An. VII Simp. De Geol. Do SE, Rio de Janeiro, v. (1), Sessão poster.
- ABREU, G.C., SCHORSCHER, J.H.D. (2001): Gold Metallogenesis at the Pari Mine, NE-Quadrilátero Ferrífero, MG – Brazil. Annals of Brazilian Academy of Sciences, 74(3): 539. Summ. Commun.
- ABREU, G.C., QUEIROGA, N.C.M., SCHORSCHER, J.H.D. (1987): Relatório de mapeamento geológico e levantamentos detalhados de campo (esc. 1:10.000) na região de Florália, MG – Relatório de Pesquisa CNPQ (Proc. 40.4377/85), IG-USP.
- ALKMIN, F.F., MARSHAK, S., EVANGELISTA, H.J. , BRUECKNER, H. (1994): Manifestações do evento Transamazônico no Quadrilátero Ferrífero. In: 38º Cong.Bras.Geol., Camboriú, Anais..., SBG, 1:75-76.
- ALMEIDA ABREU, P.A., PFLUG, R. (1994): The geodynamic of the southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. Zbl. Geol. Paläont. Teil I, 1993 (1/2):21-44. Stuttgart.
- ALMEIDA, F.F.M. (1976): Estruturas do Pré-Cambriano Inferior Brasileiro. - In: 29º Cong. Bras. Geol, Resumos: 201-202, SBG, Ouro Preto/Belo Horizonte.
- ALVES, M.G. (1986): Utilização de sensoriamento remoto na obtenção de dados lito-estruturais em trabalho geológico de detalhe na região NE do Quadrilátero Ferrífero (MG). - Dissertação de Mestrado, INPE (SERE), São José dos Campos.

- ALVES, J.V. (1995): Estudos das Inclusões fluidas em veios de Quartzo da Mina de Ouro de São Bento, Santa Bárbara, MG. Belo Horizonte, IGc – UFMG, Diss. Mest., 99p.
- ALVES, J.V., FUZIKAWA, K., LOBATO, L.M., DANTAS, M.S.S., CORNELISSEN, M.G.(1996): Determinação quantitativa dos componentes da fase carbônica das inclusões fluidas aquo-nitro-carbônica da mina de ouro de São Bento, Santa Bárbara, MG. SBG, 39º Cong. Bras. Geol, Salvador, 7: 467-470.
- ALVES da SILVA, F.C. (1994): Étude Structurale du Greenstone belt Paleoproterozoic du Rio Itapicuru (Bahia, Brésil). Importance des granitoides syntectoniques, controle des mineralizations auriferes et evolution geodinamique Transamazonienne (~2.0 Ga) du Craton du São Francisco. Université d'Orleans. France. Doct. Thesis, 338 p.
- ALVES da SILVA, F.C., CHAUVET, A., FAURE, M. (1998): General features of the gold deposits in the Itapicuru Greenstone Belt (RIGB, NE Brazil), Discussion of origin, Timing and tectonic model. Rev. Bras. Geoc., 28(3): 377-390.
- AMARAL, G. , MATTOS, J.T., ALMEIDA FILHO, R., CUNHA, J., PARADELLA, W.R. (1976): Carta Geológica ao Milionésimo da folha Belo Horizonte. In: 29 Cong. Bras. Geol., Ouro Preto, Anais, V.4:229-238.
- AMSTUTZ, G.C., ed. (1974): Spilites and Spilitic Rocks. Springer-Verlag, Berlin, 482p.
- BABINSKI, M., CHEMALE, F, SCHUMUS, W.R. (1991): Geocronologia Pb/Pb em rochas carbonáticas do Supergrupo Minas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: Cong.Bras.Geoq., 3. São Paulo, SBGq. 2: 628-630.
- BABINSKI, M., CHEMALE, F., SCHUMUS, W.R. (1995): The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Prec. Res., 72: 235-245.
- BAMBA, T. (1974): A Series of magmatism Related to the Formation of Spillite. In: Amstutz, G.C.(ed.) *Spilites and Spilitics Rocks*, Springer-Verlag, 482p.
- BARBOSA, A.L.M. (1969): Geology of Mariana and Ouro Preto Quadrangles. In: DORR, J.V.N. (1969): Physiographic , stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. - USGS Prof. Pap. 641-A, 110pp., Washington.
- BARBOSA, O. (1954): Évolution du géosynclinal Espinhaço. - In: 19th Inter. Geol. Cong., Sec. XIII, 2. part., Fascicule XIV: 17-36, Alger.

- BARBOSA, M.P. (1988): Estudo do posicionamento genético das feições geológicas da região do Espinhaço Meridional e adjacências(MG). Tese de Doutorado(ined.), 237p., mapas-IG-USP, São Paulo.
- BARTON, P.B. (1969): Thermochemical study of the system Fe-As-S. *Geoch. Cosmoc. Acta* 33: 841-857.
- BARTON, P.B., SKINNER, B.J. (1979): Sulphide Minerals stabilities. In: BERNES, H.L. (ed.) *Geochemistry of hydrothermal Ore Deposits*. John Wilkey and Sons, 1979, p.278-403.
- BAUGARTNER, L.P., OLSEN, S.N. (1995): A Least-Squares Approach to Mass Transport Calculations Using the Isocon Method. *Economic geology*, 90: 1261-1270.
- BELO de OLIVEIRA, O. A. (1986): As falhas de empurrão e suas implicações na estratigrafia e metalogênese do Quadrilátero Ferrífero. In: SBG, Congr. Bras. Geol. , 34, Goiânia, Anais, 2: 1074-1087.
- BENEVIDES, T. (2003): Geotermobarometria e Evolução metamórfica do Segmento Central do Grupo Dom Silvério, MG. Diss. Mestrado, IGc-USP, São Paulo, 116p., anexos
- BRITO NEVES, B.B, CORDANI, U.G., KAWASHITA, K., DELHAL, J. (1979): A Evolução Geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: Dados Novos e Integração. *Rev. Bras. Geoc.*, 9 (1): 71-85.
- BOYLE, R.W. (1987): *Gold: History and Genesis of Deposits*. Van Nostrand Reinhold, New York, 676p.
- CABRI, L.J., NEWVILLE, M., GORDON, R.A., CROZIER, E.D., SUTTON, S.R., McMAHON, G., JIANG, D.T (2000): Chemical speciation of gold in arsenopyrite. *Canad. Mineral.* 38: 1265-1281.
- CALÓGERAS, J.P. (1904): *As minas do Brasil e sua legislação*. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional. 3v., 627p.
- CARNEIRO, M.A., TEIXEIRA, W. (1992): Discordância de idades radiométricas U-Pb e Rb-Sr no Cráton do São Francisco meridional: evidências a partir do Complexo Metamórfico Bonfim setentrional, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. - In: 37o Cong. Bras. Geol., Resumos: 189-190, SBG, São Paulo.
- 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: II Simp. Cráton do São Francisco, Anais: 70-74, Salvador.

- CASTRO, R.D. (1998): Analogy between Minas Supergroup and Campos Basin stratigraphic sequences. In: XL Cong. Bras. Geol, Belo Horizonte, Anais.
- CORDANI, U.G., MILANI, E.J., THOMAZ FILHO, A., CAMPOS, D.A. (2000): Tectonic Evolution of Southamerica. 31st Intern. Geol. Cong., Rio de Janeiro, 856p.
- CEMIG (1989): Levantamentos Aerofotogramétricos de Minas Gerais. Escala 1:30.000, Minas Gerais, Brazil. Prec. Res. 65: 25-54.
- CHAVET, A., PIAMONTE, P., BARBANSON, L., NEHLIG, P., PEDROLETTI, I. (2001): Gold Deposit Formation during Collapse Tectonics: Structural, Mineralogical, Geochronological and Fluid Inclusion Constraints in Ouro Preto Gold Mines, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. Econ. Geol. 96: 25-48.
- CHEMALE, F. Jr. (1987): Gênese das rochas graníticas do tipo Borrachudos. SBGq, Cong. Bras. Geoquímica, Porto Alegre, 1: 171-186.
- CHEMALE, F. Jr., ROSIÉRE, C.A., ENDO, I. (1994): The tectonic evolution of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Prec. Research, 65: 2-54.
- CHIARINI, A.P. (2001): Geologia da Porção basal do "greenstone belt " de Piunhi – MG. Dissert. Mestrado, Igc-USP, 172p., anexos.
- CHOWN, N'DAH, MUELLER, W.U. (2000): The relation between iron-formation and low temperature hydrothermal alteration in an Archean volcanic environment. Prec. Research 101: 263-275.
- CLARKE, D. (1993): NEWPET. Department of earth Sciences, Memorial University of Newfoundland, Canada.
- CLARK, L.A. (1960): The Fe-As-S system: Phase relation and applications. Econ. Geol. 55, Part I: 1345-1381, Part. II: 1631-1652.
- COLVINE, A.C. (1989): An empirical model for the formation of archean gold deposits: products of final cratonisation of Superior Province, Canada. - Ontario Geol. Survey, Misc. Paper, 37-53.
- COLVINE, A.C., ANDREWS, A.J., CHERRY, M.E., DUROCHER, M.E., FYON, A.J., LAVIGNE, M.J., MACDONALD, A.J., MARMONT, S., POULSEN, K.H., SPRINGER, J.S. and TROOP, D.G. (1984): An Integrated Model for Origin of Archean Lode Gold Deposits: Ontario Geological Survey, Open File Report 5524, 99p.
- COMIG (1994a): Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, 1:1.000.000 – SEME/COMIG, Belo Horizonte.
- COMIG (1994b): Nota explicativa do mapa metalogenético e de ocorrências minerais do Estado de Minas Gerais (1:1.000.000), 97p., SEME-COMIG, Belo Horizonte.

- CONDIE, K.C. (1981): Archean Greenstone Belts. Elsevier, Amsterdam, 434p.
- COSTA SENA, P. (1881): Análise de minérios auríferos de algumas minas de Minas Gerais. - Annaes Escola de Minas de Ouro Preto, 1: 114-117, Ouro Preto.
- COX, K.G., BELL, J.D., PANKHURST, R.J. (1979): Compositional Variation in Magmas. In: Interpretation of the igneous rocks. George Allen & Unwin.
- CRAIG, H. (1953): The geochemistry of the stable carbon isotopes. Geoch. Cosmoc. Acta, 3:53-92.
- CRAIG, J.R and SCOTT, S.D. (1974): Sulfide Phase Equilibria. In: Ribbe, P.H., Ed, (1974), Vol. 1 Chap. 5: Reviews in Mineralogy ("Short Course Notes" – Sulfide Mineralogy). Mineralogical Society of America, p:CS-1-CS-110.
- CROCCO-RODRIGUES, F.R., COSTA, D.I., SOUZA, R.A.C., ROSIÉRE, C.A (1989): Sistemas de cavalcamento do NE do Quadrilátero Ferrífero, MG. SBG, Minas Gerais, 5º Simp. Geol. Minas Gerais, Belo Horizonte, Anais 6-10.
- CROCKET, J.H. (1993): Distribution of Gold in the Earth Crust. In: FOSTER, R.P. (Ed.): Gold metallogeny and exploration, Blackie, London, 1-36.
- DARDENE, M.A., SCHOBENHAUS, C. (2001): Metalogênese do Brasil. Ed. UNB, 392p.
- DAVIES, H.P.K. (1993): Geologia da Quadrícula Bateias, MG. 150p. (Dissertação de Mestrado), IG-USP.
- DAVIES, H.P.K., ABREU, G.C, POHL, L.L., ALVES, M.G., SCHORSCHER, J.H.D.(1994): Geologie des Blattes Bateias – 1:25.000. Östliches Eisernes Viereck, Minas Gerais, Brasilien. In: 14 Geoswiss. Lateinamerika – Kolloquium, Tübingen, Terra Nostra 2/94: 15-16- Alfred Wegener – Stiftung, Bonn.
- DAVIES,H.P.K., SCHORSCHER, J.H.D. (1991): Geologia e mineralizações na Quadrícula a sul da Quadrícula de Florália, Quadrilátero Ferrífero-MG. 1º Rel. Cient. FAPESP, Proc. 89/3836-1, 240p., IG-USP.
- DEER, W.A, HOWIE, R.A, ZUSMANN, J. (1992): An Introduction to the rock-forming minerals (2nd Ed.). Longman, Amsterdam, 696p.
- DERBY, O.A. (1881): Contribuição para o estudo da geologia do Valle do São Francisco. - Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro, 4: 87-119.
- DERBY, O.A. (1906): The Serra do Espinhaço, Brazil. - J. Geol., 14(5): 374-401.
- DE WIT, E., LANDIS, G.P., ZARTMAN, R.E., GARAYP, E., MARTINS PEREIRA, S.L., PRADO, M.G.B., VIEIRA, F.W., THORMAN, C.H. (1994): Isotopic and fluid inclusion data on the age and origin of São Bento and Morro Velho Gold Deposits, Minas Gerais, Brazil. In: USGS, TOTH, M.I., DAY, W.C. (Eds): USGS Reserch and Mineral resources, Part A: Program and Abstracts, C-

- 1103-A, p27-28, Meeting, Ninth V.E. McKelvey forum on mineral and energy resources. Tucson, AZ, USA, Feb/1993.
- DE WIT, E., THORMAN, C.H., LADEIRA, E.A. (2004): Exploration strategies for discovery of syngenetic versus epigenetic gold deposits in the Quadrilátero Ferrífero, Brazil. SIMEX, I Simp. Bras.Explor. Min., Ouro Preto, Sessão poster, Ouro Preto, MG.
- DNPM-CPRM (1996) Projeto Rio das Velhas. Programa de estudos de Distritos Mineiros. Mapa Geológico Integrado (1:100.000), Texto Explicativo, Belo Horizonte, 115p. Anexos.
- 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. - USGS Prof. Pap. 641-A, 110pp., Washington.
- DORR, J.V.N. (1973): Iron Formation in South America. Econ. Geol. 68:1005-1022.
- DORR, J.V.N. (1974): Discussions: "The "consanguineous" origin of a tourmaline-bearing gold deposit: Passagem de Mariana (Brazil). Econ. Geol. 69: 416-422
- DORR, J.V.N., BARBOSA, A.L.M. (1963): Geology and ore deposits of the Itabira Districts, Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Pap. 341-C, 110p., Washington.
- DORR, J.V.N., GAIR, J.E., POMERENE, J.B., RYNEARSON, G.A. (1957): Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero. - DNPM, Div. Fom. Min., Avulso 81, 31pp., Rio de Janeiro.
- DRAKE JR., A.A., MORGAN, B.A. (1980): Tectonic studies in the Brazilian Shield. - USGS Prof. Pap. 1119-B: 1-19, Washington.
- DROOP, G.T.R. (1987): A general equation for estimating Fe³⁺ in ferromagnesian silicates e oxides from microprobe analysis, using stoichiometric criteria. Mineralogical magazine, 51: 431-437.
- DUSSIN, I.A. (1994): Evolution structurale de la region de l' Espinhaço meridional, bordure sud-est du craton São Francisco, Brésil. 250p. (Tese de Doutorado _ Université D'Orleans)
- DUSSIN, I.A., DUSSIN, T.M. (1995): Supergrupo Espinhaço: modelo de evolução geodinâmica. Geonomos, 3:19-26.
- ESCHWEGE, W.L. (1825): Notícias e reflexões estatísticas a respeito da província de Minas Gerais. Mem. da Acad. Real de Sci. de Lisboa, vol. IX, pp. 1-27.

- Re-edição (1899): Ocorrências e Jazidas de Ouro. - Arch. Publ. Mineiro, col IV, Ouro Preto- Belo Horizonte, pp. 773-762.
- ESCHWEGE, W.L. (1833): Pluto Brasiliensis. – 2 vol., 622pp., G. Reimer, Berlin. (tradução de Figueiredo Murta).
- ENDO, I. (1997): Regimes Tectônicos do Arqueano e proterozóico no interior da placa Sanfranciscana, Quadrilátero Ferrífero e Áreas Adjacentes, Minas Gerais-São Paulo. Ph. D. thesis, IG-USP, São Paulo, 243p.
- ENDO, I., MACHADO, R. (2002): Reavaliação e Novos dados Geocronológicos (Pb/Pb e K/Ar) da Região do Quadrilátero Ferrífero e Adjacências. Rev. Inst. Geoc-USP, Série Cient., v.2: 23-40.
- FAURE, G. (1986): Principles of Isotope Geology., John Wiley & Sons, New York, 2nd Ed. , 589p.
- FERNANDES, M.L.S., MARCIANO, V.R.P.R.O., OLIVEIRA, R.C., CORREIA NEVES, J.M., DILASCIO, M.V.(1995a) Granito Borrachudos: um exemplo de granitogênese. Anorogênese na porção central do Estado de Minas Gerais. Geonomos, v.2, 2:23-29.
- FERNANDES, M.L.S., BILAU, E., CORREIA NEVES, J.M., GIRET, A., COSTA, K.V.(1995b): Estimativa das condições de cristalização do granito borrachudos na região de Dores de Guanhões, MG. SBG, Simp. De Geol. De Minas Gerais, 8, Diamantina. 13: 64-66.
- FERRAND, P. (1894): L'or a Minas Geraes, Brésil. - Imprensa Oficial do Est. de Minas Gerais, Vol. I: 163pp., Vol.II: 141pp.
- FLEISCHER, R. (1971): Le gisement aurifère à tourmaline de Passagem de mariana (Minas Gerais – Brésil) et son cadre. Influence de l' évolution structurale et du métamorphisme sur une minéralisation syngénétique familière. Tese de doutoram., 110 p., Paris.
- FLEISCHER, R., ROUTHIER, P. (1973): The "consanguineous" origin of a tourmaline-bearing gold deposits: Passagem de Mariana (Brazil). Econ. Geol. 69(1): 11-22.
- FOGAÇA, A.C.C., ALMEIDA ABREU, P.A., SCHORSCHER, J.H.D. (1984): Estratigrafia da seqüência supracrustal arqueana na porção mediana-central da Serra do Espinhaço, Minas Gerais – In: 33º Cong. Bras. Geol., Rio de Janeiro- Anais, V.6:2654-2667.
- FONSECA, E., GUIMARÃES, P.J., DUTRA LEAL, E., MEDEIROS SILVA, H. (1991): The Ouro Fino Gold deposit, Minas Gerais, Brazil. In: Ldeira, E.A. (Ed.), Brasil Gold '91, Balkem, Rotterdam, 499-505.
- FOSTER, R.P. (1991): Gold metallogeny and exploration. - 432pp., Blackie, London.

- FOUQUET, Y., STACKELBERG, U.V., CHARLOU, J.L., ERZINGER, J., HERZIG, P.M., MÜHE, R., WIEDICKE, M.(1993): Metallogenesis in Back Arc environments: The Lau Basin example. - *Econ. Geol.* 88: 2154-2181.
- FREYBERG, B.v. (1932): Ergebnisse geologischer Forschungen in Minas Gerais (Brasilien) – *N. Jb. Min., Sonderbd.* 2, 403p.
- FREYBERG, B.v. (1934): Die Bodenschätze des Staates Minas Gerais. 453p. Ed. Schweizerbart, Stuttgart.
- FRIPP, R.E.P. (1976a): Stratabound gold deposits in Archean banded iron formation, Rhodesia. *Econ. Geol.* (71): 58-75.
- FRIPP, R.E.P. (1976b): Gold metallogeny in the Archean of Rhodesia. In: B.F. Windley (Ed.): *The Early History of the Earth*, Wiley, London, 455-466.
- FRYER, B.J. (1983): Rare Earth Elements in Iron-Formation. In: TREND, A.F., MORRIS, R.C., Eds. (1983): *Iron-Formation: Facts and Problems. Developments in Prec. Geology* 6: 345-358.
- FYFE, W.S., KERRICH, R. (1984): Gold: Natural concentration processes. - Pp. 99-127, in R. P. Foster (ed.): *Gold'82*.
- FYFE, W.S., LONSDALE, P. (1982): Ocean Floor Hydrothermal Activity. In Emiliani, C. Ed. *The Sea: The Oceanic Lithosphere*, Vol. 7: 589-638, John Wiley & Sons. New York.
- FYON, J.A., MacDONALD, A.J., MARMONTONT, S., TROOP, D.G. (1988): Shield-wide introduction of gold into archaean crust, Superior Province, Ontario: Coupling between mantle initiated magmatism and lower crustal maturation. - *Geol. Soc. Australia, Abstracts*, 22: 313-318.
- GAIR, J.E. (1958): Age of gold Mineralization at Morro Velho and Raposos Mines, Minas Gerais. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, v. 7 (2): 40-45.
- GAIR, J. (1962): Geology and ore Deposits of the Nova Lima and Rio Acima Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Paper 341-A, 65p.
- GANGULY, J., SAXENA, F.S. (1984): Mixing properties of aluminosilicate garnets: constraints from natural and experimental data, and application to geothermobarometry. *American Mineralogist*, 69: 88-97.
- GERALDES, M.C., ABREU, G. C., PIRES, P.R., MELLO, E., IYER, S. (2000): Sulfur Isotope Characteristics Of Mesothermal Gold Deposits: Results Of An Investigation On Rio Itapicuru Region, Bahia, Brazil. SBG, In: *Simp. Geol. do Nordeste, resumos*, Bol.16, Recife.
- GERMAN, C.R., HERGT, J., PALMER, M.R., EDMOND, J.M. (1999): Geochemistry of hidrothermal sediment core from the OBS vent-field, 21° N East Pacific Rise. *Chem. Geol.* 155: 65-75.

- GODOY, M.A.M. (1995): Caracterização mineralógica do minério, concentrado e rejeito da flotação da Mina São Bento (MG). Inst. Geoc. UNB, M.Sc., Brasília, 204p.
- GODOY, M.L.S. (1994): Evolução tectono-metamórfica da Mineralização Aurífera de Raposos (MG). Inst. Geoc. E Cienc. Exatas, UNESP Rio Claro. M. Sc. 98p.
- GOLDFARB, R.J., GROVES, D.I., GARDOLL, S. (2001): Orogenic gold and geologic time, a global synthesis. *Ore Geol. Reviews*, 18:1-75.
- GOLDMAN, D.S., ALBEE, A.L. (1977): Correlation of Mg-Fe partitioning between garnet and biotite with partitioning between quartz and magnetite. *Amer. Journ. Scienc.*, 277(6): 750-767.
- GORCEIX, H. (1885): Estudos sobre a monazita e a xenotima da Brasil. *Esc. Min. de Ouro Preto. Anais*, 4:29-49.
- GRAHAM, C.M., POWELL, R. (1984): A garnet-hornblende geothermometer: calibration, testing and application to the Pelona Schist, Southern California. *Journ Metam. Geology*, 2:13-31
- GRANT, J.A. (1986): The Isocon Diagram - A simple solution to Gresens' Equations for Metasomatic Alteration. *Economic geology*, 81: 1976-1982.
- GRESENS, R.L. (1967): Compositions-Volume relationships of Metasomatism. *Chemical Geology*, 2: 47-65.
- GROSS, G.A. (1980): A Classification of Iron-Formation Based on Depositional Environments. *Can. Miner.*, 18: 215-222.
- GROSS, G.A. (1986): The Metallogenic Significance of Iron-Formation and Related Stratafer Rocks. *Journ. Geolog. Soc. India*, 28: 92-108.
- GROSS, G.A. (1991): Genetic concepts for iron-formation and associated metalliferous sediments. *Econ. Geol. Monograph* 8, 51-81.
- GROSSI SAD, J.H., CHIODI FILHO, C., SANTOS, J.F., MAGALHÃES, J.M.M., CARELOS, P.M. (1990): Geoquímica e origem da formação ferrífera Guanhões, Distrito de Guanhões, MG, Brasil. In: SBG, Cong. Bras. Geol, 36, Natal, 3: 1241-1253.
- GROVES, D.I., BATT, W.D. (1984): Spatial and temporal variations of Archean metallogenic associations in terms of evolution of granitoid-greenstone terrains with particular emphasis on Western Australia. In: A. Kröner, G.M. Hanson, A.M. Goodwin (eds.): *Archean Geochemistry*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 73-98.

- GROVES, D.I. and FOSTER, R.P. (1991): Archean Lode Gold Deposits. In: FOSTER, R.P. (Ed): Gold metallogeny and exploration, Blackie, London, 63-103.
- GROVES, D.I, PHILLIPS, N., HO, S.E., HOUSTON, S.M., STANDING, C.A. (1987): Craton-Scale Distribution of Archean Greenstone Gold Deposits: Predictive Capacity of the Metamorphic Model. *Economic Geology*, **82**: 2045-2058.
- GUBA, I. (1982): Tektonik, texturen und mineralogie der präkambrischen eisenerze und nebengesteinssrien der lagerstätte Morro Agudo im NE des Quadrilátero Ferrífero/Minas Gerais, Brasilien. Tese de doutorado, Technischen Universität Clausthal, 342p.
- GUARNIERI, L.B. (2003): Geologia Precambriana da Região de Nova Era, Extremo Ne do Quadrilátero Ferrífero – MG. Diss. Mestrado, IGc-USP, 117p, Anexos (Inédito).
- 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. São Paulo, 138p. (Dissertação de Mestrado) – IG-USP.
- GUY, C., DAUX, V., SCHOTT, J. (1999): Behavior of rare earth elements during seawater/basalt interactions in the Mururoa Massif. *Chemical Geology*, **158**: 21-35.
- HAMILTON, J.V., HODGSON, C.J. (1987): Mineralisation and structure of Kolar Gold Field, India. - Pp. 270-283, in: Gold'86.
- HANNINGTON, M.D., SCOTT, S.D. (1988): Gold mineralization in volcanogenic massive sulfides: implications of data from active hydrothermal vents on the modern sea floor. - *Econ. Geol. Monograph*, **6**: 491-507.
- HANCHAR, J.M., HOSKIM, P.W.O. (2003): Zircon. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*. Vol. 53. Min. Soc. Of America and Geoch. Society, 500p.
- HANNINGTON, M.D., HERZIG, P.M. and SCOTT, S.D. (1991): Auriferous Hydrothermal Precipitates on the Modern Seafloor. In: FOSTER, R.P. (Ed.): Gold metallogeny and exploration. Blackie, London, 249-282.
- HARDER, E.C., CHAMBERLIN, R.T. (1915): The Geology of central Minas Geraes, Brazil. - *J. Geol.*, **23**: 341-378 e 385-424.
- HERRMANN, A. G., BLANCHARD, D.P., HASKIN, L.A., JACOBS, J.W., KNAKE, D., KOROTEV, R.L. AND BRANNON, J.C. (1976): Major, Minor and Trace Element Compositions of Peridotitic and Basaltic komatiites from the Precambrian Crust of Southern Africa. *Contrib. Mineral. Petrol.* **59**: 1-12.
- HERZ, N. (1978): Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. - USGS Prof.Pap., 641-C, 81pp., Washington.

- HERZ, N.(1970): Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. - USGS Prof. Pap., 641-B, 58pp., Washington.
- HERZ, N, HURLEY, P.M., PINSON, W.H., FAIRBAIRN, H.W. (1961): Age measurements from a part of the Brazilian Shield. Geol. Soc.Amer., Bull 72:1111-1120.
- HERZIG, P.M., HANNINGTON, M.D. (1995): Polymetallic massive sulfides at the modern seafloor – A review. Ore Geol. Ver. **10** (2) 95-115.
- HERZIG, P.M., HANNINGTON, M.D., FOUQUET, Y., STACKELBERG, U.V., PETERSEN, S. (1993): Gold-rich polymetallic sulfides from the Lau Back Arc and implication for the geochemistry of gold in sea-floor hydrothermal systems of the southwest Pacific. - Econ. Geol., **88**: 2182-2209.
- HODGSON, C. J. (1989): The structure of shear-related, vein tipe gold deposits – A review: Ore Geology Reviews, **v.4** , p. 231-273.
- HODGSON, C. J. (1993): Mesothermal lode-gold deposits. In: Kirkhan et al.(1993): Mineral Deposit Modeling, Geol. Assoc. of Canada, Special Paper **40**: 635-678.
- HUGHES, C.J. (1973): Spillites, keratophyres and the igneous spectrum. geological magazine, 109(6): 513-527.
- HUSTON, D.L., LARGE, R.R (1989): A chemical model for the concentration of gold in volcanogenic massive sulfide deposits. Ore Geol. ver., 4: 171-200.
- HUTCHINSON, R.W. (1973): Volcanogenic sulphide deposits and their metallogenetic significance. Econ. Geol. 68: 1223-1246.
- HUTCHINSON, R.W. (1993): A multi-stage, multi-process genetic hypothesis for greenstone-hosted gold lodes. Ore Geology Reviews, 8: 394-382.
- HUTCHINSON, R. W., BURLINGTON, J. L. (1984): Some broad characteristics of greenstone belt gold lodes. pp. 339-372 , in R. P. Foster (ed.): Gold'82: The Geology, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits (Geol. Soc. Of Zimbabwe, Special publication 1), A.A.Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 753p.
- INDA, H.A.V., SCHORSCHER, J.H.D., DARDENNE, M.A., SCHOBENHAUS, C., HARALYI, N.C.E., BRANCO, P.C.A., RAMALHO, R. (1984): O Cráton do São Francisco e a Faixa de Dobramentos Araçuaí. - Pp. 193-248, in: C. Schobbenhaus, D.D.A. Campos, G.R. Derze, H.E. Asmus (coords.), Geologia do Brasil, DNPM, Div. Geol. Min., Brasília.
- IWATA, S.A. (2000): Aspectos genéticos e características mineralógicas do crisoberilo das lavras de esmeraldas de Ferros e Hematita – MG. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo, 131 p.

- JAHN, B.M, AUVRAY, B., BLAIS, S., CAPDEVILA, R., CORNICHE, J., VIDAL, F., HAMEURT, J., (1980): Trace element geochemistry and petrogenesis of Finnish Greenstone belts. *Jour. Petrol.* 21: 201-244.
- JONES, C.E., HALLIDAY, A.N., REA, D.K., OWEN, R.M. (1994): Neodymium isotopic variations in the North Pacific modern silicate sediment and the insignificance of detrital REE contributions to seawater. *Earth Plan. Acien. Lett.*, 127: 55-66.
- JULIANI, C. (1993): *Geologia, Petrogênese e Aspectos Metalogenéticos dos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque na Região das Serras do Itaberaba e Pedra Branca, NE da Cidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 2 vol., 803p.*
- KERRICH, R. (1983): Geochemistry of gold deposits in the Abitibi greenstone belt. - *Can. Inst. Min. Met., Spec. Vol.*: 27-75.
- KERRICH, R. (1989): Models of archaean mesothermal gold deposits: a critical evaluation from new data. In: Annual meeting, Geol and Miner. Assoc. Can., Abstracts A-45.
- KERRICH, R., FRYER, B.J., MILNER, K.J., PEIRCE, M.G. (1981): The Geochemistry of gold-bearing chemical sediments. Dickenson Mine, Ontario: A Reconnaissance study. *Can. J. Earth Sci.*, 18: 624-637.
- KERSWILL, J.A. (1993): Models of iron formation hosted gold deposits. In: Kirkhan et al. (1993): Mineral Deposit Modeling. Geol. Assoc. of Canada, Special Paper 40: 171-199.
- KIRKHAN, R.V., SINCLAIR, W.D., THORPE, R.I., DUKE, J.M., eds. (1993): Mineral Deposit Modeling. Geol. Assoc. of Canada, Special paper 40, 770p.
- KNEIDL, V., SCHORSCHER, J.H.D. (1972): Faziesuebergänge der Minas-Serie im Raum zwischen Itabira und Altamira (Minas Gerais, Brasilien). *Neues Jahrbuch fuer Geologie und Paläontologie*, 4:224-235.
- KLEIN, C. (1983): Diagenesis and Metamorphism of Precambrian Banded Iron-Formation. In: TREND, A.F., MORRIS, R.C., Eds. (1983): Iron-Formation: Facts and Problems. *Developments in Prec. Geology* 6: 417-470.
- KRETSCHMAR, U., SCOTT, S.D. (1976): Phase relation involving arsenopyrite in the system Fe-As-S and their applications. *Can. Miner.* 14: 364-386.
- KUHNS, R.J., SAWKINS, F.J. and ITO, E. (1986): Alteration Associated With The Golden Giant Deposit: Hemlo, Ontario: Geological Association of Canada, Annual Meeting, Program with Abstracts, 11: 91.
- LADEIRA, E.A. (1980): Metallogenesis of gold at the Morro Velho Mine and in the Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. - 272pp., Tese de Doutorado, Univ. of Western Ontario.

- LADEIRA, E.A. (1988): Metalogenia dos depósitos de Ouro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: C. Schobbenhaus, C.E.S. Coelho (Eds):. Principais Depósitos Minerais do Brasil-Metais Básicos Não Ferrosos, Ouro e Alumínio. Brasília. DNPM/CVRD, 3(25): 301-375.
- LADEIRA, E.A.(1991): Genesis of gold in Quadrilátero Ferrífero: A remarkable case of permanency, recycling and inheritance – A tribute to Djalma Guimarães, Pierre Routhier and Hans Ramberg, In Ladeira, E.A.ed., "Proceedings of Gold'91, an Intern. Symposium on the Economics, Geology, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits, Belo Horizonte, Brazil: A.A Balkema, Rotterdam, The Netherlands, p.11-30.
- LADEIRA, E.A., VIVEIROS, J.F.M. (1984): Hipótese sobre a Estruturação do Quadrilátero Ferrífero com Base em dados disponíveis. Belo Horizonte, SBG, Simp. Geol. Minas Gerais, Bol.4: 14p.
- LEAKER, B.E., Ed.(1997): Nomenclature of Amphiboles: report of the Subcommittee on Amphiboles of international Mineralogical Association Commission on New Minerals and Minerals Names. Contrib. To Mineral. And petrol., 61: 295-321.
- LE MAITRE, R.W. (1976): Some problems of projection of chemical data into mineralogical classifications. Contr.Mineral. Petrol., 56: 181-189.
- LE MAITRE, R.W. (1989): A classification of igneous rocks and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Blackwell Scientific Publications, 193p.
- LOBATO, L.M., VIEIRA, F.W.R, RIBEIRO-RODRIGUES, L.C., PEREIRA, L.M.M., MENEZES, M.G., JUNQUEIRA, P.A., MARTINS PEREIRA, S.L. (1998a): Styles of hidrothermal alteration and gold mineralizations associated with the Nova Lima Group of the Quadrilátero Ferrífero: Part I, Description of selected gold deposits. Rev. Bras. Geoc. **28**(3): 339-354.
- LOBATO, L.M., VIEIRA, F.W.R. (1998b): Styles of hidrothermal alteration and gold mineralizations associated with the Nova Lima Group of the Quadrilátero Ferrífero: Part II, The archean Mesothermal Gold-bearing hidrothermal system. Rev. Bras. Geoc. **28**(3): 355-366.
- LUCHESI, I. (1991): Evolução Petrogenética e metalogenética da Serra da Boa Vista, Quadrilátero Ferrífero-MG. Diss. Mestrado, IG-USP, 134p.
- MACGEEHAN, P.J., HODGSON, C.J. (1980): Environments of gold mineralisation in the Campbell Red Lake and Dickenson Mines, Red Lake District, Ontario. - Pp. 184-207, in: R.W. Holder and W. Petruk (eds.):, Geology of Canada, Proceedings C.I.M. Gold Symp..

- MACHADO, G.A.A.(1994): Geologia da região e aspectos genéticos das jazidas de esmeraldas de Capoeirana e Belmont, Nova Era – Itabira, MG. São Paulo, 134p., IG-USP, Dissertação de Mestrado.
- MACHADO, G.A.A.(1998): Jazidas de Esmeralda de Capoeirana e Belmont –MG: Geologia, Petrogênese e Metalogênese. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo. 196p. Anexos.
- MACHADO, G.A.A., SCHORSCHER, H.D. (1998): Rochas metaultramáficas nas jazidas de esmeralda de Capoeirana e Belmont (Estado de Minas Gerais – Brasil) In: CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGIA, 2., Punta del Este, 1997. Uruguay, Socied Uruguaya de Geologia. Facultad de Ciencias.
- MACHADO, N., CARNEIRO, M.A. (1992): U-Pb evidence of late Archean tectonothermal activity in the southern São Francisco Shield, Brazil. - Can. J. Earth Sci., **29**: 2341-2346.
- MACHADO, N., NOCE, C.M.(1993): A evolução do setor sul do Cráton do São Francisco entre 3.1 e 0,5 G.a., baseada em geocronologia U-Pb. - Pp. 100-102, in: Anais do II Simp. sobre o Cráton do São Francisco, Salvador.
- MACHADO, N., SCHRANK, A., ABREU, F.R., KNAUER, L.G., ALMEIDA ABREU, P.A. (1989): Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço Meridional. Bol.Soc.Bras.Geoc., Nucleo Minas Gerais, **10**: 171-174.
- MACHADO, N., SCHRANK, A., NOCE, C.M., GAUTHIER, G. (1996): 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. Let. **141**:259-276.
- MAGALHÃES, L.F., NILSON, A.A. (1993): Controle litoestrutural e características da Mineralização aurífera da região do Córrego Geral-Meia Pataca, Crixas (GO). SBG, Rev.Bras. Geoc., Bol. **16**: 25-49.
- MARTINS PEREIRA, S.L. (1995): Controles Litoestruturais da Mineralização Aurífera no Distrito de Santa Bárbara, Quadrilátero Ferrífero, M.G.: Mina São Bento. Inst. Geoc., UFMG, BH, Dissert. de Mestrado, 158p.
- MARTINI, S.L. (1998): Na overview of main auriferous regions of Brazil. SBG, Ver. Bras. Geoc. **28**(3): 307-314.
- MASON, R (1992): Felsic intrusion and hydrothermal gold deposits: A tectonic perspective. In: Basements Tectonics 8, Characterization and comparisson of ancient and Mesozoic continental margins. Proc. Of the 8th Intern. Conf. On basem. Tectonics. M.J Bartholomew, D.W. Hyndman, D.W. Mogk and R.Mason (Eds.), pp. 679-687, Riedel Publ..

- MASON, R (1995): Gold Metallogeny, Seminar Notes. Queen's University, Kingston, Ontario, Canada. Curso Proferido na CVRD, Teofilândia, BA. 148p..
- MASON, R., HELMSTAEDT, H.H. (1992): Structural controls during formation and deformation of Archean lode-gold deposits in the Canadian Shield. In: International Basement tectonics Association Publication no 8, pp 625-631.
- MATHESON, A.F. (1956): The St John del Rey Mining Company, Ltd., Minas Gerais, Brazil. History, geology and mineral resources. Can. Inst. Min. Met. Bull. 49(523): 37-43.
- MATHIESON, N.A., HODGASON, C.J. (1984): Alteration, Mineralization and Metamorphism on the area of the East South "C" ore zone, 24th level of the Dickenson Mine, Red Lake, NW Ontario. Can. Journ. Earth Sci., 21: 35-52.
- MAXWELL, C.H. (1972): Geology and Ore Deposits of the Alegria Distict, Minas Gerais, Brazil. USGS, Prof. Pap. 341-J, 72p.
- McLENNAN, S.M., TAYLOR, S.R. (1984): Archaean sedimentary rocks and their relation to the composition of the Archaean Continental Crust. - Pp. 48-72, in: A. Kröner et al. (eds.): Archaen Geochemistry - The Origin and Evolution of the Archaean Continental Crust. Springer, Berlin, Heidelberg, N.Y..
- MEL'NIK, Y.P. (1982): Precambrian Banded Iron-Formation. Physicochemical Conditions of Formation. Develop. In Prec. Geology 5, Elsvier 310p.
- MENEZES, M.G. (1996): Evolução mineralógica das encaixantes da mineralização aurífera na Mina de Santana, Marina, Quadrilátero Ferrífero, MG. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 39, Salvador, Anais. 3: 320-322.
- MENEZES, M.G. (1999): Estudos dos Controles Estruturais e Geoquímicos da Mineralização Aurífera de Santana. Inst. Geoc., UNB, Tese de Doutorado.
- MENEZES, M.G. , LEONARDOS, O. H. (1992): a ocorrência aurífera no Grupo Maquiné, Quadrilátero Ferrífero, MG. In: Simp. Geol. Minas Gerais, 6, Ouro Preto, 1991, Ver, Esc. Minas O. P., 45 (1/2): 128-130.
- MICHARD, A., ALBARÈDE, F., MICHARD, G., MINSTER, J.F., CHARLOU, J.L. (1983): Rare -earth elements and Uranium in high-temperature solutions from East Pacific Rise hydrothermal vent fild (13°N). Nature, 303: 795-797.
- MILLS, R.A., ELDERFIELD, H. (1995): Rare earth element geochemistry of hydrothermal deposits from active TAG, 26oN Mid-Atlantic Ridge. Geoch, Comoc. Acta, 59(17): 3511-3524.
- MINTER, W.E.L (1991): Ancient Placer Gold Deposits. In: FOSTER, R.P. (Ed.): Gold metallogeny and exploration. Blackie, London, 283-308.

- MINTER, W.E.L., RENGGER, F.E. and SIEGERS, A. (1990): Early Proterozoic goldnplacers of the Moeda Formation within the Gandarela Syncline, Minas Gerais, Brazil: *Econ. Geol.* v.(85):943-951.
- MÖLLER, P., RHEDE, D., SASTRI, C.S. (1997):The Chemical controls of gold deposition at arsenopyrite surfaces. *Mineral deposits*, 249-251.
- MÖLLER, P., SASTRI, C.S., KLUCKNER, M., RHEDE, D., ORTNER, H.M. (1997): Evidence for Electrochemical deposition of gold into Arsenopyrite. *Eur. J. Mineral.*, v. 9: 1217-1226.
- MOORE, S.L. (1969): Geology and Ore Deposits of the Antônio do Santos, Gongo Sôco and Conceição do Rio Acima Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Pap. 341-I, 148p.
- MORAES, L.J., BARBOSA, O. (1939): Ouro no Centro de Minas Gerais. - DNPM., Div. Fom. Prod. Mineral, Bol. 38, 185pp., Rio de Janeiro.
- MORESCHI, J.B. (1972): Geologia da Mina do Faria – MG. Tese de Doutorado. IGc-USP, São Paulo, 115p.
- MOTHÉ-Fº, H.F.(1996): Contribuição a geologia da região de Florália/MG. 189p. (Dissertação de Mestrado), IG-UFRJ, Rio de Janeiro.
- MOTTL, M.J., MCCONACHY, T.F. (1990): Chemical process in buoyant hydrothermal plumes on the East Pacific Rise near 21o N. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **54**: 1911-1927.
- MUNHÁ, J., KERRICH, R. (1980): Sea water interaction in spilites from the Iberian Pyrite Belt. *Contributions Mineralogy and Petrology*, **73**:191-200.
- NASCIMENTO, H.S. , SENA, F.O , GOMES, F.C.A , ABREU, G.C. (1998): Mapa Geológico 1:40.000 do sul do GBRI: Novos Dados e sua aplicação na caracterização geológica dos ambientes relacionados a mina de ouro de Fazenda Brasileiro, Bahia. In: SBG – Anais do XL Congr. Bras. de Geol., EXPOGEO 98, p.145.
- NARAYANASWAMI, S., ZIAUDDIN, M., RAMACHANDRA, A.V. (1960): Structural control and localization of gold-bearing lodes, Kolar Gold Field, India. - *Econ. Geol.*, **55**: 1429-1459.
- NASH, W.P.(1984): Chapter 6: Phosphate mineral in terrestrial igneous and metamorphic rocks. In: Nriagu, J.O, Moore, P.B. *Phosphate minerals*, p. 215-241, Springer-Verlag.
- NATARAJAN, W.K., MUKHERJEE, M.M. (1986): A Note on The Auriferous Banded Iron-Formation of Kolar Schist Belt. *Journ. Geolog. Soc. India*, **28**: 218-222.

- NEVES, B.B.B., KAWASHITA, K., CORDANI, U.G., DELHAL, J. (1979): A evolução geocronológica da cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. *R.B.G.*, **9**(1): 71-85.
- NOCE, C.M. (1995): Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Tese de Doutorado, IG-USP, 128p.
- NOCE, C.M., MACHADO, N., TEIXEIRA, W. (1998): U-Pb geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (Southern São Francisco Craton): Age constraints for archaean and paleoproterozoic magmatism and metamorphism. *SBG, Rev. Bras. Geoc.*, **28**(1): 95-102.
- OBERTHÜR, T., BLEINKINSOP, T.G., HEIN, U.F., HÖPPNER, M., HÖHNDORF, A., WEISER, T.W. (2000): Gold mineralization in the Mazowe area, Harare-Bindura-Shamwa greenstone belt, Zimbabwe: II. Genetic relationships deduced from mineralogical, fluid inclusion and stable isotope studies, and Sm-Nd isotopic composition of scheelites. *Mineralium Deposita*, **35**(2-3): 138-156.
- OBERTHÜR, T., SAAGER, R., TOMSCHI, H.P. (1990): Geological, mineralogical and geochemical aspects of Archean banded iron formation hosted gold deposits: some examples from Southern Africa. - *Mineralium Deposita*, **25**: 125-135.
- OFTEDAHL, C. (1958): A theory of exhalative-sedimentary ores. - *Geol. Fören. Förh.*, **80**(H.1): 1-19.
- OLIVEIRA, A.I. (1956): Brazil. - In: W.F. Jenks (ed.) - *Handbook of South American Geology* - *Geol. Soc. Am., Mem.*, 65: 1-62.
- OLSEN, S.N., GRANT, J.A. (1991): Isocon analysis of migmatization in the Front Range, Colorado, USA. *Journal of Metam. Geology*, **9**: 151-164.
- OVERSTREET, W.C. (1967): The geologic occurrence of monazite. *U.S.G.S Prof. Pap.* 530, 327p..
- PADILHA, A.V., VIEIRA, V.S., HEINECK, C.A. (2000): Itabira, Folha SE.23-Z-D-IV, MG, Escala 1:100.000. *Prog. Levant. Geol. Básicos do Brasil*, CPRM – Serv. Geol. do Brasil, Belo Horizonte, CD-ROM.
- PARRISH, R.R. (1990): U-Pb dating of monazite and this application to geological problems. *Can.J.Earth Sci.*, **27**: 1431-1450.
- PATTAN, J.N., RAO, C.M., HIGGS, N.C., COLLEY, S., PARTHIIBAN, G. (1995): Distribution of major, trace and rare earth element in surface sediments of the Wharton Basin, Indian Ocean. *Chemical Geology* **121**: 201-215.

- PERCHUK, L.I., ARANOVICH, L.Y., PODLESSKII, K.K., LAVRENT'eva, I.V., GERASIMOV, V.Y., FED'KIN, V.V., KITSUI, V.I., KARASAKOV, L.P., BERDNIKOV, N.V. (1985): Precambrian granulites of the Aldan Shield, eastern Siberia, USSR. *Journ. metam. Geology*, **3**(3): 265-310..
- PEREIRA, E.L.S. (1996): Controles e evolução da mineralização aurífera da mina de São Bento, greenstone belt Rio das Velhas, MG. Unpub. M.Sc. thesis, UFOP, Ouro Preto.
- PEREZ-AGUILAR, A. (2001): Petrologia e litoquímica de rochas de paleossistemas hidrotermais oceânicos mesoproterozóicos da seqüência Metavulcanossedimentar do Grupo Serra do Itaberaba, SP. Tese de Doutorado, Igc-USP, São Paulo, 223p.
- PETERSEN Jr, K.J. (2003): Estudo das Mineralizações Auríferas do Corpo IV e V da Estrutura IV do Greenstone Belt de Crixas. Tese Doutorado, IGC-USP186p., anexos.
- PFLUG, R. (1968): Observações sobre a Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. Notas preliminares e Estudos. 142. 55p.
- PFLUG, R, RENGGER, F. (1973): A evolução Geológica da margem SE do Craon do Sanfranciscano. In: 27º Cong. Bras. Geol., Aracaju, Anais, **v.2**: 5-19.
- PHILLIPS, N.G. (1985): Archean Gold Deposits of Australia. Ciclo de Palestras sobre Metalogenia do Ouro. IGC-UFMG, 43p.
- PHILLIPS, N.G., GROVES, D.I. (1983): The nature of Archean gold-bearing fluids as deduced from gold deposits of Western Australia. *J. Geol. Soc. Aust.* , **30**: 25-39.
- PISSIS, A. (1842): Mémoire sur la position géologique des terrains de la partie australe du Brésil et sur les soulèvements Qui. À diverses époques, ont cahngé le relief de cette contrée. *Men. Inst. France*, Tome **X**, 253-313.
- POWELL, R. HOLLAAND, T.J.B. (1998): An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest. *J. Met. Geology*, **16**:309.
- QUEIROGA, N.C.M., ABREU, G.C., TAMURA, R.M., SCHORSCHER, J.H.D. (1988): Mapeamento lito-estrutural do Grupo Quebra Osso. Relatório Final, 20p., 2 mapas, FAPESP, Proc. No 87/0128-0, IG-USP, São Paulo.
- QUÉMENEUR, J. (1984): Contribuição a Tectônica e ao Metamorfismo da Região de Rocrigo Silva a Oeste de Ouro Preto – MG. *Cong. Bras. Geol.*, **33**, An., v. 7: 3307-3318, Rio de Janeiro.
- RADASKRISHNA, B.P., DEVARAJU, T.C. and MAHABALESWAR, B (1986): Banded Iron-Formation of India. *Jour. Geolog. Socie. India*, **28**: 71-91.

- RAMDOHR, P. (1969): The ore mineral and their intergrowths. Pergamon Press, Oxford, 1174p.
- RANKAMA, K. (1963): Progress in Isotope Geology. John Wiley & Sons, Intersciences Publ., Monog., London, 705p.
- RECHE, J., MARTINEZ, F.J. (1995): GPT: An Excel spreadsheet for thermobarometric calculations in Metapelitic Rocks. *Comp. & Geosciences*, **22**(7): 775-784.
- REEVES, R.G. (1966): Geology and Mineral Resources of Monlevade and Piracicaba quadrangles, Minas Gerais, Brazil. USGS-Prof. Paper, v. 341-E, p.1-58.
- RETTINGER, R. (1998): Thermometamorphic characterization of the transition zone between the Archean São Francisco Craton and the Proterozoic mobile belt, Minas Gerais, Brazil. 116p. Tese de Doutorado – Universität Postdam.
- RETTINGER, R., OBERHÄNSLI, R., DÜRKOP, C. (1998): Thermodynamic characterization of the transition zone between the Archean São Francisco Craton and the Neoproterozoic mobile belt, Minas Gerais, Brazil. *Zbl. Geol. Paläont. Teil I*, (3-6): 721-738.
- RETTINGER, R., SCHORSCHER, H.D., OBERHÄNSLI, R. (1996): Geothermobarometric correlation of geothermobarometers and petrogenetic modelling in NE-Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Zentralblatt für geologie und paläontologie. Teil 1*, n7/8, p. 613-625.
- RIBEIRO-RODRIGUES, L.C. (1998): Gold in Archean Banded Iron formation of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil - The Cuiabá Mine. Aachen Univ. Techn., Aachen, Germany, Aachener Geowissenschaftliche Beiträge, Band 27, Ph. D. Thesis, 264 p.
- RIBEIRO-RODRIGUES, L.C., FRIEDRICH, G., OLIVEIRA, C.G., VIEIRA, F.W., BIASI, E.F., CALLEGARI, L.A. (1996): The BIF-hosted Cuiabá gold deposit, Iron Quadrangle, Minas Gerais, Brazil: Characteristics, controls and genesis. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 39, Salvador, 7: 224-228.
- RICHARD, L.R. (1995): Minpet Geological Software Version 2.02. Quebec. Canada.
- RICCOMINI, C. (1982): Geologia Regional do Quadrilátero Ferrífero (MG, Brasil): Uma tentativa de síntese e novas idéias. In: 32º Cong. Bras. Geol., SBG, An., **V-1**: 199-213
- RICCOMINI, C. (1983): Estudo Comparativo entre diferentes métodos e sensores aplicados a análise litoestrutural no Quadrilátero Ferrífero, M.G. Dissert. Mestrado, INPE, S.J.Campos, 198p.

- RICKWOOD, P/C. (1968): Contributions to Mineralogy and Petrology. Springer Intern., New York, 18, 2: 175-198.
- RIGG, D.M. (1980): Relationship between structure and gold mineralization in the Campbell – Red Lake District, Ontario. Msc Thesis, Queen's University, Kingston, Ontario, 153p.
- ROBERTS, R.G. (1987): Ore Deposit Models #11: Archean Lode Gold Deposits. Geoscience Canada, **14(1)**: 37-52.
- ROLLINSON, H. (1993): Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Longman Group, UK, Ltd.
- RONA, P, SCOTT, S.D (1993): A special issue on sea floor, hydrothermal mineralization: new perspectives. Econ. Geol. **88(8)**: 1935-1975.
- ROUTHIER, P. (1963): Les Gisements métallifères: géologie et principes de recherche. Paris, Masson, 2v.
- RYNEARSON, G.A., POMERENE, J.B., DORR, J.V.N. (1954): Contato basal da Série Minas na parte oriental do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. DNPM, Div. Geol. e Miner., Avulso **34**, 18p.
- SÁNCHEZ-ESPAÑA, J., VELASCO, F., YUSTA, I. (2000): Hydrothermal alteration of felsic volcanic rocks associated with massive sulphide deposition in the northern Iberian Pyrite Belt (SW Spain). Applied Geochemistry, **15**: 1265-1290.
- SANGSTER, D.F.(1972): Precambrian vulcanogenic massive sulphide deposits of Canada: A review, Canada Geol. Survey Paper 72-22, 44p.
- 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 – An. Acad. Bras. Ci. Rio de Janeiro,, **69** (2): 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** (3-4): 275-284, 1997.
- 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 sensoriamento remoto. São Paulo, 172p. (tese de Doutorado), IG-USP.
- SANTOS R.V., CLAYTON, R.N.(1995): Variations of oxygen and carbon isotopes in carbonatites: A study of Brazilian alkaline complexes. Geoch.Cosmoc. Acta, **59** (7): 1339-1352.
- SANTOS R.V., ALVARENGA, C.J.S., DARDENNE, M.A., SIAL, A.N., FERREIRA, V.P.(2000): Carbon and oxygen isotope profiles across Meso-Neoproterozoic

- limestones from central Brazil: Bambuí and Paranoá Groups. *Precambrian Reserch*, 104: 107-122.
- SCHOBENHAUS, C., COELHO, C.E.S. (1988): Metais básicos não-ferrosos, Ouro e Alumínio. - Principais depósitos minerais do Brasil, Vol.III, 670 pp., DNPM-CVRD, Brasília.
- SCHOBENHAUS, C., CAMPOS, D.A., DERZE, G.R., ASMUS, H.E. (1984): Mapa Geológico do Brasil a área oceânica adjacente incluindo Depósitos Minerais, escala 1:2.500.000. Efls, DNPM, MMN, Brasília, DF. 501p.
- SCHNEIDERHÖHN, H. (1961): Die Pegmatite. Velag-Stuttgart, 720p.
- SCHORSCHER, H.D. (1973): Levantamento Geológico da Região de Itabira, 1:20.000 – Conv. Inst. Eschwege CVRD. Relatório Final, 48p., 4mapas. Inst. Eschwege, Diamantina/CVRD, Belo Horizonte.
- SCHORSCHER, H.D. (1973): Zur liegenden Abgrenzung der präkambrischen Minas-Gruppe, am Beispiel des Raumes Itabira, Minas Gerais, Brasilien. *Münster. Forsch. Geol. Palaont.*, **31/32**, 29-53.
- SCHORSCHER, H.D. (1973): Zur Bildung der metamorphen, itabiritischen Reicherze im Raum Itabira, Minas Gerais, Brasilien. *Fortschr. Min.*, **53**, Beith.1, S. 73.
- SCHORSCHER, H.D. (1975): Entwicklung des polymetamorphen präkambrischen Raumes Itabira, Minas Gerais, Brasilien. Tese de Doutorado (ined.) 304p., 11 mapas. Universidade de Heidelberg.
- SCHORSCHER, H.D. (1976a): Polimetamorfismo do Pré-Cambriano na região de Itabira, Minas Gerais, Brasil. - In: 29º Cong. Bras. Geol., Resumos: 194-195, SBG., Ouro Preto/Belo Horizonte.
- SCHORSCHER, H.D. (1976b): Alpinotype Deckentektonik im Präkambrium des Eisernen Vierecks, Minas Gerais, Brasilien. - In: 5. Geowiss. Lateinamerika-Kolloquium, Tagungsunterl.: 33-35, Clausthal-Zellerfeld.
- SCHORSCHER, H.D. (1978): Komatiitos na estrutura "Greenstone Belt" Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. - In: 30º Cong. Bras. Geol., Resumos: 292-293, SBG., Recife.
- SCHORSCHER, H.D. (1979a): Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento arqueano do Quadrilátero Ferrífero. - *Acad. Bras. Ci., Anais*, **51(4)**:767-768.
- SCHORSCHER, H.D. (1979b): Evolução arqueana e proterozóica do Quadrilátero Ferrífero e de partes meridionais da Serra do Espinhaço. - *Simp. sobre a Geologia do Cráton do São Francisco e de suas faixas marginais*, Resumos, Salvador.

- SCHORSCHER, H.D. (1980a): Geotectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Brazil. – 26th Inter. Geol. Congress, Abstracts, v. 2: 613, Paris.
- SCHORSCHER, H.D. (1980b): Zinc - a useful element for the prospection of pre-cambrian chromitites ? - 8th. Inter. Geochem. Explor. Symp., Abstracts: 47, Hannover.
- SCHORSCHER, H.D. (1980c): Contribuição a estratigrafia proterozóica do Quadrilátero Ferrífero. - Acad. Bras. Ci., Anais, **52**(1):195.
- SCHORSCHER, H.D. (1988a): Quadrilátero Ferrífero and adjacent areas. - Inter. Conf. Geochemical Evolution of the Continental Crust, Guidebook: 96pp., Poços de Caldas.
- SCHORSCHER, H.D. (1988b): Geology of the Florália District with details on the Morro do Pari área, Minas Gerais, Brazil. - Relatório de pesquisa e mapeamento geológico (esc. 1:13.600) da região da Mina do Pari. 24 pág., anexos, relat. inéd. interno para UNAMGEN Min. Met. Ltd., IG-USP.
- SCHORSCHER, J.H.D. (1991a): Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço Meridional. In: III Cong. Bras. Geoq. e I Cong. de Geoq. dos Países de Língua Portuguesa, Guia de Excursões, p. 37-87, São Paulo.
- SCHORSCHER, J.H.D. (1991b): Mafic Dykes from Southern Sao Francisco craton, MG, Brazil. An. Symposiun on mafic Dykes, In: III Cong. Bras. Geoq. e I Cong. de Geoq. dos Países de Língua Portuguesa, 87-88pp.
- 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, IG-USP, São Paulo, 2 vols., 394pp.
- SCHORSCHER, J.H.D., GUIMARÃES, P.F. (1976): Estratigrafia e tectônica do Supergrupo Minas e geologia do Distrito Ferrífero de Itabira. XXIX Cong. Bras. Geol., Ouro Preto, MG, Roteiro das Excursões, p.75-86.
- SCHORSCHER, J.H.D., LETERRIER, J. (1980): Metassomatic formation of granitic rocks: Petrology and Chemistry. 26th Inter. Geol. Cong., Paris, Abstracts, 1:87.
- SCHORSCHER, J.H.D., MULLER, G. (1977): Granitisation tiefkrustaler Mylonite durch metasomatische Feldspatisierung im Präkambrium E-Brasilien. *Forsch. Min.* **55**, Beith. 1, 123-124.
- SCHORSCHER, J.H.D., ALVES, M.G., DAVIES, H.P.K.(1997): Geologia da Quadrícula de São Gonçalo do Rio Abaixo 1:25.000, parte NE do Quadrilátero Ferrífero, MG. In: Simposio de Geologia de Minas Gerais, 9., Ouro Preto. Anais. SBG-Núcleo Minas Gerais. Boletim, n. **14**, p.50-52.

- SCHORSCHER, J.H.D., LUCHESI, I., QUEIROGA, N.C.M., ABREU, G.C., TAMURA, R.M. (1990): Evolução precambriana da região do Quebra Osso, Quadrilátero Ferrífero, MG. SBG, Cong. Bras. Geol., Res. 331-332, Natal.
- 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. ISAP, SME/BA.
- SCHORSCHER, H.D., MOTHÉ F^o, H.F. (1983): Mapa geológico preliminar (esc. 1:25.000) da Quadricula de Florália, MG. - Projeto LATERITAS, Subprojeto Minas Gerais, projeto de pesquisa de Cooperação Internacional CNPQ-KFA, IG-USP, 1983.
- SCHORSCHER, J.H.D., MOTHÉ F^o, H.F., DAVIES, H.P.K., ABREU, G.C., QUEIROGA, N.C.M. (1986): Metalogenia arqueana do ouro na Mina do Pari e arredores de Florália, MG. 34o Cong. Bras. Geol., Bol. 1 - Res. Breves Comun., p.232, Goiânia.
- SCHORSCHER, J.H.D., ABREU, G.C., QUEIROGA, N.C.M., LUCHESI, I., DAVIES, H.P.K., MOTHÉ F^o, H.F., ALVES, M.G. (1990): Geologia da Quadricula de Florália (1:25000), Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: 36º Cong. Bras. Geol., Res. das comun., p.342, Natal.
- SCHORSCHER, J.H.D., ABREU, G.C., LUCHESI, I., SANT'ANNA, L.G., QUEIROGA, N.C.M. (1991): Microgeoquímica do ouro arqueano e proterozóico da região NE do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, In: III Cong. Bras. Geoq. e I Cong. de Geoq. dos Países de Língua Portuguesa, Resumos, Vol. 1, pp. 574.
- SCHRANK, A., OLIVEIRA, F.R., TOLEDO, C.L.B., ABREU, F.R. (1996): The nature of hydrodynamic gold deposits related to Archean Rio das Velhas Greenstone Belt and overlying Paleoproterozoic Minas Basin. In: SBG, Symp. Archean Terranes of South American Platform, Brasília, Extended Abstract Vol., 60-61.
- SCHRANK, A., MACHADO, N. (1996a): Idades U-Pb em monazitas e zircões das minas de Morro Velho e Passagem de Mariana. Quadrilátero Ferrífero (MG). In: SBG, Cong. Bras. Geol. 39, Salvador, Anais, 6:470-472.
- SCHRANK, A., MACHADO, N. (1996b): Idades U-Pb em monazitas e zircões das minas de Cuiabá e do Depósito de Carrapato - Quadrilátero Ferrífero (MG). In: SBG, Cong. Bras. Geol. 39, Salvador, Anais, 6:473-474.
- SCOTT, S.D., BARNES, H.L. (1971): Sphalerite Geothermometry and Geobarometry. Econ. Geol., vol.66: 653-669.
- SEWARD, T.M. (1991): The hydrothermal geochemistry of gold. In: Foster, R.P. (Ed.); Gold Metallogeny and Exploration, Black and Son Ltd, London, 37-62.

- SHARP, Z.D., ESSENE, E.J., KELLY, W.C. (1985): A re-examination of the arsenopyrite geothermometer: Pressure considerations and applications to natural assemblages. *Can. Mineral.*, **23**(4):517-534.
- SICHEL, S.E. (1983): Geologia das rochas precambrianas da região de Barão de Cocais e geoquímica preliminar dos komatiitos do Supergrupo Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais – Dissert. Mestrado (inéd.), 232p., mapas, IG-UFRJ, Rio de Janeiro.
- SIMMONS, G.C, MAXWELL, C.H. (1961): Grupo Tamanduá da Série Rio das Velhas: Brazil. DNPM, bol. 211, 31p.
- SIMMONS, G.C. (1968): Geology and Mineral Resources of the Barão de Cocais Area, Minas Gerais, Brazil. USGS Prof. Pap. 341-H.
- SILVA, G.L., XAVIER, R.P. (1997): The gold-carbonaceous matter association in Lode Deposits of the Rio Itapicuru Greenstone belt, Northeastern Brazil. *Intern. Geol. review*, **39**: 688-702.
- SOTO, J.I. (1992): Program for thermobarometry & activity calculation with mafic and ultramafic assemblage. Granada University, Granada, Spain.
- SOUZA, J. L. (1988): Mineralogia e geologia da Esmeralda da jazida de Itabira, M.G.. Diss. Mest., Igc-USP, São Paulo, 192p.
- SPEAR, F.S. (1989): Petrologic determination of metamorphic pressure-temperature-time paths. In: Spear, F.S., Peacock, S.M., 1989 – Metamorphic pressure-temperature-time Paths. Short Course I Geology. Inter. Geol. Congr., Washington, DC, 7:1-55.
- SPEAR, F.S. (1993): Metamorphic phase equilibria and pressure-temperature-time paths. Washington, Mineralogical Society of America, 799p. (Monography)
- STANTON, R.L. (1959): Mineralogical Features and Possible mode of emplacement of the Brunswick Mining and Smelting orebodies, Gloucerster County, New Brunswick, Canadian Inst. Min. Metall. Bull. **52** (570): 631-643.
- STANTON, R.L. (1960): General Features of conformable pyritic orebodies, Part I – Field association, Canadian Inst. Min. Metall. Bull. **53** (573): 24-29, Part II – Mineralogy, Canadian Inst. Min. Metall. Bull. **53** (574): 66-74.
- TABERT, C.F. (1987): Controls to deposition of gold, copper and bismuth at Renco mine, Zimbabwe. African Mining Inst. Of Min. and Metall., London, 347-363.
- TAUBENECK, W.H. (1957): Zircons in the metamorphic aureole of the Bald mountain batholith, Elkhorn Mountains, Northeastern Oregon. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, Abst., 68: 1803-1804.
- TEIXEIRA, W. (1982): Geocronology of southern part of São Francisco Craton. *RBG*, v.12, n. 1-3, p. 268-277.

- TEIXEIRA, W. (1985): A evolução geotectônica da porção meridional do Craton do São Francisco, com base em interpretação geocronológica. São Paulo, 207p. (Tese de Doutorado).
- TEIXEIRA, W., CANZIAN, F.S. (1994): A evolução tectonotermal Proterozóica do Craton do São Francisco com base em interpretações geocronológicas K-Ar em rochas do embasamento. Bol. IGc-USP, Série Científica, **25**: 61-80.
- TEIXEIRA, W., CARNEIRO, M.A., NOCE, C.M., MACHADO, N., SATO, K., TAYLOR, P.N.. (1996): Pb-Sr and Nd isotope constraints on the archaean evolution of gneissic-granitoid complexes in the southern São Francisco Craton, Brazil. *Prec. Res.*, **78**:151-164.
- TEIXEIRA, W., CORDANI, U.G., NUTMAN, A.P., SATO, K. (1998): Polyphase Archaean Evolution in the Campo Belo metamorphic complex, Southern São Francisco Craton, Brazil: Shrimp U-Pb zircon evidence. *J. Of South Am. Earth Sciences*, vol. **11**, 3: 279-289.
- TEIXEIRA, W., MARTINS, V.T.S (1996): Granitos Paleoproterozoicos da Porção Meridional do Craton do São Francisco: Estudos Isotópicos de Sr e Nd. São Paulo, USP/FAPESP. Rel. Proj. Pesq.(ined.) 28p.
- TEIXEIRA, W., SABATÉ, P., NOCE, C.M, CARNEIRO, M.A.(2000): Archaean and paleoproterozoic tectonic evolution of the Sao Francisco Craton. In: Cordani et al. (2000): Tectonic Evolution of Southamerica. 31st Intern. Geol. Congr., Rio de Janeiro, 101-138.
- TOLBERT, G.E. (1964): Geology of Raposos Mine, Minas Gerais, Brazil. *Econ. Geol.* **59**:775-798.
- TOLEDO, C.L.B. (1997): Controle Estrutural da Mineralização Aurífera na Mina Cuiabá, Setor Noroeste do Greenstone belt Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero. Inst. Geoc., UNICAMP, Campinas, Dissert. de Mestrado, 166p.
- TOLEDO, C.L.B., XAVIER, R.P., SCHRANK, A., VIEIRA, F.W., LA ROSA, M.T., SILVA, D.(1998):The fluid-carbonaceous matter interaction and deposition of gold at Cuiabá Mine, SE Brazil .In: SBG, Cong. Bras. Geol., 40, Belo Horizonte, p.177.
- THOMPSON, A.B. (1976): Mineral Reactions in pelitic rocks: II. Calculation of some p-t-x (Fe-Mg) Phase Relations. *American Journ. of Sciences*, **276**: 425-454.
- THOMSON, M.L.(1991): Wall-rock alteration to the mineralization in the low amphibolite facies: Crixás gold Mine, Goiás, Brazil. In: *Canadian Mineralogist*, Vol. **29**:461-480.
- 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**(3):147-152.

- TREND, A.F., MORRIS, R.C., Eds. (1983): Iron-Formation: Facts and Problems. Developments in Prec. Geology 6, Elsevier, 558p.
- UTZMANN, A., HANSTEEN, T.H., SCHMINCKE, H.U. (2002): Trace element mobility during sub-seafloor alteration of basaltic glass from Ocean Drilling Program site 953 (off Gran Canaria). J. Earth Sci (Geol Rundsch.), **91**: 661-679.
- VALLADARES, F.B. (2000): Geologia e Petro-Metalogênese da Mineralização Aurífera da Mina São Bento, Quadrilátero Ferrífero, MG. Monog. de trab. Form., TF-2000/9, IGc-USP, São Paulo, 33p., anexos.
- VALLADARES, F.B. (2004): Geologia e Petro-Metalogênese da Mineralização Aurífera da Mina São Bento, Quadrilátero Ferrífero, MG. Dissertação de Mestrado, IGc-USP, 55 p.
- VALLADARES, F.B., SCHORSCHER, J.H.D (2001): Metalogenia do Au da Mina São Bento, NE do Q.F., MG. An. VII Simp. De Geol. Do SE, Rio de Janeiro, v. (1), Sessão poster.
- VAUGHAN, D.J., CRAIG, J.R. (1978): Mineral chemistry of metal Sulfides. Cambridge Uni. Press, 493p.
- 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. São Paulo, 186p. (tese de Doutorado), IG-USP.
- VIAL, D.S., FERREIRA Jr, M.G., FERRARI, P.G. (1987): A lapa seca na mina de Morro Velho: metavulcanitos alterados hidrotermalmente. SBG, Simp. Geol. Minas Gerais, 4, BH, Anais, 7: 369-390.
- VIAL, D.S. (1980a): Geologia da mina de ouro de Bicalho. SBG, Congr. Bras.Geol., 31, Camboriú, 3: 1831-1850.
- VIAL, D.S. (1980b): Geologia da mina de ouro de Raposos. SBG, Congr. Bras.Geol., 31, Camboriú, 3: 1851-1866.
- VIAL, D.S. (1988): Mina de Ouro de Passagem, Mariana. Minas Gerais. In: C. Schobbenhaus, C.E. Coelho, (eds) (1988): Principais Depósitos Minerais do Brasil: Metais Básicos Não Ferrosos, Ouro e Alumínio, Brasília, DNPM/CVRD, 3: 421-430.
- VIAL, D.S. (1988): Geology of the Cuiaba gold mine, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil (ext. abstr.), in: Poster programme, v.1, Bicentennial Gold'88, Melbourne, Victoria, Geol. Soc. Of Australia, Abstracts **23**: 134-136.
- VIEIRA, F.W.R.(1988): Processos epigenéticos da formação dos depósitos auríferos e zonas de alteração hidrotermal do Grupo Nova Lima, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: SBG, Cong. Bras. Geol., 35, Belém, Anais: **1**: 76-86.

- VIEIRA, F.W.R. (1991): Textures and processes of hydrothermal alteration and mineralization in the Nova Lima Group, Minas Gerais, Brazil. In: E.A.Ladeira(ed.): Proceedings of Brazil GOLD'91, The Economics, Geology, Geochemistry and Genesis of the Gold Deposits. Proceed., Rotterdam, A.A. Balkema, 319-325.
- VILLAÇA, J.N., MOURA, L.A.M. (1981): Uranium in Precambrian Moeda formation, Minas Gerais, Brazil. In: Armstrong, F.C ed.(1981): Genesis of Uranium and Gold-bearing Precambrian Quartz-pebble Conglomerate: USGS, Prof.Paper 1161-A-BB, p. T1-14.
- WAHLE, C.W.(1943): Estudos de alguns minérios de ouro dos municípios de Santa Bárbara, Caeté e Mariana, Minas Gerais. Lab. Prod. Min., Rio e Janeiro, Bol. 8:71-82.
- WENDT, J.I, REGELOUS, M., NIU, Y., HÉKINIAN, R., COLLERSON, K.D. (1999): Geochemistry of lavas from the Garret Transform Fault: insights into mantle heterogeneity beneath the eastern Pacific. Eart Plan. Scie. Lett., **173**: 271-284.
- WHITFORD, D.J., ARNDT, N.T. (1978): Rare Earth Element abundances in a thick, layered komatitite lava flow from Ontario, Canada. Earth Plan, Sci. Lett., **41**: 188-196.
- WIEDEMANN, C.M., SCHORSCHER, J.H.D. (1978): Zinco nas rochas ultrabásicas e nos cromititos da região de Itabira, Minas Gerais, Brasil. 30o Cong. Bras. Geol., Res. Das Comunicações, 211-212, Recife.
- WILLIAMS, P. (1997): A metamorphosed, stratabound-epigenetic origin for a gruneritic Archan gold deposit, Barberton, South Africa. Ore Geol. Rev. **12**:135-151.
- WILLIAMS, M.L., GRAMBLING, J.A.(1990): Manganese, ferric iron and equilibrium between garnet and biotite. American Mineralogist, **75**: 886-908.
- WINCHESTER, J.A., FLOYD, P.A. (1977): Geochemical discrimination of diferent magam series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, **20**: 325-343.
- WINKLER, H.G.F. (1977): Petrogênese das Rochas Metamórficas, Ed. Edgar Blücher, URGs, Porto Alegre, 256p.
- WYMAN, D.A., KERRICH, R. (1989): Noble metal Au-related trace element abundances of archean shoshonitic lamprophires: significance for gold mineralization. In: Annual meeting, Geol and Miner. Assoc. Can., Abstracts A-46.

- YAO, Y., MORTEANI, G., TRUMBULL, R.B. (1999): Fluid inclusion microtermometry and the P-T evolution of gold-bearing hydrothermal fluids in the Niuxinshan gold deposit, eastern Hebei province, NE China. *Mineralium Deposita*, vol **34** (4): 348-365.
- YONKEE, W.A, PARRY, W.T, and BRUHN, R.L (2003): Relations Between Progressive Deformation And Fluid-Rock Interaction During Shear-Zone Growth In A Basement-Cored Thrust Sheet Orogenic Belt, Utah. *Am. Journ. Of Science*, **303**: 1-59.

Anexo 1: Mapa Geológico Compilado da Borda NE do Quadrilátero Ferrífero
(esc.: 1:100.000)

Anexo 2: Tabela 1 - Relação de Afloramentos da Área da Mina do Pari e Arredores

IDNT	ZON	E EASTING	NORTHING	Altitude	Local	Litotipo	Sn	Ln	So	Fraturas	Amostras	Descrição da amostra	Fotos	Prancha
PA-1	23K	677187	7793322	781	Patrimônio	Bif								
PA-2	23K	677262	7793397	790	Patrimônio	Anfibolito								
PA-3	23K	677309	7793438	808	Patrimônio	ser-clor-xisto								
PA-4	23K	677022	7793508	748	Patrimônio	Gal. Mina(talco-xisto)								
PA-5	23K	678010	7792160		Min. Pari	Anfibolito (gal. Mina do Pari)							21	2
PA-6	23K	679611	7792306		Pari Leste	Talco-clorita-xisto/BIF mag					GCA-2003-001	Bif oxidado		
PA-7	23K	679706	7792223		Pari Leste	TTG - solo branco								
PA-8	23K	679332	7792216		Pari Leste	Anfibolito grosso								
PA-9	23K	679386	7791827		Pari Leste	solo-branco								
PA-10	23K	679226	7791972		Pari Leste	Anfibolito grosso								
PA-11	23K	679210	7791743		Pari Leste	Talco-clorita-xisto c/ Gossan					GCA-2003-002	gossan de sulfeto oxidado		
PA-12	23K	679162	7791929		Pari Leste	BIF c/ magnetita								
PA-13	23K	679189	7792033		Pari Leste	talco-xisto c/ spinifex								
PA-14	23K	679172	7792050		Pari Leste	BIF	90/60							
PA-15	23K	679741	7792568		Pari Leste	Anfibolito/xistos ultramáf./gnaisse	90/45			260/50	GCA-2003-003	bif c/ granada, magnetita e quartzo		
PA-16	23K	679763	7792505		Pari Leste	clorita-xisto/bif/anfibolitos (N.L.)								
PA-17	23K	679763	7792491		Pari Leste	BIF	90/65				GCA-2003-004			
PA-18	23K	662337	7782787		Port 01 Cenibra	Quebra Osso								
PA-19	23K	662186	7783262		Port 02 Cenibra	Contato Q. Osso/ Nova Lima	79/60							
PA-20	23K	662190	7783330		Tanque Preto	Contato Q. Osso/ Nova Lima	90/55							
PA-21	23K	662013	7782693		Tanque Preto	Gal. Abandonada								
PA-22	23K	661973	7782858	830	Tanque Preto	Bifurcação (N. Lima)								
PA-23	23K	661513	7782397		Tanque Preto	Bifurcação (N. Lima)								
PA-24	23K	660826	7783280	752	Tanque Preto	Nova Lima-BIF								
PA-25	23K	660683	7782826	765	Tanque Preto	BIF/Quartzitos e Conglomerados Maquiné	52/55		65/55					
PA-26	23K	660584	7782733		Tanque Preto	Qzitos c/ estratos cruzados	40/70		46/70					
PA-27	23K	660469	7782707	797	Tanque Preto	Conglom. Maq. (seixo de qzo-pórfiro)	44/50		42/58					
PA-28	23K	660462	7782693	808	Tanque Preto	Conglom. Maq. (seixos de qzo-pórfiro, e talc-xist.)			38/52					
PA-29	23K	660453	7782674	809	Tanque Preto	Conglom. Maq.			42/55	162/70				
PA-30	23K	660459	7782650	810	Tanque Preto	Arenito fino	32/55		162/70					
PA-31	23K	660447	7782637	821	Tanque Preto	Conglom. Maq.			52/60					
PA-32	23K	660439	7782594	824	Carapa	Conglom. Maq.			73/50					
PA-33	23K	660431	7782521	836	Carapa	Conglom. Maq.			53/50					
PA-34	23K	660488	7782327		Carapa	Quartzito Maq.	48/45	05/50(Sn+1)	46/53					
PA-35	23K	660595	7782131	857	Carapa	Quartzito Maq. Rico em Cianita	330/40	25/20						
PA-36	23K	660540	7782064	874	Carapa	Metaultramáfica brechada c/ spinifex	281/70							
PA-37	23K	660516	7782000	885	Carapa	Quartzito Maq.								
PA-38	23K	660545	7781879		Carapa	Quartzito Maq.	60/58		72/64					
PA-39	23K	660570	7781816		Carapa	Conglom. Maq. (Seixos diversos- Q-porf. E bif)	85/55				SAC-0001			
PA-40	23K	660493	7781707		Carapa	Conglom. Maq. (Seixos diversos- Q-porf. E bif)								
PA-41	23K	660504	7781674	950	Carapa	Quartzitos e Conglom. Intercalados	70/65		354/55					
PA-42	23K	660488	7781751	929	Carapa	Quartzitos e Conglom. Intercalados	90/74-46/65		06/36					
PA-43	23K	660451	7781671	931	Carapa	Dique básico	70/75			78/70				
PA-44	23K	660550	7781568	930	Carapa	Anfibolito Diabasóide freco					SAC-0002			
PA-45	23K	660618	7781474	935	Carapa	Quartzitos e Conglom. Intercalados	351/70		56/84					
PA-46	23K	660807	7781277	1000	Carapa	Quartzito Espinhaço	350/55				SAC-0003			
PA-47	23K	660755	7781249		Carapa	Quartzito Espinhaço (estrat cruzada invertida, peq. Porte)								
PA-48	23K	660732	7781243		Carapa	Quartzito Espinhaço (estrat cruzada invertida, peq. Porte)								
PA-49	23K	660944	7781138	1035	Carapa	Quartzito Espinhaço (Conglomerado monomítico)								
PA-50	23K	660939	7781118	1065	Carapa	Quartzito Espinhaço								
PA-51	23K	660963	7781115	1100	Carapa	Quartzito Espinhaço (micáceo)	50/70		92/85					
PA-52	23K	660720	7780913	1300	Carapa	Quartzito Espinhaço (estrat cruzada invertida, méd. Porte)	70/70							
PA-53	23K	661396	7782068		Rib. Carapa	grafita-xisto								
PA-54	23K	658274	7783796		Rib. Carapa	Porteira Cininho- Nova Lima sericta-xistos								
PA-55	23K	658110	7782421		Rib. Carapa	solo-vermelho argiloso N. Lima								
PA-56	23K	657932	7782381		Rib. Carapa	Quartzito Conglomerático, c/ Py (Blocos rolados)	317/70							
PA-57	23K	657679	7782079		Rib. Carapa	solo-vermelho argiloso N. Lima								
PA-58	23K	657799	7782234		Rib. Carapa	metapelitos ferruginosos N.L.								
PA-59	23K	658271	7782620		Rib. Carapa	aluviões do Cór. Carapa								
PA-60	23K	658963	7782544		Rib. Carapa	aluviões do Cór. Carapa								
PA-61	23K	658809	7782268		Rib. Carapa	aluviões do Cór. Carapa								
PA-62	23K	658633	7781854		Rib. Carapa	Blocos do Maq.	48/70							

Anexo 2: Tabela 1 - Relação de Afloramentos da Área da Mina do Pari e Arredores (cont.)

IDNT	ZON	E EASTING	NORTHING	Altitude	Local	Litotipo	Sn	Ln	So	Fraturas	Amostras	Descrição da amostra	Fotos	Prancha
PA-63	23K	658642	7781772		Rib. Caraça	Conglom. e quartzitos	46/70		46/70					
PA-64	23K	658629	7781753		Rib. Caraça	Conglom. e quartzitos	15/80	290/40	15/80					
PA-65	23K	658636	7781575		Rib. Caraça	Quartzito conglomerático, c/ Py	45/40		45/40	250/90 e 350/90				
PA-66	23K	658670	7781528		Rib. Caraça	Quartzito conglomerático, c/ Py (estrat. Cruz normais)	22/56		05/56					
PA-67	23K	658712	7781471		Rib. Caraça	Quartzito			00/72					
PA-68	23K	658750	7781440		Rib. Caraça	Quartzito	20/70		40/50					
PA-69	23K	658810	7781386		Rib. Caraça	Quartzito			340/68					
PA-70	23K	658782	7781351		Rib. Caraça	talco-xisto do Q. Osso	355/60							
PA-71	23K	658663	7781192		Rib. Caraça	Quartzito conglomerático, c/ Py			348/40	125/55(dique)				
PA-72	23K	658808	7781397		Rib. Caraça	Dique básico porfiritico								
PA-73	23K	652407	7795373		Gongo Soco	Conglomerado Nova Lima								
PA-74	23K	669615	7802853		Brucutu	Banco 940 - Itabirito	350/10	75/20						
PA-75	23K	669513	7803036		Brucutu	Intrusiva básica intemperizada	196/05							
PA-76	23K	671488	7803956		Brucutu	Itabirito FD BD-81								
PA-77	23K	671723	7804136		Brucutu	Canga								
PA-78	23K	671772	7804272		Brucutu	Solo argiloso marrom do N.Lima								
PA-79	23K	671597	7803884		Brucutu	Nova Lima- anfiboitos e xistos micáceos								
PA-80	23K	670787	7803903		Brucutu	Itabirito rico, silicoso								
PA-81	23K	670434	7804021		Brucutu	Canga hematítica rica								
PA-82	23K	670111	7804133		Brucutu	Itabirito								
PA-83	23K	669888	7804060		Brucutu	FD-007, azm 85, dip 85N, 51m de itabirito								
PA-84	23K	668171	7803039		Brucutu	Itabirito								
PA-85	23K	667976	7802836		Brucutu	Itabirito Friável								
PA-86	23K	668105	7803072		Brucutu	Contato Itabirito sobre qzo-mica-xisto (milonito)								
PA-87	23K	679363	7792305		Pari Leste	anfibolito					GCA-2003-006	Anfibolito grosso carbonatado		
PA-88	23K	679996	7792736		Pari Leste	solo TTG								
PA-89	23K	679924	7792760		Pari Leste	solo marrom escuro, com ressoamento na topografia								
PA-90	23K	679865	7792791		Pari Leste	solo marrom escuro								
PA-91	23K	666501	7792542		TTG Sta Bárbara	TTG					GCA-2003-008			

Anexo 2: Tabela 2 - Relação de Afloramentos Regionais e da Mina do Pari e Arredores

Pto	Zona	UTM E	UTM N	Local	Descrição	Foliação	Lineação	Amostra	Prancha
AS-1	23K	638727	7808297	Serra da Piedade	Itabirito Cauê				
AS-2	23K	638710	7808285	Serra da Piedade	Itabirito Cauê				
AS-3	23K	638714	7808278	Serra da Piedade	Itabirito Cauê				
AS-4	23K	638742	7808254	Serra da Piedade	Itabirito Cauê	80/22			
AS-5	23K	695622	7803586	BR-262	Granito Borrachudos/Gnaiss Monlevade	255/70			
AS-6	23K	695434	7803726	BR-262	Gnaiss Monlevade (Qzo-Musc.-xisto)	70/12			
AS-7	23K	695491	7803703	BR-262	Gnaiss Monlevade (Qzo-Musc.-xisto)	100/20			
AS-8	23K	695075	7803628	BR-262	Granito Borrachudos/Gnaiss Monlevade				
AS-9	23K	694951	7803651	BR-262	Granito Borrachudos/Gnaiss Monlevade	125/15			
AS-10	23K	694531	7803940	BR-262	TTG milonítico				
AS-11	23K	694630	7803834	BR-262	TTG milonítico				
AS-12	23K	694765	7803754	BR-262	TTG milonítico, trechos com K-feldspato	105/16			
AS-13	23K	694827	7803732	BR-262	Granito Borrachudos/TTG(transição)				
AS-14	23K	694853	7803714	BR-262	Gnaiss Monlevade (Qzo-Musc.-xisto)	100/15			
AS-15	23K	693973	7804104	BR-262	Gnaiss Monlevade (Qzo-Musc.-xisto)				
AS-16	23K	694011	7804117	BR-262	Gnaiss Monlevade (Qzo-Musc.-xisto)	10/28			
AS-17	23K	686695	7803995	BR-262	Gnaiss Monlevade (Qzo-Musc.-xisto)	350/32 e 300/40			
AS-18	23K	686681	7803985	BR-262	Contato c/ Anfibolito (dobra)	10/28			
AS-19	23K	686699	7803889	BR-262	Talco-xisto com anfibólio				
AS-20	23K	686647	7803927	BR-262	Solo c/ bloco de metaultramáfica	313/28		SG-001	
AS-21	23K	686666	7803760	BR-262	TTG milonítico c/ anfibolitos ttg	320/35			
AS-22	23K	686424	7803520	BR-262	TTG				
AS-23	23K	677201	7804932	BR-262	Granito Borrachudos			SG-002A, B e C	
AS-24	23K	678632	7803448	BR-262	Granito Borrachudos (Pedreira)				
AS-25	23K	684879	7803191	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Gnaiss Monlevade (Qzo-Musc.-xisto)	350/20			
AS-26	23K	685852	7802316	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Gnaiss Monlevade (Qzo-Biot-xisto)	00/00			
AS-27	23K	685990	7802244	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Gnaiss Monlevade	320/20		SG-003	
AS-28	23K	685970	7801995	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Blocos de TTG, solo vermelho, Cachoeira				
AS-29	23K	686115	7801946	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Qzo-musc-xisto grosso				
AS-30	23K	686300	7801849	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Anfibolito foliado fino			SG-004	
AS-31	23K	687019	7801295	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Anfibolito foliado fino, clorita e biotita				
AS-32	23K	687189	7801123	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Gnaiss félsico foliado (TTG ou Monlev.)	78/28			
AS-33	23K	687385	7800966	Perfil S.Gon.-R.Pira.	TTG milonítico				
AS-34	23K	687331	7800729	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Solo avermelhado, blocos de anfibolito				
AS-35	23K	688029	7799755	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Solo avermelhado, blocos de anfibolito				
AS-36	23K	688263	7800182	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Blocos grandes(3 a 4 m3) de G.Piracicaba				
AS-37	23K	688376	7800976	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Solo vermelho da base da S. Seara				
AS-38	23K	688927	7799646	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Itabirito Cauê				
AS-39	23K	689276	7799655	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Itabirito Cauê				
AS-40	23K	689426	7799513	Perfil S.Gon.-R.Pira.	Itabirito Cauê	256/22			
AS-41	23K	711979	7841921	Área Graças a Deus	Gnaiss Monlevade				
AS-42	23K	711941	7842027	Área Graças a Deus	Referência point				
AS-43	23K	711835	7842395	Área Graças a Deus	Solo vermelho, contato MGF c/ G.Monlev.				
AS-44	23K	711965	7842557	Área Graças a Deus	MGF, alto divisor de águas				
AS-45	23K	711800	7842729	Área Graças a Deus	MGF, alto divisor(a E-Crisoberilo, W-Alexandrita				
AS-46	23K	711541	7843008	Área Pedrinho	Alto do MGF				
AS-47	23K	707146	7839036	Área Pedrinho	Talus, galeria rumo N50E	55/25 e 12/20			
AS-48	23K	707090	7839106	Área Pedrinho	Galeria 2, Gn. Monlev. Rumo N25E	350/35		SG-006	
AS-49	23K	707074	7839100	Área Pedrinho	MGF/Biotitito	120/40			
AS-50	23K	662678	7789266	Brumal	BIF e Qossos	204/35			
AS-51	23K	662524	7789328	Brumal	BIF fácies óxido	140/40			
AS-52	23K	662551	7789311	Brumal	Talco-xisto				

Anexo 2: Tabela 2 - Relação de Afloramentos Regionais e da Mina do Pari e Arredores

Pto	Zona	UTM E	UTM N	Local	Descrição	Foliação	Lineação	Amostra	Prancha
AS-53	23K	662592	7789258	Brumal	Talco-xisto mixed	140/52			
AS-54	23K	662610	7788903	Brumal	Solo do Q.Osso, Vista para o Caraça e C. Sítio				
AS-55	23K	663156	7789082	Brumal	BIF	100/55			
AS-56	23K	663170	7789129	Brumal	BIF				
AS-57	23K	662240	7789023	Brumal	2 Poços, BIF a 1m de prof.	120/50			
AS-58	23K	662213	7789071	Brumal	BIF com 2 foliações, dobrado	110/40 e 120/60	145/35		
AS-59	23K	661670	7788548	Brumal	Bif c/ Filitos N.Lima	130/71			
AS-60	23K	661604	7788553	Perfil Brumal Quebra Osso	Metabásica do Nova Lima				
AS-61	23K	661688	7788524	Perfil Brumal Quebra Osso	Contato c/ Metaultramáfica do Q.º	125/47			
AS-62	23K	661812	7788399	Perfil Brumal Quebra Osso	Quebra Osso				
AS-63	23K	661941	7788334	Perfil Brumal Quebra Osso	Solo Vermelho do Q.Osso				
AS-64	23K	662067	7788277	Perfil Brumal Quebra Osso	Solo Vermelho, formigueiro c/ frag amarelo e veio de Qzo(exudação)				
AS-65	23K	663150	7792991	Perfil Brumal Quebra Osso	Garimpo do Lacinho, Bif e Grafita-xisto venulado				
AS-66	23K	663011	7793060	Perfil Brumal Quebra Osso	Contato BIF e Grafita-xisto	128/30, fal. 42/62	130/45		
AS-67	23K	663811	7787371	Perfil Brumal Quebra Osso	TTG				
AS-68	23K	664476	7786116	Perfil Brumal Quebra Osso	TTG				
AS-69	23K	662951	7786580	Perfil Brumal Quebra Osso	Sericita-quartzito da S. Boa Vista	80/80			
AS-70	23K	662891	7786523	Perfil Brumal Quebra Osso	Blocos do Quebra Osso				
AS-71	23K	662566	7786554	Perfil Brumal Quebra Osso	Blocos do Quebra Osso(contato escavado)				
AS-72	23K	662354	7786673	Perfil Brumal Quebra Osso	Cloritito e talco-xistos				
AS-73	23K	662267	7786833	Perfil Brumal Quebra Osso	Talco-xistos				
AS-74	23K	662194	7787150	Perfil Brumal Quebra Osso	Talco-xistos	114/60			
AS-75	23K	661550	7788176	Perfil Brumal Quebra Osso	Talco-xisto	120/75			
AS-76	23K	661400	7788157	Perfil Brumal Quebra Osso	Talco-xisto	125/90			
AS-77	23K	661368	7788161	Perfil Brumal Quebra Osso	xisto vermelho quartzoso do N. Lima	120/85			

Anexo 2: Tabela 3 - Relação de Afloramentos da área do Gongo Soco

Ponto	Coordenadas		UTM		Altitude (m)	Unidade Litoestrat.	Foliação Sn M	Eixo de Dobra	Eixo de Crenulação	Lineação Mineral	Descrição	Fotos	Prancha
	Latitude	Longitude	E	N									
GS-1	W 43°32'57.015"	S 19°57'16.953"	651844	7792885		Gandarela					Canga ferruginosa sobre as rochas da formação Gandarela		
GS-2	W 43°33'48.633"	S 19°56'59.257"	650348	7793442		Cauê					Itabirito Cauê		
GS-3	W 43°33'44.632"	S 19°55'44.516"	650484	7795739		Nova Lima					Xisto		
GS-4	W 43°33'19.080"	S 19°55'55.724"	651224	7795388		Espinhaço	130/45				Ortoquartzito com estratificação de médio porte		
GS-5	W 43°33'17.756"	S 19°56'27.783"	651254	7794402		Nova Lima	135/55				Bif tipo algoma, fácies óxido		
GS-6	W 43°33'09.452"	S 19°56'37.082"	651493	7794114		Gandarela					Itabirito maciço hematítico (antiga lavra Gongo Soco)		
GS-7	W 43°32'39.935"	S 19°56'26.498"	652354	7794432		Cauê	140/25				Itabirito hematítico (Mineração Barra Mansa)		
GS-8	W 43°30'18.237"	S 19°55'13.086"	656494	7796653		Espinhaço					Conglomerado Sopa Brumadinho		
GS-9	W 43°33'12.767"	S 19°56'28.035"	651399	7794393	1130 m	Nova Lima	90/30				Xisto lilás rolado (xisto Nova Lima)		
GS-10	W 43°33'10.744"	S 19°56'27.400"	651458	7794412		Nova Lima	155/50				Bif tipo algoma (Nova Lima)		
GS-11	W 43°33'05.765"	S 19°56'26.449"	651603	7794440	1158 m	Canga					Canga laterítica		
GS-12	W 43°32'04.182"	S 19°56'28.448"	653393	7794363	1195 m	Cauê	142/32				Itabirito rico (chapinha)		
GS-13	W 43°33'05.294"	S 19°56'29.080"	651616	7794359	1185 m	Cauê-Gandarela					Itabirito chapinha (borda de antiga cava)		
GS-14	W 43°33'00.507"	S 19°56'29.789"	651755	7794336	1159 m	Canga					Canga fina de itabirito		
GS-15	W 43°32'58.433"	S 19°56'30.910"	651815	7794301	1157 m	Canga					Solo laranja com fragmentos de bif		
GS-16	W 43°32'55.922"	S 19°56'30.922"	651888	7794300	1143 m	Gandarela	260/20				Bif misto com feldspato; fácies óxido e carbonato		
GS-17	W 43°32'52.758"	S 19°56'30.929"	651980	7794299	1128 m	Canga					Canga de itabirito		
GS-18	W 43°32'49.179"	S 19°56'31.160"	652084	7794291	1096 m	Canga	130/25				Canga de itabirito		
GS-19	W 43°32'46.924"	S 19°56'33.255"	652149	7794226	1068 m	Gandarela					Canga ocre		
GS-20	W 43°32'40.999"	S 19°56'34.248"	652321	7794194	1031 m	Canga					Canga ferruginosa		
GS-21	W 43°32'37.795"	S 19°56'34.807"	652414	7794176	973 m	Cauê-Gandarela	145/20				Zona de transição; bif fácies carbonato-bif fácies óxido		
GS-22	W 43°32'43.047"	S 19°56'35.956"	652261	7794142	997 m	Gandarela	120/45, 112/12				Xistos róseos intemperizados com zona de turmalinito		
GS-23	W 43°32'42.868"	S 19°56'36.800"	652266	7794116	969 m	Gandarela	155/20				Zona de transição; bif fácies carbonato-bif fácies óxido		
GS-24	W 43°32'45.119"	S 19°56'36.800"	652202	7794285	966 m	Cauê-Gandarela	160/13, 120/20			80/15	Itabirito misto; fácies óxido e carbonato		
GS-25	W 43°32'47.456"	S 19°56'27.731"	652135	7794396	960 m	Gandarela	121/23				Itabirito misto; fácies óxido e carbonato		
GS-26	W 43°32'47.873"	S 19°56'27.246"	652123	7794411	938 m	Cauê-Gandarela	235/25				Itabirito misto; fácies óxido e carbonato		
GS-27	W 43°32'47.590"	S 19°56'20.674"	652133	7794613	1009 m	Nova Lima	151/28				Itabirito misto; fácies óxido e carbonato		
GS-28	W 43°32'50.416"	S 19°56'19.949"	652051	7794636		Nova Lima	146/35		195/21		Xisto feldspático róseo crenulado		
GS-29	W 43°32'51.652"	S 19°56'20.187"	652015	7794629	1031 m	Nova Lima					Canga itabirítica rolada. Solo com plaquetas de xisto verde		
GS-30	W 43°32'51.879"	S 19°56'21.685"	652008	7794583	1047 m	Nova Lima					Solo laranja avermelhado		
GS-31	W 43°32'54.412"	S 19°56'23.071"	651934	7794541	1065 m	Nova Lima					Solo laranja avermelhado		
GS-32	W 43°32'55.425"	S 19°56'25.096"	651904	7794479	1073 m	Nova Lima					Metabásica, clorita xisto		
GS-33	W 43°32'57.246"	S 19°56'25.274"	651851	7794474	1088 m	Nova Lima					Blocos de xistos verdes		
GS-34	W 43°32'59.111"	S 19°56'24.508"	651797	7794498	1113 m	Canga					Canga laterítica ocre avermelhada	10	1
GS-35	W 43°33'01.845"	S 19°56'26.319"	651717	7794443	1132 m	Canga					Bancadas de canga		
GS-36	W 43°33'11.699"	S 19°56'28.254"	651430	7794386	1121 m	Nova Lima					Xisto feldspático cinza		
GS-37	W 43°33'10.115"	S 19°56'28.501"	651476	7794378	1127 m	Nova Lima	137/50, 142/35	190/35			Xisto sericítico prateado		
GS-38	W 43°33'08.053"	S 19°56'28.289"	651536	7794384		Gandarela	170/45				Itabirito misto com magnetita; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-39	W 43°33'07.427"	S 19°56'28.999"	651554	7794362	1129 m	Gandarela					Itabirito misto com magnetita; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-40	W 43°33'07.575"	S 19°56'31.668"	651549	7794280	1130 m	Gandarela	160/45				Itabirito misto com magnetita; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-41	W 43°33'08.889"	S 19°56'34.638"	651510	7794189	1108 m	Gandarela	160/25				Itabirito misto com magnetita; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-42	W 43°33'09.399"	S 19°56'35.325"	651495	7794168	1109 m	Gandarela	126/30				Itabirito intemperizado ocre		
GS-43	W 43°33'09.345"	S 19°56'37.406"	651496	7794104	1117 m	Cauê	135/50			90/30	Itabirito misto; fácies óxido		
GS-44	W 43°33'08.858"	S 19°56'38.118"	651510	7794082	1109 m	Cauê	170/70			108/05	Itabirito misto; fácies óxido		
GS-45	W 43°33'10.378"	S 19°56'37.285"	651466	7794108	1125 m	Cauê	132/35			90/24	Itabirito misto; fácies óxido		
GS-46	W 43°33'05.252"	S 19°56'41.308"	651614	7793983	1082 m	Cauê-Gandarela	127/25			90/15	Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-47	W 43°33'06.903"	S 19°56'44.997"	651565	7793870	1068 m	Cauê-Gandarela	192/28			105/05	Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-48	W 43°33'12.390"	S 19°56'46.766"	651405	7793817	1057 m	Cauê-Gandarela	140/15			102/12	Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-49	W 43°33'15.148"	S 19°56'49.845"	651324	7793723	1009 m	Cauê-Gandarela	165/21	220/14			Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-50	W 43°33'16.023"	S 19°56'48.194"	651299	7793774	1012 m	Cauê-Gandarela	165/15			120/12	Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-51	W 43°33'16.939"	S 19°56'45.730"	651273	7793850	1032 m	Cauê-Gandarela	144/30, 148/26				Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-52	W 43°33'17.476"	S 19°56'43.490"	651258	7793919	1021 m	Cauê-Gandarela	150/11	100/10			Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-53	W 43°33'16.948"	S 19°56'44.819"	651273	7793878	1027 m	Cauê-Gandarela	112/35		135/28		Itabirito fácies óxido		
GS-54	W 43°33'17.194"	S 19°56'44.203"	651266	7793897	1023 m	Cauê-Gandarela	160/40				Itabirito intemperizado ocre fácies carbonato		
GS-55	W 43°33'17.384"	S 19°56'38.480"	651262	7794073	1022 m	Cauê-Gandarela	130/20, 134/30				Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		

Anexo 2: Tabela 3 - Relação de Afloramentos da área do Gongo Soco (cont.)

Ponto	Coordenadas		UTM		Altitude (m)	Unidade Litoestrat.	Foliação Sn M	Eixo de Dobra	Eixo de Crenulação	Lineação Mineral	Descrição	Fotos	Prancha
	Latitude	Longitude	E	N									
GS-56	W 43°33'21.189"	S 19°56'36.071"	651152	7794148	1024 m	Nova Lima	150/52			80/20	Xisto clorítico		
GS-57	W 43°33'22.050"	S 19°56'35.916"	651127	7794153	1030 m	Nova Lima	140/25	95/20			Chert com limonita e goetita		
GS-58	W 43°33'24.918"	S 19°56'34.476"	651044	7794198	1018 m	Nova Lima	120/40				Xisto clorítico		
GS-59	W 43°33'02.005"	S 19°56'46.486"	651707	7793823	1020 m	Nova Lima	172/25	222/12			Xisto cortado por plano de falha (178/40) preenchido por quartzo		
GS-60	W 43°32'57.776"	S 19°56'38.873"	651832	7794056	1006 m	Cauê-Gandarela	340/60				Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato e algum sulfeto		
GS-61	W 43°32'53.763"	S 19°56'41.312"	651948	7793980	1009 m	Cauê-Gandarela	155/35				Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-62	W 43°32'51.717"	S 19°56'43.182"	652007	7793922	1018 m	Cauê-Gandarela	220/40		325/15		Zona de transição; itabirito de fácies carbonato-óxido		
GS-63	W 43°33'16.599"	S 19°56'26.407"	651288	7794444	1130.65	Nova Lima					Marco de referência: Estaca 0 - Linha Base. Bif tipo algoma		
GS-64	W 43°33'17.472"	S 19°56'21.275"	651264	7794602	1137 m	Nova Lima					Solo vermelho argiloso		
GS-65	W 43°33'17.606"	S 19°56'17.862"	651261	7794707	1147 m	Nova Lima	140/55				Xistos róseos intemperizados e xisto lilás		
GS-66	W 43°33'18.348"	S 19°56'15.721"	651240	7794773	1152 m	Nova Lima	350/25				Bif tipo algoma		
GS-67	W 43°33'16.571"	S 19°56'14.438"	651292	7794812	1167 m	Nova Lima	20/40				Xisto ocre intemperizado		
GS-68	W 43°33'18.972"	S 19°56'11.400"	651223	7794906	1153 m	Nova Lima	00/90				Xisto sericítico lilás. Solo ocre laranja		
GS-69	W 43°33'20.633"	S 19°56'10.210"	651175	7794943	1135 m	Nova Lima	170/45				Xisto róseo intemperizado		
GS-70	W 43°33'22.484"	S 19°56'07.168"	651122	7795037	1123 m	Nova Lima					Blocos de xisto lilás sericítico em meio ao solo		
GS-71	W 43°33'22.876"	S 19°56'05.708"	651111	7795082	1117 m	Nova Lima	130/75	190/65			Xisto carbonoso manganesífero		
GS-72	W 43°33'23.791"	S 19°56'03.341"	651085	7795155	1117 m	Nova Lima	97/52				Bloco de bif do tipo algoma com limonita-goetita		
GS-73	W 43°33'22.839"	S 19°56'02.195"	651113	7795190	1117 m	Nova Lima					Bloco de bif do tipo algoma		
GS-74	W 43°33'24.298"	S 19°56'00.580"	651071	7795240	1104 m	Nova Lima	98/90				Bloco de quartzito micáceo		
GS-75	W 43°33'24.585"	S 19°55'59.282"	651063	7795280	1110 m	Nova Lima	160/49				Xisto clorítico		
GS-76	W 43°33'23.384"	S 19°55'59.012"	651098	7795288	1098 m	Espinhaço	140/60				Quartzito puro		
GS-77	W 43°33'19.756"	S 19°55'56.998"	651204	7795349	1104 m	Espinhaço	160/49				Quartzito micáceo		
GS-78	W 43°33'22.561"	S 19°55'47.361"	651125	7795646	1131 m	Nova Lima					Solo areno-argiloso laranja averelhado		
GS-79	W 43°33'21.501"	S 19°55'42.864"	651157	7795784	1136 m	Nova Lima	115/55				Xisto lilás intemperizado		
GS-80	W 43°33'22.555"	S 19°55'36.596"	651128	7795977	1139 m	Nova Lima					Xisto argiloso sericítico amarelo		
GS-81	W 43°33'18.606"	S 19°55'39.816"	651242	7795877	1159 m	Nova Lima					Solo marrom com placas de sericita xisto prateado		
GS-82	W 43°33'16.646"	S 19°55'43.573"	651298	7795761	1158 m	Nova Lima					Solo marrom avermelhado escuro		
GS-83	W 43°33'16.397"	S 19°55'48.222"	651304	7795618	1119 m	Nova Lima	110/60	90/55			Xisto sericítico vermelho ocre dobrado		
GS-84	W 43°33'15.296"	S 19°55'51.986"	651335	7795502	1117 m	Nova Lima	120/54			90/55	Xisto lilás intemperizado		
GS-85	W 43°33'14.535"	S 19°55'52.435"	651357	7795488	1115 m	Nova Lima					Fragmentos de veio de quartzo leitoso		
GS-86	W 43°33'03.393"	S 19°55'33.545"	651686	7796066	1146 m	TTG	115/30				TTG intemperizado		
GS-87	W 43°33'04.027"	S 19°55'35.664"	651667	7796001	1114 m	TTG-Nova Lima	125/46				Zona de contato		
GS-88	W 43°33'03.877"	S 19°55'37.094"	651671	7795957	1143 m	Nova Lima	126/23				Xisto intemperizado		
GS-89	W 43°33'04.845"	S 19°55'40.224"	651642	7795861	1137 m	Nova Lima					Solo vermelho argiloso		
GS-90	W 43°33'02.076"	S 19°55'42.218"	651722	7795799	1127 m	Nova Lima	145/35		90/20		Xisto ocre avermelhado		
GS-91	W 43°33'01.101"	S 19°55'39.706"	651751	7795876	1118 m	Nova Lima	128/30		120/40		Xisto variegado		
GS-92	W 43°32'55.198"	S 19°55'42.130"	651922	7795800	1101 m	Nova Lima	128/46				Quartzo clorita xisto ferruginoso		
GS-93	W 43°32'51.244"	S 19°55'45.838"	652036	7795685	1093 m	Nova Lima					Blocos rolados de xistos variados. Solo ocre argiloso		
GS-94	W 43°32'50.361"	S 19°55'48.367"	652061	7795607	1098 m	Espinhaço	135/57				Quartzito		
GS-95	W 43°32'49.423"	S 19°55'49.465"	652088	7795573	1084 m	Espinhaço	128/21				Quartzitos micáceo		
GS-96	W 43°32'47.424"	S 19°55'49.872"	652146	7795560	1083 m	Espinhaço	148/40				Sericita-quartzo xistos milonítico		
GS-97	W 43°32'43.480"	S 19°55'48.636"	652261	7795597	1069 m	Espinhaço	130/41				Quartzito		
GS-98	W 43°32'41.673"	S 19°55'54.476"	652312	7795417	1063 m	Espinhaço	134/20				Sericita-quartzo xisto		
GS-99	W 43°32'49.787"	S 19°55'58.478"	652075	7795296	1046 m	Nova Lima					Solo ocre laranja		
GS-100	W 43°32'53.980"	S 19°55'58.837"	651953	7795286	1025 m	Espinhaço	120/43				Quartzito com níveis micáceos e níveis com hematita estirada		
GS-101	W 43°33'00.151"	S 19°55'57.196"	651774	7795338	1094 m	Espinhaço					Solo claro com fragmentos de quartzo. Solo amarelo argiloso a cinza	101	1
GS-102	W 43°33'01.791"	S 19°55'58.316"	651726	7795304	1104 m	Nova Lima					Xistos sericíticos róseos a lilás		
GS-103	W 43°33'03.881"	S 19°55'51.730"	651667	7795507	1127 m	Espinhaço	150/26			90/19	Quartzito micáceo		
GS-104	W 43°33'04.933"	S 19°55'49.430"	651637	7795578	1137 m	Nova Lima					Solo laranja avermelhado escuro argiloso		
GS-105	W 43°33'04.847"	S 19°55'47.608"	651640	7795634	1141 m	Nova Lima					Solo vermelho argiloso com fragmentos, blocos rolados do xisto Nova Lima		
GS-106	W 43°33'04.881"	S 19°55'43.802"	651640	7795751	1145 m	Nova Lima					Solo vermelho argiloso		
GS-107	W 43°33'34.470"	S 19°55'46.319"	650779	7795681	1175 m	Nova Lima					Solo laranja argiloso, fragmentos de sericita xisto carbonoso sedoso prateado		
GS-108	W 43°33'34.008"	S 19°55'47.975"	650792	7795630	1188 m	Espinhaço	124/35				Quartzito		
GS-109	W 43°33'33.856"	S 19°55'49.469"	650796	7795584	1120 m	Espinhaço	115/55				Quartzito		
GS-110	W 43°33'34.338"	S 19°55'49.473"	650782	7795584	1227 m	Espinhaço					Quartzito com estratificação cruzada de 1,0 m	8	1

Anexo 2: Tabela 3 - Relação de Afloramentos da área do Gongo Soco (cont.)

Ponto	Coordenadas		UTM		Altitude (m)	Unidade Litoestrat.	Foliação Sn M	Eixo de Dobra	Eixo de Crenulação	Lineação Mineral	Descrição	Fotos	Prancha
	Latitude	Longitude	E	N									
GS-111	W 43°33'35.162"	S 19°55'53.448"	650757	7795462	1189 m	Espinhaço					Quartzitos com veios de quartzo recristalizado		
GS-112	W 43°33'34.297"	S 19°55'54.026"	650782	7795444	1169 m	Espinhaço	130/20			130/20	Ortoquartzito fino		
GS-113	W 43°33'32.150"	S 19°55'55.570"	650844	7795396	1151 m	Espinhaço	10/70				Ortoquartzito fino		
GS-114	W 43°33'30.806"	S 19°55'55.917"	650883	7795385	1132 m	Espinhaço	145/50, 130/45				Ortoquartzito fino. 10 metros a sul, mica xisto cizalhado.		
GS-115	W 43°33'29.397"	S 19°55'55.776"	650924	7795389	1122 m	Espinhaço	100/35			100/30	Quartzito		
GS-116	W 43°33'27.848"	S 19°55'55.926"	650969	7795384	1153 m	Espinhaço	110/40				Quartzito micáceo		
GS-117	W 43°33'07.819"	S 19°56'35.052"	651541	7794176	1122 m	Nova Lima	122/55				Bif tipo algoma		
GS-118	W 43°33'03.297"	S 19°56'35.052"	651672	7794118	1033 m	Nova Lima					Material misto. Blocos rolados do Minas e Nova Lima		
GS-119	W 43°33'03.325"	S 19°56'37.487"	651671	7794100	1041 m	Nova Lima	145/25				Bif tipo algoma e chert		
GS-120	W 43°33'03.749"	S 19°56'36.320"	651659	7794136	1063 m	Nova Lima	180/15				Contato bif tipo algoma com clorita xisto com níveis de chert		
GS-121	W 43°33'04.405"	S 19°56'32.227"	651641	7794262	1069 m	Nova Lima	140/35				Xisto clorítico com intercalações de níveis carbonáticos		
GS-122	W 43°33'04.920"	S 19°56'32.426"	651626	7794256	1127 m	Nova Lima	152/15				Xisto bandado		
GS-123	W 43°33'05.411"	S 19°56'31.325"	651612	7794290	1115 m	Nova Lima	152/25				Xisto ocre		
GS-124	W 43°33'04.864"	S 19°56'30.995"	651628	7794300	1112 m	Cauê	172/22	120/15			Itabirito		
GS-125	W 43°33'06.348"	S 19°56'30.389"	651585	7794319	1142 m	Cauê					Itabirito no alto da crista, divisor de drenagem		
GS-126	W 43°33'15.691"	S 19°56'16.643"	651317	7794744	1107 m	Nova Lima					Solo laranja avermelhado argiloso		
GS-127	W 43°33'13.346"	S 19°56'17.371"	651385	7794721	1070 m	Nova Lima					Solo vermelho argiloso		
GS-128	W 43°33'08.626"	S 19°56'17.371"	651499	7794778	1040 m	Nova Lima	125/20				Xisto ocre quartzoso		
GS-129	W 43°33'07.981"	S 19°56'13.555"	651542	7794837	1053 m	Nova Lima					Blocos diversos garimpados. (Garimpo antigo)		
GS-130	W 43°33'07.711"	S 19°56'12.935"	651550	7794856	1056 m	Nova Lima					Solo marrom		
GS-131	W 43°33'07.150"	S 19°56'10.328"	651567	7794936	1077 m	Nova Lima					Solo argiloso alaranjado-cinza		
GS-132	W 43°33'05.773"	S 19°56'06.739"	651608	7795046	1039 m	Nova Lima					Solo argiloso ocre alaranjado		
GS-133	W 43°33'05.414"	S 19°56'04.655"	651619	7795110	1050 m	Maquiné	135/65, 125/20				Xisto prateado com porções conglomeráticas		
GS-134	W 43°33'09.366"	S 19°56'04.980"	651504	7795101	1044 m	Maquiné	120/35				Xisto argiloso. Blocos de ortoquartzito		
GS-135	W 43°33'11.149"	S 19°56'01.742"	651453	7795201	1048 m	Espinhaço	140/40				Sericita-quartzo xisto com níveis micáceos		
GS-136	W 43°33'13.978"	S 19°56'00.789"	651371	7795231	1045 m	Espinhaço	135/50				Xisto feldspático deformado		
GS-137	W 43°33'16.895"	S 19°56'01.463"	651299	7797041	1047 m	Nova Lima					Blocos de bif tipo algoma rolados		
GS-138	W 43°33'19.918"	S 19°56'01.911"	651198	7795198	1058 m	Nova Lima	150/60				Xisto ocre clorítico		
GS-139	W 43°33'19.695"	S 19°55'59.925"	651205	7795259	1064 m	Espinhaço	150/60				Ortoquartzito branco		
GS-140	W 43°33'21.659"	S 19°55'59.550"	651148	7795271	1063 m	Espinhaço	125/40				Ortoquartzito branco		
GS-141	W 43°33'12.823"	S 19°57'03.487"	651388	7793303	893 m	Gandarela	190/20			180/18	Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-142	W 43°33'10.088"	S 19°56'57.838"	651469	7793476	927 m	Gandarela					Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-143	W 43°33'11.708"	S 19°56'57.493"	651422	7793487	938 m	Gandarela	160/15				Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-144	W 43°33'14.033"	S 19°56'55.170"	651355	7793559	962 m	Gandarela					Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-145	W 43°33'13.194"	S 19°56'52.854"	651380	7793630	969 m	Gandarela					Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-146	W 43°33'10.925"	S 19°56'52.771"	651446	7793632	968 m	Gandarela	150/22				Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-147	W 43°33'09.688"	S 19°56'52.663"	651482	7793635	967 m	Gandarela	148/25				Itabirito misto. Veio de quartzo discordante com hematita especular		
GS-148	W 43°33'07.049"	S 19°56'51.601"	651559	7793667	968 m	Gandarela	157/30				Itabirito misto; fácies óxido-fácies carbonato		
GS-149	W 43°33'03.691"	S 19°56'50.207"	651657	7793709	963 m	Gandarela	168/32				Itabirito misto. Veio de quartzo discordante e goetita botrioidal		
GS-150	W 43°33'01.638"	S 19°56'49.085"	651717	7793743	963 m	Gandarela	136/27				Itabirito misto. Goetita botrioidal e algum sulfeto		
GS-151	W 43°29'34.458"	S 19°52'18.909"	657815	7801997	1046 m	Espinhaço					Quartzitos com mega estratificações cruzadas (S. das Cambotas)	9	1
GS-152	W 43°29'14.833"	S 19°52'47.429"	658378	7801115	983 m	Espinhaço					Quartzitos com mega estratificações cruzadas (S. das Cambotas)		
GS-153	W 43°29'01.361"	S 19°52'35.963"	658773	7801464	897 m	Espinhaço					Dique básico (diabasóide) fortemente foliado de direção 340/30		
GS-154	W 43°33'07.083"	S 19°56'25.256"	651585	7794477	1176 m	Cauê					Canga laterítica		
GS-155	W 43°32'58.251"	S 19°56'47.073"	651816	7793804	968 m	Gandarela					Itabirito; fácies óxido. Quartzo preenchendo fraturas de distensão		
GS-156	W 43°26'57.506"	S 19°52'48.882"	662372	7801034	917 m	Gandarela-Embasamento					Zona de contato milonítica Gandarela-Embasamento	13, 14, 15	1 e 2
PA	W 43°32'47.087"	S 19°56'22.947"	652147	7794543							Ponto de amarração (antiga estrada de Ferro Central do Brasil EFCB)		

Obs: * Ponto Regional

Anexo 2: Tabela 4 - Relação de Afloramentos da área da Serra do Seara

Pto.	Coordenadas		UTM		Altitude (m)	Unidade Litoestrat.	Fol. Sn M	Fol. Sn+1 Posterior	Tipo Eixo	Eixo	Descrição	Fotos	Prancha
	Latitude	Longitude	E	N									
SE-1	S19°52'29.0"	W43°11'67.1"	689064	7801735	1345	Piracicaba	314/44		crenul.	25/14	muscovita-quartzito, próximo Torre CVRD		
SE-2	S19°52'30.9"	W43°11'69.9"	689013	7801700	1348	Piracicaba	114/45		dobra	300/20	muscovita quartzito		
SE-3	S19°52'33.6"	W43°11'77.3"	688884	7801653	1334	Piracicaba					muscovita quartzito, encosta W		
SE-4	S19°52'38.6"	W43°11'80.2"	688832	7801561	1326	Piracicaba	80/25	316/30	crenul.	40/25	muscovita quartzito		
SE-5	S19°52'48.5"	W43°11'79.8"	688838	7801378	1273	Piracicaba	202/20		crenul.	45/10	muscovita quartzito		
SE-6	S19°52'54.7"	W43°11'72.7"	688960	7801262	1206	Piracicaba	127/32				muscovita quartzito		
SE-7	S19°52'62.3"	W43°11'61.9"	689148	7801120	1165	Cauê	175/12	18/03	crenul.	316/38	BIF		
SE-8	S19°52'07.7"	W43°11'28.1"	689748	7802121	1300	Piracicaba	116/30				muscovita quartzito		
SE-9	S19°52'22.9"	W43°11'04.4"	690159	7801836	1205	Cauê			crenul.	125/15	BIF		
SE-10	S19°51'80.1"	W43°10'27.3"	691513	7802611	1060	Cauê			Lin.Min.	312/10	BIF		
SE-11	S19°51'94.6"	W43°09'91.2"	692139	7802336		Monlevade	122/17				Biotita-muscovita xisto feldspático		
SE-12	S19°51'97.6"	W43°10'10.2"	691809	7802286	1060	Cauê					Blocos de BIF		
SE-13	S19°51'94.2"	W43°10'23.6"	691575	7802351	1079	Monlevade	00/30		dobra	30/30	Biotita-muscovita gnaiss		
SE-14	S19°51'98.2"	W43°10'32.2"	691424	7802278	1062	Monlevade	350/30				Gnaiss micáceo		
SE-15	S19°52'00.0"	W43°10'33.9"	691394	7802245	1060	Monlevade	310/25				Granada gnaiss micáceo		
SE-16	S19°52'11.4"	W43°10'41.0"	691268	7802037	1040	Monlevade	44/12				Quartzito-mica xisto com magnetita		
SE-17	S19°52'17.2"	W43°10'56.5"	690996	7801932	1025	Monlevade	155/45				Gnaiss micáceo		
SE-18	S19°52'25.5"	W43°10'62.9"	690883	7801780	1041	Monlevade	80/14				Muscovita-quartzito xisto		
SE-19	S19°52'37.8"	W43°10'80.3"	690576	7801557	1056	Monlevade	118/19				Muscovita-quartzito xisto com nódulos feldspáticos		
SE-20	S19°52'29.0"	W43°10'79.1"	690599	7801719	1090	Cauê	270/40(?)				Blocos de Itabirito		
SE-21	S19°52'12.0"	W43°10'63.6"	690873	7802030	1106	Monlevade	50/25				Quartzito-muscovita xisto com magnetita		
SE-22	S19°52'21.8"	W43°10'94.3"	690334	7801855	1205	Piracicaba	90/25				Quartzito muscovítico		
SE-23	S19°52'20.5"	W43°10'99.5"	690245	7801879	1212	Cauê	80/20		dobra	86/12	Itabirito		
SE-24	S19°52'24.1"	W43°11'09.1"	690077	7801815	1197	Cauê/Piracicaba					Contato entre Itabirito (E) e Muscovita quartzito(W)		
SE-25	S19°52'18.6"	W04°31'15.9"	689784	7801920	1214	Piracicaba	124/30				Muscovita quartzito		
SE-26	S19°52'15.8"	W43°11'28.7"	689736	7801971	1217	Piracicaba	120/18		dobra	60/00	Quartzito muscovítico		
SE-27	S19°52'16.8"	W43°11'33.1"	689659	7801954	1240	Piracicaba	270/30				Muscovita quartzito		
SE-28	S19°52'25.0"	W43°11'39.2"	689550	7801804	1265	Piracicaba	140/28				Muscovita quartzito		
SE-29	S19°52'24.8"	W43°11'49.4"	689372	7801810		Piracicaba	150/35				Muscovita quartzito		
SE-30	S19°52'44.4"	W43°10'66.5"	690815	7801432	956	Monlevade	60/55				Muscovita gnaiss e quartzito-muscovita xisto feldspático		
SE-31	S19°52'45.6"	W43°10'58.7"	690952	7801410	955	Monlevade			dobra	42/05	Gnaiss micáceo quartzoso		
SE-32	S19°52'42.2"	W43°10'54.5"	691025	7801471	967	Monlevade					Muscovita gnaiss quartzoso		
SE-33	S19°52'36.6"	W43°10'52.7"	691058	7801573	977	Monlevade	35/25				Muscovita gnaiss quartzoso		
SE-34	S19°52'18.8"	W43°10'54.2"	691032	7801621	982	Monlevade	150/20				Quartzito-muscovita-feldspato xisto		
SE-35	S19°52'29.0"	W43°10'52.5"	691064	7801714	1000	Monlevade					Magnetita-mica xisto com cianita		
SE-36	S19°52'22.8"	W43°10'53.8"	691042	7801828	1010	Monlevade	122/10				Xistos micáceos intercalados com finos níveis de BIF		
SE-37	S19°52'42.7"	W43°10'68.3"	690785	7801464	983	Monlevade	140/20				Gnaiss micáceo com veios recristalizados		
SE-38	S19°52'22.3"	W43°10'68.7"	690778	7801530	1000	Monlevade	60/10				Gnaisses micáceos e muscovita xistos com nível de BIF		
SE-39	S19°52'38.5"	W43°10'67.8"	690794	7801541		Monlevade	135/20				Muscovita gnaiss quartzoso		
SE-40	S19°52'37.0"	W43°10'66.4"	690820	7801569		Monlevade	78/20				Muscovita gnaiss quartzoso		
SE-41	S19°52'35.1"	W43°10'67.6"	690799	7801604		Monlevade	120/15				Muscovita gnaiss quartzoso		
SE-42	S19°52'33.3"	W43°10'69.4"	690768	7801638	1025	Monlevade	40/30				Muscovita xistos com magnetita porfiroblástica		
SE-43	S19°52'37.2"	W43°10'71.1"	690737	7801567	1010	Monlevade	170/05		dobra	84/10	Quartzito-muscovita xistos		
SE-44	S19°52'42.5"	W43°10'71.6"	690727	7801469	1000	Monlevade	50/45				Muscovita gnaiss quartzoso		
SE-45	S19°52'47.2"	W43°10'68.2"	690785	7801382	982	Monlevade	82/20				Muscovita xistos		
SE-46	S19°52'49.5"	W43°10'62.5"	690884	7801338	965	Monlevade	100/15		crenul.	00/10	Mica xistos com granada		
SE-47	S19°52'50.6"	W43°10'60.3"	690922	7801317	953	Monlevade	90/20				Mica -quartzito xisto		
SE-48	S19°52'51.3"	W43°10'59.0"	690946	7801303	947	Monlevade	140/10		crenul.	10/10	Muscovita xisto prateado		
SE-49	S19°52'56.5"	W43°10'55.1"	691012	7801208		Monlevade	120/10		crenul.	40/05	Mica xisto		
SE-50	S19°52'73.1"	W43°10'54.8"	691014	7800900	920	Monlevade	28/55				Mica -quartzito xisto		
SE-51	S19°52'72.6"	W43°10'51.8"	691066	7800909	911	Monlevade					Muscovita gnaiss feldspático (refusão?)		
SE-52	S19°54'96.1"	W43°10'76.5"	690591	7796790		Cercadinho	90/10				Muscovita-quartzito xisto bandado com níveis finos de hematita		
SE-53	S19°53'89.4"	W43°10'76.9"	690606	7798759		Borrachudos	128/20		Lin.Min.	80/20	Gnaiss tonalítico a granodiorítico milonitizado	16	2
SE-54	S19°53'48.6"	W43°11'34.5"	689608	7799523		Cauê	85/25		dobra	70/15	Itabirito		
SE-55	S19°53'18.4"	W43°11'31.8"	689662	7800079		Cauê	210/15		dobra	70/30	Itabirito com magnetita		

Anexo 2: Tabela 4 - Relação de Afloramentos da área da Serra do Seara (cont.)

Pto.	Coordenadas		UTM		Altitude (m)	Unidade Litoestrat.	Fol. Sn M	Fol. Sn+1 Posterior	Tipo Eixo	Eixo	Descrição	Fotos	Prancha
	Latitude	Longitude	E	N									
SE-56	S19°53'09.3"	W43°11'19.8"	689872	7800246		Monlevade/Cauê	102/20				Contato entre Gnaisses Monlevade e Itabiritos Cauê		
SE-57	S19°53'28.2"	W43°11'37.5"	689560	7799899	892	Monlevade	110/30				Gnaiss com biotita e grafita		
SE-58	S19°51'89.9"	W43°12'02.8"	688447	7802463		Monlevade	90/10				Gnaiss felsico		
SE-59	S19°52'01.4"	W43°12'03.5"	688433	7802251		Monlevade	90/15				Gnaiss felsico		
SE-60	S19°52'42.0"	W43°11'88.0"	688696	7801499	1182	Caraça	140/25		dobra	105/15	Ortoquartzito/BIF/Muscovita quartzito		
SE-61	S19°52'38.5"	W43°11'85.2"	688745	7801563	1211	Caraça/Monlevade	130/25				Ortoquartzito/Meta básica com granada		
SE-62	S19°52'34.0"	W43°11'81.5"	688810	7801646	1200	Cauê	130/12				Itabirito rico em especularita		
SE-63	S19°52'33.4"	W43°12'08.8"	688334	7801662	1301	Monlevade					Solo Vermelho - Meta básica		
SE-64	S19°52'50.8"	W43°11'85.5"	688737	7801336	1286	Piracicaba	85/35				Quartzo-muscovita xisto		
SE-65	S19°52'59.8"	W43°11'80.6"	688822	7801170	1185	Piracicaba	136/35		dobra	200/05	Quartzo-muscovita xisto		
SE-66	S19°52'64.7"	W43°11'78.4"	688859	7801078	1134	Piracicaba	135/25		dobra	85/20	Quartzo-muscovita xisto		
SE-67	S19°52'73.2"	W43°11'74.0"	688934	7800922	1088	Piracicaba	205/25		dobra	50/10	Quartzo-muscovita xisto c/ especularita		
SE-68	S19°52'77.6"	W43°11'71.7"	688972	7800840		Cauê					Blocos de canga e BIF		
SE-69	S19°52'86.5"	W43°11'69.1"	689016	7800674	1011	Piracicaba	95/15				Quartzo-muscovita xisto		
SE-70	S19°52'90.5"	W43°11'70.4"	688994	7800601	990	Piracicaba	95/20				Quartzo-muscovita xisto		
SE-71	S19°52'93.5"	W43°11'72.2"	688961	7800546	982	Piracicaba	290/10				Muscovita quartzito com níveis finos de especularita		
SE-72	S19°52'99.3"	W43°11'70.1"	688997	7800438	941	Cauê	120/08				Itabirito pobre com muscovita		
SE-73	S19°53'02.8"	W43°11'67.1"	689048	7800374		Piracicaba/Cauê	160/15				Contato entre Itabirito e quartzo-muscovita xisto		
SE-74	S19°53'07.8"	W43°11'65.5"	689076	7800281		Cauê	204/05				Itabirito compacto		
SE-75	S19°53'17.0"	W43°11'64.7"	689088	7800112	879	Cauê	40/05				Itabirito compacto rico em especularita		
SE-76	S19°53'03.8"	W43°11'60.0"	689172	7800353	890						Solo claro rico em quartzo e muscovita		
SE-77	S19°53'03.5"	W43°11'54.6"	689267	7800359	980	Piracicaba					Solo com fragmentos de muscovita, quartzito e itabirito		
SE-78	S19°53'06.8"	W43°11'53.3"	689289	7800297	976	Cauê					Canga detrítica		
SE-79	S19°52'94.5"	W43°11'54.7"	689266	7800525	1016	Cauê	174/45(?)				Canga detrítica e itabirito		
SE-80	S19°52'82.2"	W43°11'51.8"	689145	7800753	1040	Cauê					Canga detrítica e itabirito		
SE-81	S19°52'80.1"	W43°11'62.2"	689138	7800791	1048	Piracicaba	154/07				Muscovita quartzito com níveis finos de especularita		
SE-82	S19°52'64.6"	W43°11'72.7"	688957	7801079	1112	Piracicaba			dobra	225/05	Quartzito rico em muscovita		
SE-83	S19°52'60.8"	W43°11'73.4"	688946	7801149	1141	Piracicaba	154/40				Quartzo-muscovita xisto		
SE-84	S19°52'57.0"	W43°11'76.1"	688900	7801220	1190	Piracicaba	140/50				Quartzo-muscovita xisto		
SE-85	S19°53'07.7"	W43°11'17.1"	688920	7800274	870	Monlevade/Cauê	165/20		dobra	135/15	Contato entre Gnaisses Monlevade e Itabiritos Cauê	11	1
SE-86	S19°53'00.2"	W43°11'22.7"	688824	7800414	879	Piracicaba	60/20				Muscovita-quartzito xisto prateado		
SE-87	S19°52'99.9"	W43°11'25.9"	689768	7800420	885	Piracicaba	170/10				Muscovita xisto		
SE-88	S19°52'98.0"	W43°11'28.2"	689728	7800455	892	Piracicaba	62/20				Muscovita xisto prateado		
SE-89	S19°52'94.4"	W43°11'28.9"	689717	7800521	889	Piracicaba	130/20				Muscovita xisto prateado		
SE-90	S19°52'91.6"	W43°11'28.7"	689721	7800572	884	Cauê	125/10				Itabirito pobre com especularita e muscovita		
SE-91	S19°52'89.8"	W43°11'30.5"	689690	7800607	914	Cauê	130/10		veio	10/70	Itabirito pobre		
SE-92	S19°52'86.5"	W43°11'34.0"	689629	7800668	911	Cauê	220/10				Itabirito pobre		
SE-93	S19°52'84.5"	W43°11'35.6"	689601	7800705	927	Piracicaba	280/12				Muscovita quartzito		
SE-94	S19°52'79.6"	W43°11'37.9"	689563	7800796	958	Piracicaba	85/10		crenul.	08/10	Muscovita-quartzito xisto		
SE-95	S19°52'73.9"	W43°11'37.9"	689564	7800901	1021	Piracicaba	110/10				Muscovita-quartzito xisto		
SE-96	S19°52'72.7"	W43°11'40.3"	689522	7800924	1020	Cauê	126/05				Itabirito pobre com magnetita		
SE-97	S19°52'71.3"	W43°11'45.0"	689441	7800951	1031	Piracicaba/Cauê	150/15		veio	165/75	Contato entre Itabirito e quartzo-muscovita xisto		
SE-98	S19°52'68.7"	W43°11'46.2"	689419	7800999	1016	Cauê	135/10		dobra	18/10	Itabirito pobre		
SE-99	S19°52'66.3"	W43°11'49.0"	689372	7801044	1056	Cauê	130/10		veio	345/50	Itabirito pobre		
SE-100	S19°52'60.8"	W43°11'52.9"	689305	7801146	1082	Piracicaba	185/15				Quartzo-muscovita xisto com especularita rara		
SE-101	S19°52'57.1"	W43°11'56.9"	689236	7801215	1106	Piracicaba	145/40		crenul.	18/05	Muscovita-quartzito xisto		
SE-102	S19°52'54.4"	W43°11'62.2"	689143	7801266	1140	Piracicaba			crenul.	40/20	Muscovita quartzito		
SE-103	S19°52'51.8"	W43°11'65.5"	689087	7801315	1170	Piracicaba			crenul.	40/15	Muscovita quartzito		
SE-104	S19°52'48.1"	W43°11'70.7"	688996	7801384	1233	Piracicaba	150/35		dobra	240/10	Muscovita quartzito		
SE-105	S19°52'39.8"	W43°11'77.3"	688883	7801538	1319	Piracicaba	40/30	320/30	crenul.	60/10	Muscovita quartzito		
SE-106	S19°52'24.8"	W43°11'07.9"	690097	7801802	1184	Cauê					Blocos de itabirito e canga		
SE-107	S19°52'29.1"	W43°11'03.7"	690170	7801721	1130	Cauê	205/40		crenul.	110/10	Itabirito pobre e itabirito		
SE-108	S19°52'31.1"	W43°11'05.1"	690144	7801686	1111	Cauê	125/15		crenul.	115/05	Itabirito com especularita dobrado		
SE-109	S19°52'34.5"	W43°11'04.2"	690160	7801622	1084	Cauê	170/15		crenul.	100/02	Itabirito rico em especularita e com magnetita		
SE-110	S19°52'36.4"	W43°11'03.4"	690174	7801586	1074	Cauê	80/15				Itabirito pobre		

Anexo 2: Tabela 4 - Relação de Afloramentos da área da Serra do Seara (cont.)

Pto.	Coordenadas		UTM		Altitude (m)	Unidade Litoestrat.	Fol. Sn M	Fol. Sn+1 Posterior	Tipo Eixo	Eixo	Descrição	Fotos	Prancha
	Latitude	Longitude	E	N									
SE-111	S19°52'38.9"	W43°11'04.7"	690150	7801542	1068	Cauê	130/20				Itabirito pobre com magnetita		
SE-112	S19°52'42.3"	W43°11'01.0"	690214	7801477	1033	Cauê	120/10				Itabirito pobre		
SE-113	S19°52'45.8"	W43°10'99.3"	690244	7801412	1016	Cauê	145/10				Itabirito pobre		
SE-114	S19°52'49.4"	W43°10'98.8"	690251	7801346	985	Cauê	170/20				Itabirito pobre		
SE-115	S19°52'54.9"	W43°10'97.3"	690276	7801244	970	Cauê	15/10				Itabirito pobre		
SE-116	S19°52'59.1"	W43°10'93.7"	690337	7801166	942	Piracicaba	05/10				Intercalações de muscovita quartzitos e itabiritos pobres		
SE-117	S19°52'62.7"	W43°10'92.6"	690356	7801099	910	Piracicaba	90/05		Fratura	315/60	Itabiritos pobres e quartzitos com mica e especularita		
SE-118	S19°52'67.0"	W43°10'90.0"	690401	7801020	910	Piracicaba	130/15		veio	350/30	Quartzito com hematita e quartzo-mica xisto		
SE-119	S19°52'69.4"	W43°10'89.6"	690408	7800976	901	Piracicaba	124/15		dobra	45/10	Quartzito micáceo com hematita		
SE-120	S19°52'72.7"	W43°10'88.0"	690435	7800915	915	Cauê	110/15				Itabirito rico	12	1
SE-121	S19°52'77.0"	W43°10'85.3"	690481	7800834	905	Cauê	210/10				Itabirito rico		
SE-122	S19°52'83.0"	W43°10'87.9"	690434	7800724	828	Cauê/Piracicaba	30/15				Contato entre Itabirito e quartzo-muscovita xisto com hematita rara		
SE-123	S19°52'85.6"	W43°11'00.3"	690217	7800678	878						Solo vermelho argiloso		
SE-124	S19°52'86.1"	W43°11'03.2"	690166	7800670	875	Monlevade	64/10				Xisto ferruginoso rico em quartzo		
SE-125	S19°52'90.3"	W43°11'05.1"	690133	7800593	890						Solo vermelho argiloso		
SE-126	S19°52'97.5"	W43°11'14.8"	689962	7800461	852	Monlevade(?)	120/20				Quartzito-muscovita xisto		
SE-127	S19°52'99.6"	W43°11'14.0"	689976	7800423	876	Monlevade(?)	125/20				Quartzito-muscovita xisto		
SE-128	S19°52'17.4"	W43°10'56.4"	690997	7801929		Monlevade	125/10				Gnaiss Monlevade com granada e cianita		
SE-129	S19°52'42.8"	W43°10'48.6"	691129	7801459	927	Monlevade			dobra	40/15	Quartzito-muscovita xisto		
SE-130	S19°52'91.4"	W43°10'06.2"	691859	7800554	850	Monlevade	162/45				Muscovita xisto com porções feldspáticas remobilizadas	17	2
SE-131	S19°52'97.3"	W43°10'22.6"	691572	7800448	869	Monlevade	172/18				Muscovita xistos com veio pegmatóide quartzo feldspático		
SE-132	S19°52'96.1"	W43°09'97.3"	692014	7800466	820	Monlevade					Muscovita xisto feldspático e blocos de canga limonítica		
SE-133	S19°53'10.9"	W43°10'23.0"	691562	7800197	888	Monlevade	100/28		contato	340/22	Muscovita xisto feldspático com bolsão pegmatítico quartzo feldspático	18 e 19	2
SE-134	S19°52'73.1"	W43°10'39.7"	691277	7800898	911	Monlevade/Borrachudo	70/05				Quartzito-mica xisto com porções de rocha fanerítica média com biotita	29	2
SE-135	S19°52'72.1"	W43°10'48.0"	691133	7800918	893	Monlevade/Borrachudo	45/40				Muscovita xistos e granitóides finos feldspáticos		
SE-136	S19°53'79.8"	W43°10'71.7"	690698	7798935	778	Borrachudos	120/15		Lin.Min.	95/10	Granito Borrachudos		
SE-137	S19°53'34.9"	W43°11'33.1"	689636	7799776	890	Cauê	135/18				Itabirito rico		
SE-138	S19°53'34.6"	W43°11'36.2"	689582	7799780	878	Cauê/Monlevade	142/25				Contato entre Gnaisses Monlevade e Itabiritos Cauê		
SE-139	S19°53'27.7"	W43°11'35.8"	689589	7799909	892	Cauê	Subhorizontal				Itabiritos		
SE-140	S19°53'06.8"	W43°10'98.1"	690251	7800286	853	Monlevade	120/15				Muscovita-quartzito xisto		
SE-141	S19°52'86.6"	W43°10'80.1"	690570	7800656	845						Solo vermelho argiloso		
SE-142	S19°52'78.3"	W43°10'72.7"	690700	7800808	859	Monlevade					Solo claro rico em quartzo e muscovita		
SE-143	S19°52'79.0"	W43°10'62.8"	690873	7800793	928						Solo areno-argiloso		
SE-144	S19°52'79.0"	W43°10'58.3"	690953	7800793	971						Solo cinza argilo-arenoso		
SE-145	S19°52'73.1"	W43°10'71.0"	690731	7800904	937	Monlevade					Muscovita-quartzito xisto e blocos de itabirito		
SE-146	S19°52'74.8"	W43°10'75.5"	690652	7800873	930	Monlevade	140/15				BIF tipo algoma		
SE-147	S19°53'02.1"	W43°10'98.3"	690250	7800374	763	Cauê	180/25		crenul.	130/17	Itabirito		
SE-148	S19°53'05.8"	W43°10'99.4"	690229	7800306	887	Carapa/Piracicaba	158/30		crenul.	70/08	Ortoquartzito		

Anexo 3: Relação de Amostras, das Análises Laboratoriais e Resumo
dos Estudos Petrográficos

ANEXO 3: Legenda da Tabela 1

Coluna 1: No. da amostra

Coluna 2: No. da lamina petrográfica com estudos microscópicos mineralógicos e petrográficos

Coluna 3: No. da seção polida com estudos de microscopia de minérios

Coluna 4: Análises laboratoriais realizadas (sem microscopia petrográfica e de minérios), códigos numéricos das subcolunas

4/1-Difração de raios X (DRX)

4/2-Fluorescência de raios X (FRX)

4/3-Microsonda eletrônica

4/4-Fire Assay (Fusão e Copelação)

4/5-Extração c. Água Régia / Absorção Atômica

4/6-ICP-MS

Coluna 5: Localização das amostras, abreviações

NE (=N-00) – Nível de Entrada da Mina do Pari (Fotos 3-5; Figs. 4, 6)

Salão Principal – Nível de Entrada da Mina do Pari (Fotos 3-5; Fig. 4)

N10 (=N-10) – Nível 10 da Mina do Pari (Figs. 5, 6)

N11 (=N-11) – Nível 11 da Mina do Pari (Figs. 5, 6)

NI (=NI) – Nível Intermediário (10/11) da Mina do Pari

HW (=hang wall) – Rochas da Capa do minério de Au da Mina do Pari (=“Horizonte Pari”)

Minério de Au – Minérios de ouro da Mina do Pari (“Horizonte Pari”)

FW (=foot wall) - Rochas da Capa do minério de Au da Mina do Pari (=“Horizonte Pari”)

BR-Nº – xy m, ou (x-y) – Sondagem rotativa diamantada (Nº.) do Morro do Pari com testemunho amostrado (profundidade em metros)

Brumal (x-y) – Sondagem rotativa diamantada da Área de Brumal com testemunho amostrado (profundidade em metros)

Coluna 6: Litotipo, 6/1-Unidades Litoestratigráficas (UNID.); 6/2-Petrografia

6/1-Unidades Litoestratigráficas:

NL – Grupo Nova Lima

QO – Grupo Quebra Osso

GNT – Gnaisses s.l. Graníticos do topo da Seqüência Metavulcano-Sedimentar do Sgr. Rio das Velhas do Morro do Pari

GNB – Gnaisses s.l. Graníticos da Base da Seqüência Metavulcano-Sedimentar do Sgr. Rio das Velhas do Morro do Pari

6/2-Petrografia, abreviações mineralógicas e petrográficas:

Minerais: Q-quartzo; B-biotita; C-clorita; A-anfibólios; T-talco; GR-granada; Cc-carbonato; Gf-grafita; Mg-magnetita; S-sulfetos

Rochas: GT-gnaisse tonalítico; GN-gnaisse granodiorítico; GG-gnaisse granítico; GD-enclaves metamáfico-ultramáficos; X-xisto; AF-anfibolito fino; AG-anfibolito grosso; QA-quartzo anfibolito; P-pegmatito; M-metachert; FF ou BIF-formações feríferas bandadas tipo Algoma; V-veio

Exemplo: QBAX c\ S e GR – quartzo-biotita-anfibólio xisto com sulfetos e granada

Anexo 3

Tabela 1

AMOSTRA No.	LÂMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANÁLISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
GN-01	GN-01A			X	X				NE, SALÃO PRINCIPAL, HW	NL	QBAX	
	GN-01B								IDEM	NL	IDEM	
GN-02	GN-02			X					IDEM	NL	AF	
GN-03	GN-03A	GN-3		X					IDEM	NL	QBAX c\GR	
	GN-03B								IDEM	NL	IDEM	
GN-04	GN-04			X					IDEM	NL	ABX	
GN-05	GN-05			X					IDEM	NL	QBAX	
GN-06	GN-06			X					IDEM	NL	IDEM	
GN-07	GN-07			X					IDEM	NL	QBCAX	
GN-08	GN-08Aa			X	X				IDEM	NL	IDEM	
	GN-08Ab								IDEM	NL	IDEM	
	GN-08B								IDEM	NL	IDEM	
	GN-08Ca								IDEM	NL	IDEM	
	GN-08Cb								IDEM	NL	IDEM	
	GN-08Da								IDEM	NL	IDEM	
	GN-08Db								IDEM	NL	IDEM	
	GN-08E								IDEM	NL	IDEM	
	GN-08F								IDEM	NL	IDEM	
	GN-08G								IDEM	NL	QBAGRX c\ S	
GN-09	GN-09Aa	H-36(A,B)		X					IDEM, MINÉRIO de Au	NL	IDEM	
	GN-09Ab								IDEM	NL	IDEM	
	GN-09Ac								IDEM	NL	IDEM	
	GN-09Ad								IDEM	NL	IDEM	
	GN-09Ae	H-40							IDEM	NL	IDEM	
	GN-09Af	H-41							IDEM	NL	IDEM	
	GN-09Ag	H-42							IDEM	NL	IDEM	
	GN-09Ah	H-43							IDEM	NL	IDEM	
	GN-09AJ	H-44							IDEM	NL	IDEM	
	GN-09AI	H-45							IDEM	NL	IDEM	
	GN-09B								IDEM	NL	IDEM	
GN-10	GN-10A			X					IDEM	NL	QBAX c\ S e GR	
	GN-10B	H-21/V-A							IDEM	NL	QBAX c\ S	
TP-10	GNTOP-01	H-88/TP-1		X					IDEM	NL	IDEM	
	GNTOP-02	H-89/TP-2							IDEM	NL	IDEM	

Anexo 3 Tabela 1 (cont.)

AMOSTRA No.	LÂMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANÁLISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
	GNTOP-03	H-90							IDEM	NL	IDEM	
	GNTOP-04	H-91							IDEM	NL	IDEM	
	GNTOP-05	H-92							IDEM	NL	IDEM	
GN-11	GN-11B	H-22		X					IDEM	NL	IDEM	
	GN-11X			X					IDEM	NL	QCcBGRX c\ S	
GN-12	GN-12	H-23							IDEM	NL	ABQX c\ S	
GN-13	GN-13A	H-49		X					IDEM	NL	QBCX c\ S	
	GN-13B	H-24							IDEM	NL	IDEM	
	GN-13X	H-25							IDEM	NL	IDEM	
GN-14	GN-14X			X					IDEM, FW	NL	QBAX	
	GN-14A	H-14A							IDEM	NL	IDEM	
	GN-14B								IDEM	NL	IDEM	
	GN-14C								IDEM	NL	IDEM	
	GN-14D	H-53							IDEM	NL	IDEM	
	GN-14E	H-54							IDEM	NL	IDEM	
	GN-14F	H-55							IDEM	NL	IDEM	
	GN-14G	H-56							IDEM	NL	IDEM	
	GN-14H	H-57							IDEM	NL	IDEM	
	GN14i	H-58							IDEM	NL	IDEM	
	GN-14J	H-59							IDEM	NL	IDEM	
GN-15	GN-15A			X					IDEM	NL	IDEM	
	GN-15B								IDEM	NL	IDEM	
	GN-15C	H-62							IDEM	NL	IDEM	
	GN-15D								IDEM	NL	IDEM	
	GN-15E								IDEM	NL	IDEM	
	GN-15F								IDEM	NL	IDEM	
	GN-15G								IDEM	NL	IDEM	
	GN-15H								IDEM	NL	IDEM	
	GN-15i								IDEM	NL	IDEM	
GN-16	GN-16	H-27		X					IDEM, MINÉRIO de Au	NL	QBCX c\ S	
GN-17	GN-17A	H-28		X					IDEM	NL	QBX c\ S	
	GN-17B	H-29							IDEM	NL	IDEM	
	GN-17C	H-30							IDEM	NL	IDEM	

Anexo 3 Tabela 1 (cont.)

AMOSTRA No.	LÂMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANÁLISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
	GN-17D	H-31							IDEM	NL	IDEM	
	GN-17E	H-32							IDEM	NL	IDEM	
	GN-17X	H-69							IDEM	NL	IDEM	
GN-18	GN-18A			X					IDEM	NL	IDEM	
	GN-18B	H-93							IDEM	NL	IDEM	
GN-19	GN-19			X	X				IDEM, FW	NL	QBAX c\ GR	
GN-20A	GN-20A			X					IDEM	NL	IDEM	
GN-20B	GN-20Ba			X					IDEM	NL	IDEM	
	GN-20Bb								IDEM	NL	IDEM	
	GN-20Bc								IDEM	NL	IDEM	
GN-21	GN-21A			X					IDEM	NL	AG	
	GN-21B								IDEM	NL	IDEM	
GN-22	GN-22A			X	X	X		X	IDEM	NL	IDEM	
	GN-22B								IDEM	NL	IDEM	
GN-23	GN-23A			X		X		X	IDEM	NL	IDEM	
	GN-23B								IDEM	NL	IDEM	
GN-24	GN-24A			X					IDEM	NL	QAFX c/GR	
	GN-24B	H-80							IDEM	NL	IDEM	
GN-25	GN-25	H-94		X					IDEM	NL	A	
GN-26	GN-26			X	X				IDEM	NL	A	
E-1	E-1A	H-81/IIIB							IDEM, MINÉRIO de Au	NL	ABQX c\ S	
	E-1B	H-82/IIA							IDEM	NL	IDEM	
	E-2A	H-83/E-A/E-B							IDEM	NL	IDEM	
	E-2B	H-84/E-C/V-A							IDEM	NL	IDEM	
	E-3A	H-85/III-A							IDEM	NL	IDEM	
	E-3B	H-86/IV-A							IDEM	NL	IDEM	
	E-4B	H-87							IDEM	NL	IDEM	
1B	A			X		X			N10, FW	NL	QBXF c\ Cc	
2B	A			X		X			IDEM	NL	QABX	
3B	A,B			X		X			IDEM	NL	IDEM	
4B				X		X			IDEM	NL	IDEM	
5B	A,B	5B		X		X			IDEM	NL	CcQABX	
6B	A,B			X		X			IDEM	NL	IDEM	

Anexo 3 Tabela 1 (cont.)

AMOSTRA No.	LÂMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANÁLISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
7B				X		X			IDEM	NL	IDEM	
8B	A,B,C,D,E	8BA,8BB		X		X			IDEM	NL	IDEM	
9B	BC,BB,BA	9BA,9BC	X	X		X			N10, MINÉRIO RICO de Au	NL	QBGRX c\ S	DRX: GRANADA
10B	ba,bb,bc,bd	10BA,10BC	X	X		X			IDEM	NL	IDEM + Q	DRX: GRANADA
11B	BA,BB,BC	11BA,11BC		X		X			IDEM	NL	IDEM	
12B	BA, BB	12BA,12BB		X		X			IDEM	NL	BGRX c\ S	
13B		13BA,13BB		X		X			IDEM	NL	QBX c\ S	
	13BA	13BC,13BE							IDEM	NL	IDEM	
	13BB	13BF,13BH							IDEM	NL	IDEM	
	13BD	13BK							IDEM	NL	IDEM	
14B	BB,BA	14BA,14BB		X	X	X			IDEM	NL	BQX c\ S	
		14BC,14B							IDEM	NL	IDEM	
15B				X	X	X			IDEM	NL	BGfX c\ -S	
16B	BA,BB			X		X			N10, HW	NL	BQX c\ GR+Mg	
17B				X		X			IDEM	NL	QBCX	
18B	BA,BB			X		X			IDEM	NL	IDEM	
19B				X		X			IDEM	NL	IDEM	
20B	BA,BB			X		X			IDEM	NL	IDEM	
T-1									BR-76 - 177m	GNT	GN/CTX	
T-2									BR-76 - 179,7m	GNT	CTX	
T-3									BR-76 - 181,3m	NL	AX	
T-4									BR-76 - 185,5m	NL	AX	
T-5									BR-76 - 193m	NL	AX	
T-6									BR-76 - 389m	GNT/NL	GN/CTX	
T-7									BR-67 - 390m	NL	CTX	
T-8									BR-67 - 390,5m	NL	CTX/BAXF	
T-9	T-9			X					BR-57 - 75m	GNT	GN/GT	
T-10									BR-57 - 82m	GNT	P	
T-11	T-11			X					BR-57 - 85m	GNT	GG	
T-12									BR-57 - 88m	GNT	GD/P	
T-12A	A			X					BR-57 - 87,5m	GNT	GD	
T-12B	B,C			X					BR-57 - 89,5m	GNT	GD	
T-13	T-13			X					BR-57 - 91m	GNT	GT	

Anexo 3 Tabela 1 (cont.)

AMOSTRA No.	LÂMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANÁLISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
T-14	T-14								BR-57 - 113,5m	GNT	P	
T-15	T-15								BR-57 - 126,5m	GNT	GD/P	
T-16	T-16			X					BR-57 - 128m	GNT	BCX + P	
T-17	T-17								BR-57 - 142m	GNT	GT	
T-18	T-18A,B			X					BR-57 - 148m	GNT	GT	
T-19									BR-57 - 157m	GNT	VQ	
T-20									BR-57 - 178,5m	GNT	GRX	
T-21									BR-57 - 191,5m	GNT	GN	
T-22									BR-57 - 225,5m	GNT	GT	
T-23	T-23								BR-57 - 248m	GNT	GG	
T-23A				X					BR-57 - 249,5m	GNT	GN	
T-24	T-24			X					BR-57 - 251m	GNT	GT	
T-24A									BR-57 - 256,5m	GNT	P	
T-25									BR-57 - 259m	GNT	GT	
T-26	T-26			X					BR-57 - 265m	GNT	GT	Quartzoso, branco
T-27									BR-57 - 267m	GNT	GT	IDEM
T-28									BR-57 - 283m	GNT	X	
T-28A	T-28A			X					BR-57 - 288,5m	GNT	GD e S	
T-29	T-29								BR-57 - 289,5m	GNT	GT	Quartzoso, branco
T-30									BR-57 - 291m	GNT	GT	IDEM
T-31	T-31A			X					BR-57 - 294m	GNT/NL	GT/TX	
T-32									BR-57 - 294,5m	NL	TX	
T-33	T-33			X					BR-57 - 296,5m	NL	QBCX	
T-34									BR-57 - 301m	NL	GRAG	
T-35									BR-57 - 302m	NL	A	
T-36	T-36			X					BR-57 - 307m	NL	ACBX	
T-37	T-37								BR-57 - 307,5m	NL	IDEM	
T-38									BR-57 - 313m	NL	AF	
T-39	T-39			X					BR-57 - 314m	NL	AF	
T-40									BR-57 - 327m	NL	QA	
T-41	T-41			X					BR-57 - 335m	NL	A	
T-42	T-42			X					BR-57 - 347,5m	NL	QA	
T-43									BR-57 - 357m	NL	QA	

Anexo 3 Tabela 1 (cont.)

AMOSTRA No.	LÂMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANÁLISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
T-44									BR-57 - 362m	NL	AG	
T-45									BR-57 - 402,5m	NL	AF	
T-46	T-46								BR-57 - 405,5m	NL	QAF	
T-47									BR-57 - 407m	NL	A/VQ	
T-48	T-48A,B								BR-57 - 458,5m	NL	VQ	
T-49									BR-57 - 470,7m	NL	VQ/Cc	
T-50	T-50			X					BR-57 - 478m	NL	M/A	
T-51									BR-57 - 482m	NL	QBCX	
T-52									BR-57 - 492m	NL	VQ	
T-53	T-53			X					BR-57 - 497,5m	NL	BCAX	
T-54	T-54			X					BR-57 - 501,5m	NL	IDEM	
T-55	T-55								BR-57 - 502,5m	NL	BCX e GR	
T-56	T-56			X					BR-57 - 511m	NL	A	
T-57									BR-57 - 517m	NL	BCAX	
T-58	T-58			X					BR-57 - 521,5m	NL	IDEM	
T-59	T-59								BR-57 - 528,5m	NL	GRAX	
T-60	T-60A,B,C			X					BR-57 - 530m	NL	ACc + S	
T-61									BR-57 - 599,5m	NL	GRQAX	
T-62									BR-57 - 620,5m	NL	IDEM	
T-63	T-63A,B			X					BR-57 - 661m	NL	GRQAX / FF	
T-64	T-64			X					BR-57 - 662m	NL	FF + GR + MG	
T-65	T-65			X					BR-57 - 664m	NL	FF/A	
T-66	T-66			X					BR-57 - 665,5m	NL	A	
T-67	T-67			X					BR-57 - 701m	NL	QBX	
T-68	T-68			X					BR-57 - 703m	NL	GRQBX	
T-69	T-69			X					BR-57 - 704m	NL/QO	GRQBX/CTX	
T-70	T-70			X					BR-57 - 706m	QO	CTX	
T-71	T-71D,C								BR-57 - 712m	QO/GNB	CTX/GG	
T-72	T-72			X					BR-57 - 713m	GNB	GT	
T-73							X		BR-76 - m	QO	CTX	
T-74							X		BR-76 - m	QO	CTX	
T-75							X		BR-76 - m	QO	CTX	
T-76							X		BR-76 - m	QO	S maciço	

Anexo 3 Tabela 1 (cont.)

AMOSTRA No.	LÂMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANÁLISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
T-77							X		BR-76 - m	QO	CTX	
T-78							X		BR-76 - m	QO	CTX	
T-79							X		BR-76 - m	QO	CTX	
G-1	LG-1			X					N10, FW	NL	AF	
G-2	LG-2A, LG-2B								IDEM	NL	QBCX	
G-3				X					IDEM	NL	VQ discordante	
G-4	LG-4	SG-4							IDEM	NL	QBGRX c\ S	
G-5	LG-5, LG-5A								IDEM	NL	BGRX + S	
G-6	LG-6	SG-6		X					IDEM	NL	IDEM	
G-7	LG-7A, LG-7B	SG-7, SG-7A		X					IDEM	NL	IDEM	
		SG-7B							IDEM	NL	S maciço	
G-8	LG-8, LG-8A	SG-8A							IDEM	NL	MS	
		SG-8B							IDEM	NL	MS	
G-9									IDEM	NL	M	
G-10	LG-10	SG-10							N1	NL	XS	
G-11	LG-11	SG-11A							IDEM	NL	XS	
		SG-11B							IDEM	NL	XS	
G-12	LG-12A	SG-12A							N10	NL	GRXS	
	LG-12B	SG-12B							IDEM	NL	GRXS	
		SG-12BB							IDEM	NL	GRXS	
	LG-12AA								IDEM	NL	GRXS	
	LG-12BB								IDEM	NL	GRX	
G-13	LG-13								IDEM	NL	M+ GRBNX	
	LG-13A								IDEM	NL	IDEM	
	LG-13B								IDEM	NL	IDE	
G-14		SG-14A							N11	NL	S	
		SG-14B							IDEM	NL	S	
		SG-14							IDEM	NL	S	
G-15	LG-15	SG-15A							N10	NL	S	
	LG-15A	SG-15B							IDEM	NL	S	
		SG-15							IDEM	NL	BGRX c\ S	
G-16	LG-16	SG-16/EI	X						NE	NL	FF (Mg + GR)	DRX: GRANADA
G-17	LG-17	SG-17		X					IDEM	NL	IDEM	

Anexo 3 Tabela 1 (cont.)

AMOSTRA No.	LAMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANALISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
	LG-17A								IDEM	NL	IDEM	
G-18	LG-18	SG-18							IDEM	NL	IDEM	
	LG-18A	SG-18A							IDEM	NL	IDEM	
G-19	LG-19			X					N10, PARTE NORTE	NL	Cc+Q	
	LG-19A								IDEM	NL	IDEM	
G-20	LG-20	SG-20							IDEM	NL	S	
		SG-20A							IDEM	NL	S	
S/AMOS.		A							NE, SALÃO PRINCIPAL	NL	MINÉRIO PARI	
		B							IDEM	NL	IDEM	
		C							IDEM	NL	IDEM	
		D							IDEM	NL	IDEM	
		E							IDEM	NL	IDEM	
		F							IDEM	NL	IDEM	
		G							IDEM	NL	IDEM	
		I-A							IDEM	NL	IDEM	
		I-B							IDEM	NL	IDEM	
P-1A		P-1A			X				N10, MINÉRIO PARI	NL	IDEM	
P-1B		P1-B			X				IDEM	NL	IDEM	
P-2		P-2			X				IDEM	NL	IDEM	
P-5B		P-5B			X				IDEM	NL	IDEM	
S/No		BAHU			X				MINA BAHU	NL	REJ, VQ	
	SB-01	SÃO BENTO							MINA SÃO BENTO			
SL-01		SÃO BENTO		X					MINA SÃO BENTO	NL	MIN, MS	
S-36/3A		S-36/3A			X				IDEM	NL	IDEM	
S-36/1		S-36/1			X				IDEM	NL	IDEM	
39/1	L-1	S-1							BR-39	NL	?	
39/2	L-2	S-2							IDEM	NL	?	
39/3	L-3	S-3							IDEM	NL	?	
39/4	L-4	S-4							IDEM	NL	?	
39/5	L-5	S-5							IDEM	NL	?	
39/6	L-6	S-6							IDEM	NL	?	
39/7	L-7	S-7							IDEM	NL	?	
39/8	L-8	S-8							IDEM	NL	?	
39/9	L-9	S-9							IDEM	NL	?	

Anexo 3 Tabela 1 (cont.)

AMOSTRA No.	LÂMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANÁLISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
39/10	L-10	S-10							IDEM	NL	?	
F-1							X	X	BR-55 (354,5-355)	NL	QBAXG	
F-2							X	X	BR-55 (355-355,5)	NL	IDEM	
F-3							X	X	BR-55 (355,5-356)	NL	IDEM	
F-4							X	X	BR-55 (356-356,5)	NL	IDEM	
F-5							X	X	BR-55 (356,5-357)	NL	IDEM	
F-6							X	X	BR-55 (357-357,5)	NL	IDEM	
F-7							X	X	BR-55 (357,5-358)	NL	IDEM	
F-8							X	X	BR-55 (358-358,5)	NL	IDEM	
F-9							X	X	BR-55 (358,5-359)	NL	IDEM	
F-10							X	X	BR-55 (359-359,5)	NL	IDEM	
F-11							X	X	BR-55 (359,5-360)	NL	IDEM	
F-12							X	X	BR-55 (360-360,5)	NL	IDEM	
F-13							X	X	BR-55 (360,5-361)	NL	IDEM	
F-14							X	X	BR-55 (361-361,5)	NL	IDEM	
F-15							X	X	BR-55 (361,5-362)	NL	IDEM	
F-16							X	X	BR-55 (362-362,5)	NL	IDEM	
F-17							X	X	BR-55 (362,5-363)	NL	IDEM	
F-18							X	X	BR-55 (363-363,5)	NL	IDEM	
F-19							X	X	BR-55 (363,5-364)	NL	QGRBHX	
F-20							X	X	BR-55 (364-364,5)	NL	IDEM	
F-20							X	X	BR-55 (364-364,5)	NL	IDEM	
F-21							X	X	BR-55 (364,5-365)	NL	IDEM	
F-22							X	X	BR-55 (365-365,5)	NL	IDEM	
F-23							X	X	BR-55 (365,5-366)	NL	IDEM	
F-24							X	X	BR-55 (366-366,5)	NL	IDEM	
F-25							X	X	BR-55 (366,5-367)	NL	QBHX	
F-26							X	X	BR-55 (367-367,5)	NL	QBHX	
F-27							X	X	BR-55 (367,5-368)	NL	IDEM	
F-28							X	X	BR-55 (368-368,5)	NL	IDEM	
F-29							X	X	BR-55 (368,5-369)	NL	IDEM	
F-30							X	X	BR-55 (369-369,5)	NL	IDEM	
F-31							X	X	BR-55 (369,5-370)	NL	IDEM	

Anexo 3 Tabela 1 (cont.)

AMOSTRA No.	LAMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANALISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
F-32							X	X	BR-55 (370-370,5)	NL	IDEM	
F-33							X	X	BR-55 (370,5-371)	NL	IDEM	
F-34							X	X	BR-55 (371-371,5)	NL	IDEM	
F-35							X	X	BR-55 (371,5-372)	NL	IDEM	
F-36							X	X	BR-55 (372-372,5)	NL	IDEM	
F-37							X	X	BR-55 (372,5-373)	NL	IDEM	
F-38							X	X	BR-55 (373-373,5)	NL	IDEM	
F-39							X	X	BR-55 (373,5-374)	NL	IDEM	
F-40							X	X	BR-55 (374-374,33)	NL	QBGRX c\ S	
F-41							X	X	BR-55 (374,33-374,6)	NL	IDEM	
F-42							X	X	BR-55 (374,6-375)	NL	IDEM	
F-43							X	X	BR-55 (375-375,39)	NL	IDEM	
F-44							X	X	BR-55 (375,39-375,74)	NL	IDEM	
F-45							X	X	BR-55 (375,74-376,05)	NL	IDEM	
F-46							X	X	BR-55 (376,05-376,34)	NL	IDEM	
F-47							X	X	BR-55 (376,34-376,76)	NL	IDEM	
F-48							X	X	BR-55 (376,76-377,21)	NL	IDEM	
F-49							X	X	BR-55 (377,21-377,63)	NL	IDEM	
F-50							X	X	BR-55 (377,63-378)	NL	HGX	
F-51							X	X	BR-55 (378-378,5)	NL	BHX c\ S	
F-52							X	X	BR-55 (378,5-379)	NL	QBHX	
F-53							X	X	BR-55 (379-379,5)	NL	IDEM	
F-54							X	X	BR-55 (379,5-380)	NL	IDEM	
F-55							X	X	BR-55 (380-380,5)	NL	IDEM	
F-56							X	X	BR-55 (380,5-381)	NL	IDEM	
F-57							X	X	BR-55 (381-381,5)	NL	IDEM	
F-58							X	X	BR-55 (381,5-382)	NL	IDEM	
F-59							X	X	BR-55 (382-382,5)	NL	IDEM	
F-60							X	X	BR-55 (382,5-383)	NL	IDEM	
F-61							X	X	BR-55 (383-383,5)	NL	IDEM	
F-62							X	X	BR-55 (383,5-384)	NL	IDEM	
F-63							X	X	BR-55 (384-384,5)	NL	IDEM	
F-64							X	X	BR-55 (384,5-385)	NL	IDEM	

Anexo 3 Tabela 1 (cont.)

AMOSTRA No.	LAMINA Petrog. No.	SEÇÃO Pol. No.	ANÁLISES						LOCALIZAÇÃO	LITOTIPO		OBSERVAÇÕES
			1	2	3	4	5	6		UNID.	PETROGRAFIA	
GP-01	SPGP-01					X		X	BR-76 (590.80 - 591.26)	QO	Sulfeto maciço	
GP-02	LGP-02			X	X	X		X	BR-76 (582.04 - 582.50)	GN	TTG	
GP-03	LGP-03			X	X	X		X	BR-76 (579.93 - 580.46)	NL	Vulc. Féls. ou metagrau.	
GP-04	LGP-04				X				BR-76 (568.37 - 568.75)	NL	Anfibolito granatífero	
GP-05	LGP-05				X				BR-76 (555.44 - 555.71)	NL	Anfibolito granatífero	
GP-06	LGP-06								BR-76 (543.49 - 543.86)	NL	Anfibolito	
GP-07	LGP-07		X	X	X	X		X	BR-76 (590.54 - 590.80)	QO	Metaultramáfica	
GP-08	LGP-08		X	X	X	X		X	BR-76 (584.00 - 584.42)	QO	Metaultramáfica	
GP-09	LGP-09								BR-57 (444.85 - 445.19)	NL	Anfibolito fino do HW	
GP-10	LGP-10				X				BR-57 (462.30 - 462.53)	NL	Anfibolito Grosso HW	
GP-11	LGP11				X				BR-57 (444.47 - 444.72)	NL	Anfibolito Grosso HW	
GP-12	LGP-12				X				BR-57 (507.15 - 507.55)	NL	Anfibolito fino	
GP-13	LGP-13				X				BR-57 (510.66 - 511.00)	NL	Anfibolito Granatífero	
GP-14	LGP-14				X				BR-57 (522.81 - 523.13)	NL	Anfibolito Fino	
GP-15	LGP-15				X				BR-57 (662.34 - 663.00)	NL	BIF tipo Algoma	
GP-16	SJ-01A								111.95 - 112.30	NL	Veio de qzo	Brumal
GP-17	SJ-01A								109.36 - 109.55	QO	talco-xisto	Brumal
GP-18	SJ-01A								132.60 - 132.95	NL	BIF tipo Algoma	Brumal
GP-19	SJ-01A				X				124.55 - 124.80	NL	Veio de qzo	Brumal
SB-A	GSB-001				X				Mina São bento	NL	BIF magnetítico	carbonatos e qzo discor.
SB-A	GSB-002				X				Mina São bento	NL	BIF magnetítico	Sulfetos discordantes
SB-A	GSB-003				X				Mina São bento	NL	BIF Sulfetado	Discordante, remobil
SB-B	GSB-004				X				Mina São bento	NL	BIF magnetítico	Bandado
SB-B	GSB-005				X				Mina São bento	NL	BIF Sulfetado	Bandado
SB-B	GSB-006				X				Mina São bento	NL	BIF sulf. Rico	Bandado

Anexo 3: Legenda da Tabela 2 - Resumo das Análises Petrográficas

Coluna Tipo

L- Lâmina
S- Seção polida
D- Seção delgada e polida
M- Minério
Ç- Sulfeto maciço

Coluna Mineralogia

Símbolo	Mineral
Hb	Hornblenda
Trem	tremolita
Bio	Biotita
Clo	clorita
kfel	K-Feldspato
Carb	Carbonato
ms	Muscovita
Gra	Granada
Plag	Plagioclásio
Qzo	Quartzo
Grun	Grunerita
fluot	Fluorita
Opa.	Opacos
Flo.	Flogopita

Símbolo	Mineral
Epí.	Epídoto
Sulf.	Sulfeto
Au.	Ouro
Po.	Pirrotita
Tche	Tchermakita
cumm.	Cumingtonita
Mag.	Magnetita
Ilm.	Ilmenita
Py.	Pirita
Asp.	Arsenopirita
Ccp.	Calcopirita
Graf.	Grafita
Sp.	Esfalerita
Pn	Pentlandita

*- mineral sem quantidade definida

Anexo 3: Legenda da Tabela 2 (cont.)

Coluna	Estrutura
	f-foliada
	m-maciça
	x-xistosa
	b-bandada
	d-dobras intrafoliares
	c-crenulações
	e-equigranular
	r-reliquiar
	dd-dobrada
	mc-milonítica cisalhada
	bc-bandamento composicional
	fc-foliado com bandas carbonáticas

Coluna	Textura
	g-granoblástica
	p-porfiroblástica
	n-nematoblástica
	l-lepidoblástica
	r-foliados com dobras reliquiares
	m-nematoblástica lepidoblástica com bandas granoblásticas
	b-grano-nematoblástica com porções lepidoblásticas
	gl-granolepidoblástica
	q-lentes de quartzo
	gn-grano-nematoblástica
	poi-com porções poiquiloblásticas
	ln-lepi-nematoblástico
	pl-porfiro-lepidoblástica
	fg-fanerítico grosso
	i-inequigranular
	ml-milonítica

Anexo 3: Tabela 2 - Petrografia						Mineralogia																										Classificação	Observações																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Nome	Tipo	Amostra	Local	Estrutura	Textura	Gran. Matriz	Análise Modal Estim.(%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
							Hb	Trem	Bio	Clo	kfel	Carb	ms	Gra	Plag	Qzo	Grun	fluot	Opa.	Flo.	Epi.	Sulf.	Au.	Po.	Tche	umt	Mag.	Ilm.	Py.	Asp.	Ccp.			Graf.	Sp.	Pn																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
19	L	19		f;b	p;gl	1,0-2,0	35		15	20					5	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

Nome	Anexo 3: Tabela 2 (cont.)					Gran.	Mineralogia																												Classificação	Observações
	Tipo	Amostra	Local	Estrutura	Textura		Matriz	Análise Modal Estim.(%)																												
						mm		Hb	Trem	Bio	Clo	kfel	Carb	ms	Gra	Plag	Qzo	Grun	fluot	Opa	Flo	Epi	Sulf	Au	Po	Tche	umr	Mag	Ilm	Py	Asp	Cop	Graf	Sp		
GN13B	L	GN-13B		f,d	gl,g	até 2,0	15		35							45			5											*						
GN13X	L	GN-13X	N-1	f,b	p,gl	2,0-5,0	15		25	*				15	2	35			8											*						
GN14	L	GN14					*		*					*								*														
GN14X	L	GN-14X		f	p:poi	2,0-6,0	65		2	8				5	5	10			5																	
GN15	L	GN15							*							*						*														
GN16	L	GN-16	N-1	f,c	gl	submm.	1		25	1				5	65			3											*							
GN17A	L	GN-17A	N-1	f	gl	submm.	5		45						2	45			3																	
GN17B	L	GN-17B	N-1	f,b	p,gl	2,0-6,0	40		25					5	5	15			10																	
GN17C	L	GN-17C	N-1	f,b	p,gl	2,0-6,0	40		25					5	5	15			10																	
GN17D	L	GN-17D	N-1	f	p,gl	1,0-6,0	40		30					8	5	15			5																	
GN17E	L	GN-17E	N-1	f	gn	1,0-2,0	35		20					2	1	25			18			*														
GN17X	L	GN17X							*			*		*		*						*														
GN18a	L	GN-18a		x:f	gl				*					*		*																				
GN19	L	GN19					35		15	20					5	25																				
GN1a	L	GN-1a	nível/entrada	f,fc	gn	0,05-0,3	45					10			15	25			5																	
GN1b	L	GN-1b	nível/entrada	f,fc	gn	0,05-0,3	45					10			15	25			5																	
GN2	L	GN-2	N-1	mc:f	gn		55		1			15			3	15			1																	
GN20	L	GN20					60		10	15		5			5	5																				
GN21	L	GN21					80			5		5			5	5																				
GN22	L	GN-22					50		30	3					1	15			1																	
GN24A	L	GN24A					75			5				10	1	10			2																	
GN25	L	GN-25					70					3		2	2	20			3																	
GN26	L	GN26																																		
GN2b	L	GN-2b					75					2		2	1	15			5																	
GN3a	L	GN-3a		f,x	gn	0,2-1,5	60					2		5	10	20			3																	
GN3b	L	GN-3b		f,x	gn	0,2-1,5	60					2		5	10	20			3																	
GN8	L	GN8					*		*					*		*																				
GN8Aa	L	GN-8Aa		f,b	g,gn	submm.	20					65			13			2																		
GN8Ab	L	GN-8Ab		f,b	gn	submm.	25		1			40			9	25			*																	
GN8ca	L	GN-8ca		f,b	gn;p	0,5-1,0	50		1			5		5		37			2																	
GN8cb	L	GN-8cb		f,b	gn;p	<0,5	50		5			5				37			2																	
GN8Da	L	GN-8Da		f,b	g,gl	submm.	65		20	*					4	10																				
GN8Db	L	GN-8Db		f,b	g,gl	submm.	65		10	*					4	10																				
GN8E	L	GN-8E		f,b	g,gl	submm.	65		10	*					4	10																				
GN8F	L	GN-8F		f,b	g,gl	submm.	65		10	*					4	10																				
GN8G	L	GN-8G		f,b	g,gl	submm.	65		10	*		*		0	4	10																				
GN9	L	GN9					*		*	*				*		*						4														
GN9B	L	GN-9B		b,f	p	até 3,0	33		30	1				5				1																		
GP01	Q	GP-01																					*			*										
GP-01	S	GP-01																				*		*								*				
GP-02	L	GP-02			g										*			*	*																	
GP-03	L	GP-03																										</								

Anexo 3: Tabela 2 (cont.)					Gran.	Mineralogia																											Classificação	Observações			
Nome	Tipo	Amostra	Local	Estrutura	Textura	Matriz	Análise Modal Estim.(%)																														
						mm	Hb	Trem	Bio	Clo	kfel	Carb	ms	Gra	Plag	Qzo	Grun	fluot	Opa.	Flo.	Epi.	Sulf.	Au.	Po.	Tche	umm	Mag.	Ilm.	Py.	Asp.	Ccp.	Graf.	Sp.	Pn			
L14BA	L	L-14BAB		f;b	gn;poi	1,0-3,0	55		1			1	ms	5		25			5																		
L14BB	L	L-14BB	canal/N-10	b	g;n,pl	1,0-3,0	20		10			15		10		30			15																		
L14BC	L	L-14BC	canal/N-10	b	g;n,pl	1,0-3,0	20		10			15		10		30			15																		
L16BA	L	L-16BA	canal/N-10		pl;p		30		30	30				3		3	2		2																		
L16BB	L	L-16BB	canal/N-10				5		10	1					1	80			1							2											
L18BA	L	L-18BA	canal/N-10	f;b	n;g	0,5-2,5	80			10					5	5																				clorita hornblenda xisto	
L19BA	L	L-19BAB		f	gn	0,5	65		10	5					1	20																				biotita quartzo hornblenda xisto	
L1BA	L	L-1BA	canal/N-10	f	gl;pl	0,2-0,8	40		25						10	25																				dúvida nos anfibólios	
L20BA	L	L-20BAB	canal/topo	f	ln;p	1,0-5,0	60		10	20					2	8																				biotita clorita hornblenda xisto	
L2BA	L	L-2BA		x;b	n;l	1,5-3,0	25		30						10	35																					
L3BA	L	L-3BA	canal/N-10	f;b	p;poi;l	1,0-2,5	20		20			25			25	10																					
L3BB	L	L-3BB	canal/N-10	f;b;c	p;gl	1,0-3,0	30		30			5			5	30					*																
L5BA	L	L-5BA	canal/N-10	f;b	p;poi;gl	1,0-4,0	20		20						20	20																					
L5BB	L	L-5BB	canal/N-10	f;b	p;poi;gl	2,0-4,0	25		25			30			5	15																					
L6BA	L	L-6BA	canal/N-10	f;b	p;poi;gl	1,0-3,0	25		35			15			5	20																					
L6BB	L	L-6BB	canal/N-10	f;bc	p;poi;gl	0,5-2,5	35		35			15			5	10																					
L8BA	L	L-8BA	canal/N-10	f	n	2,0-5,0	65		5			5			5	20																					
L8BB	L	L-8BB	canal/N-10	f	p;poi;gl	1,0-4,0	25		30			5			10	30																					
L8BC	L	L-8BC	canal/N-10	f;b	p;poi;gl	1,0-3,0	25		40			2			8	25																					
L8BD	L	L8BD	canal/N-10	f;c	p;gl	1,0-5,0	40		35			2			12	10																					
L8BE	L	L-8BE	canal/N-10	f;c;	p;gl	1,0-3,0	30		30			5				25																					
L9BA	L	L-9BA	canal/N-10	f;c	gn	0,2-2,0	15		2				3		35	15		30		*																	
L9BB	L	L-9BB	canal/N-10	b,f;dd	gn;pl	0,5-2,0	20		10				*		40	15		15										*									
L9BC	L	L-9BC	canal/N-10	b,f	gn;p,pl	0,1-2,5	10		30				5		35			15		*																	
LG1	L	LG-1	de mão	f	g	0,5-1,0	75					2		3	13			7																	anfibolito com granada-carbonato		
LG13	L	LG-13	de mão	x	gl	0,5-1,0			25			30		7	35			3																	biotita carbonato quartzo xisto		
LG17A	L	LG-17A	de mão	f;b	gn	0,1-0,7	2							3	20	40		35																	BIF		
LG19	L	LG-19	de mão	f	gl;p	0,5-1,0			5			35		30	30						*																
LG19A	L	LG-19A	de mão	f	g;p	0,1-3,0			<1	<1		14		65	20			1																			
LG3	L	LG-3	de mão	f	g;n	0,1-2,0						1				5		3		1					40	50									anfibolito		
LG9A	L	LG-9A	de mão	b;dd	g	0,1-0,3						25		5	65			5																	metachert carbonático		
T11	L	T-11	testemunho	f	g;i	0,1-0,5			3		15		2		35	45			<1																		
T12A	L	T-12A	testemunho	f	l	0,2-1,0	35		30						5	15					15																
T12B	L	T-12B	testemunho									1			15	5				20																	
T12C	L	T-12C	testemunho	f	p;poi	3,0-10,0					24		1		45	30				*																Granito (tonalito)	
T13	L	T-13	testemunho	f	g;i	0,8-1,5			4		10		1		35	50																				Complexo gnaissico migmatitico	
T14	L	T-14	testemunho		fg	cm					60		5		20	15			<1																	pegmatito (K-feldspato)	
T15	L	T-15	testemunho		l;g				45			15			10	10																					
T16	L	T-16	testemunho	f	g;i;p	0,2-2,0			5	3	20				20	45				5																	
T17	L	T-17	testemunho	f;b	gl;g	0,2-1,0			3		15				20	60				2																	
T18A	L	T-18A	testemunho	f	g	0,1-1,0			5		30				20	45																				biotita gnaisse	
T23	L	T-23	testemunho	f	p;pl	2,0-5,0			10		30				10	45				5																	
T24	L	T-24	testemunho	f	g	0,1-2,0			3		15		1		20	60				1																	
T26	L	T-26	testemunho	f	g;i	0,1-1,0					20		10		30	40																					
T28A	L	T-28A	testemunho	f	gl		3		40			15			20	20			1																		
T29	L	T-29	testemunho	f;ml	g	0,1-0,8				5	20		5		30	40																					
T31A	L	T-31A	testemunho	f;ml	g	0,1-0,5			10		10	3		1	30	45			1																		
T33	L	T-33	testemunho	f;b	gl;n;p		55		15	15					10	5																					
T36	L	T-36	testemunho	b	gl;n	1	60		20						10	10																					
T37	L	T-37	testemunho	f;b	gn	0,1-1,0	40							10	15	30			5																		
T39	L	T-39	testemunho	f;b	gn	0,3	50					5			15	25			5		4															anfibolito foliado fino	
T41	L	T-41	testemunho	f	n	0,1-0,6	90								3	5			1																	anfibolito fino	
T42	L	T42	testemunho	f	n	0,1-0,6	90								3	5			1																	anfibolito fino	
T46	L	T-46	testemunho	f;dd	gn;p	0,5-2,0	13		1			40			5	10			1		30															biotita carbonato	
T48	L	T-48	testemunho	f	gn;p	0,5-2,0	*					*								*																	
T50	L	T-50	testemunho	b	gn		*		*			*			*	*																					
T53	L	T-53	testemunho	f;x	gn;l;p	0,1-0,6	35		20	20		3			10	10																					
T54	L	T-54	testemunho	x	pl		25		45	1		3			10	14																					
T55	L	T-55	testemunho	f;x	pl	1,0-10,0	15		15	30				10	10	15										5											
T56	L	T-56	testemunho	f	n;p	1,0-2,0	65		1	1		5			10	13			5																		
T58	L	T-58	testemunho	f;bc	n;l	0,4-1,0	60		15						5	15			5																	anfibolito grosso	
T59	L	T-59	testemunho	f	p;gl	2	15		20					15	5	42			3																		
T60A	L	T-60A	testemunho	f	gn	2,0-3,0	60		2					5	15	15			3																		

[illegible]

Anexo 3: Tabela 3 - Análises Modais das Amostras do Nível de Entrada (N-00) da Mina do Pari

Amostra No.	Hornblenda Hb	Clorita Cl	Biotita Bi	Quartzo Qz	Granada Gr	Carbonato Cb	Plagiocl. Pl	Grun/Fluot GF	Opacos Op		Petrografia	Lâminas Total	Antigas 1995	Novas 2002
1	50,0	0,0	0,0	25,0	0,0	10,0	10,0	0,0	5,0	1	AnfHW	3	2	1
2	65,0	0,0	1,0	15,0	0,0	15,0	3,0	0,0	1,0	2		1	1	0
3	60,0	0,0	0,0	20,0	5,0	2,0	10,0	0,0	3,0	3	C a p a	2	2	0
4	70,0	0,0	4,0	12,0	0,0	2,0	10,0	0,0	2,0	4		1	1	0
5	63,0	0,0	7,0	15,0	0,0	6,0	8,0	0,0	1,0	5		1	1	0
6	65,0	0,0	3,0	15,0	0,0	5,0	10,0	0,0	2,0	6		1	1	0
7	60,0	0,0	5,0	15,0	0,0	10,0	10,0	0,0	0,0	7		1	1	0
8	60,0	5,0	5,0	15,0	3,0	1,0	10,0	0,0	1,0	8		11	10	1
9	33,0	1,0	30,0	30,0	5,0	0,0	0,0	0,0	1,0	9	M i n é r i o	11	11	0
12	10,0	10,0	20,0	25,0	10,0	1,0	5,0	5,0	14,0	12		1	1	0
10	29,0	1,0	30,0	20,0	10,0	0,0	5,0	1,0	4,0	10		3	3	0
11	5,0	0,0	40,0	29,0	5,0	0,0	1,0	5,0	15,0	11		2	2	0
18	3,0	0,0	30,0	30,0	30,0	0,0	0,0	2,0	5,0	18		1	1	0
16	1,0	1,0	25,0	65,0	5,0	0,0	0,0	0,0	3,0	16		1	1	0
13	15,0	3,0	25,0	35,0	10,0	1,0	1,0	5,0	5,0	13	L a p a	3	3	0
17	20,0	3,0	30,0	20,0	10,0	0,0	1,0	2,0	14,0	17		6	6	0
14	30,0	20,0	15,0	22,0	3,0	0,0	1,0	5,0	4,0	14		11	11	0
15	30,0	20,0	20,0	25,0	1,0	0,0	1,0	0,0	3,0	15		9	9	0
19	35,0	20,0	20,0	20,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	19		2	1	1
20	80,0	3,0	2,0	10,0	0,0	2,0	3,0	0,0	0,0	20		4	4	0
21	84,0	5,0	0,0	5,0	0,0	1,0	5,0	0,0	0,0	21	A n f F W	2	2	0
22	50,0	3,0	30,0	15,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	22		3	2	1
23	84,0	0,0	0,0	10,0	1,0	1,0	2,0	0,0	2,0	23		2	2	0
24	75,0	0,0	2,0	10,0	10,0	0,0	1,0	0,0	2,0	24		2	2	0
25	70,0	0,0	0,0	20,0	2,0	3,0	2,0	0,0	3,0	25		2	2	0
26	75,0	0,0	0,0	15,0	2,0	2,0	1,0	0,0	5,0	26		2	1	1

Anexo 3: Tabela 3 - Análises Modais das Amostras do Nível 10 (N-10) da Mina do Pari

Amostra No.	Hornblenda Hb	Clorita Cl	Biotita Bi	Quartzo Qz	Granada Gr	Carbonato Cb	Plagiocl. Pl	Grun/Fluot GF	Opacos Op		Petrografia	Lâminas Total	Antigas 1995	Novas 2002
20B	60,0	20,0	10,0	8,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	20B	C a p a	1	1	
19B	63,0	5,0	10,0	20,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	19B		2	2	
18B	78,0	10,0	1,0	5,0	0,0	0,0	5,0	0,0	1,0	18B		1	1	
17B										17B		0	0	
16B	30,0	30,0	30,0	3,0	3,0	0,0	0,0	2,0	2,0	16B		2	2	
15B	29,0	0,0	25,0	15,0	15,0	1,0	0,0	0,0	15,0	15B	M i n é r i o	1	0	1
14B	20,0	0,0	10,0	30,0	10,0	15,0	0,0	0,0	15,0	14B		4	3	1
13B	3,0	0,5	4,5	24,0	5,0	0,5	0,0	30,0	32,5	13B		5	5	
12B	2,0	1,0	30,0	30,0	20,0	0,0	0,0	2,0	15,0	12B		2	2	
11B	0,5	3,0	11,0	55,0	10,0	2,0	0,0	6,0	12,5	11B		3	3	
10B	18,0	1,0	16,0	20,0	5,0	10,0	0,0	10,0	20,0	10B	L a p a	5	5	
09B	5,0	0,0	20,0	35,0	20,0	0,0	0,0	5,0	15,0	09B		3	3	
08B	65,0	2,5	2,5	20,0	0,0	5,0	5,0	0,0	0,0	08B		7	7	
07B	60,0	5,0	4,0	20,0	0,0	5,0	5,0	0,0	1,0	07B		1	0	1
06B	30,0	1,0	35,0	15,0	0,0	15,0	4,0	0,0	0,0	06B		4	4	
05B	30,0	1,0	35,0	15,0	0,0	15,0	4,0	0,0	0,0	05B	L a p a	5	5	
04B	30,0	1,0	35,0	15,0	0,0	15,0	4,0	0,0	0,0	04B		2	2	
03B	25,0	5,0	20,0	10,0	0,0	15,0	15,0	0,0	10,0	03B		4	4	
02B	25,0	0,0	30,0	35,0	0,0	0,0	9,0	0,0	1,0	02B		1	1	
01B	40,0	1,0	24,0	25,0	0,0	0,0	9,0	0,0	1,0	01B		2	2	

Anexo 4: Tabelas de Dados Geoquímicos de Rochas e Minérios
(FRX, ICP-MS, *Fire Assay*-AAS)

Anexo 4: Tabela 1 - Análises via Florescência de raios X e de As, Au e Ag de amostras do Nivel 00 da Mina do Pari

Amostra	GN01	GN02	GN03	GN04	GN05	GN06	GN07	GN08	GN09	GN10	GN10a	GN10b	GN13	GN14	GN15	GN17x	GN19	GN20	GN21	GN22	GN23	GN24a	GN25	GN26
SiO2	46.53	43.45	53.61	49.21	50.70	53.24	53.54	52.89	48.94	55.60	43.24	42.23	58.17	53.21	51.90	59.07	53.05	51.80	46.80	49.27	46.77	45.01	46.08	46.72
TiO2	0.14	0.68	0.24	0.77	0.84	0.07	0.77	0.45	0.64	0.48	0.64	0.78	0.46	0.58	0.72	0.60	0.71	1.39	0.81	0.68	2.53	2.70	2.41	2.55
Al2O3	4.09	13.00	7.40	14.02	14.95	12.99	14.17	10.97	16.67	11.02	13.84	13.58	10.31	12.70	13.68	13.81	11.68	14.45	12.74	11.51	13.41	14.26	13.78	13.17
Fe2O3T	22.54	9.29	20.65	9.55	10.14	9.80	9.92	17.98	16.53	18.07	21.16	23.35	16.09	16.55	11.74	11.12	11.00	10.64	11.58	11.24	18.69	20.05	18.51	18.47
MnO	0.22	0.24	0.20	0.20	0.19	0.20	0.18	0.20	0.11	0.17	0.13	0.24	0.07	0.14	0.20	0.03	0.20	0.19	0.25	0.27	0.26	0.30	0.26	0.25
MgO	3.54	5.09	3.47	5.75	7.37	7.90	7.31	4.44	5.62	4.35	3.95	5.55	2.74	5.46	9.58	2.46	12.34	6.17	10.25	10.79	5.24	4.85	4.98	4.84
CaO	11.85	17.33	8.14	12.78	9.44	10.18	8.32	8.21	2.21	5.42	4.50	6.49	2.46	6.93	5.50	2.59	4.01	9.25	10.44	9.73	9.79	8.83	9.75	9.60
Na2O	0.39	2.66	0.71	2.69	2.70	2.34	2.39	1.05	2.21	2.32	1.32	1.32	1.80	1.44	1.80	3.30	0.78	2.49	1.56	1.28	1.41	1.82	2.03	2.12
K2O	0.14	0.32	0.28	0.60	0.92	0.35	1.05	0.49	3.85	1.10	1.71	1.18	1.72	0.33	1.30	2.12	1.31	0.29	0.22	0.66	0.32	0.62	0.36	0.34
P2O5	0.10	0.11	0.08	0.12	0.12	0.12	0.12	0.08	0.07	0.09	0.12	0.12	0.10	0.10	0.09	0.07	0.08	0.14	0.11	0.08	2.53	0.48	0.31	0.26
LOI	3.31	8.22	2.38	4.23	1.43	1.34	1.08	1.21	1.79	2.28	5.92	3.73	5.01	2.65	2.31	3.66	3.32	3.02	4.13	3.98	0.78	0.16	0.54	0.61
Total	89.54	92.17	94.78	95.69	97.37	97.89	97.77	96.76	96.85	97.01	91.61	94.84	93.92	97.44	96.51	95.17	95.17	96.81	94.76	99.49	101.73	98.92	98.47	98.32
Ba	0	71	11	155	206	55	228	77	505	195	277	130	411	82	233	645	226	197	50	100	62	338	117	124
Rb	2	9	8	17	29	9	36	12	144	40	61	39	72	10	45	82	48	11	7	20	1	14	6	1
Sr	107	302	28	239	210	157	178	42	314	20	248	93	230	91	115	407	47	279	132	98	105	201	174	143
Y	23	44	19	30	23	87	25	21	16	18	21	20	21	17	24	15	23	23	26	17	25	45	38	32
Zr	25	82	34	90	96	32	90	56	88	58	102	85	93	72	75	118	60	95	62	37	31	258	174	148
Nb	2	3	6	7	7	6	10	9	9	6	12	9	9	10	14	12	13	10	9	3	11	14	13	10
Th	12	4	10	0	0	4	1	0	14	11	7	6	2	9	2	11	3	5	0	1	1	8	12	0
Pb	17	28	15	21	29	19	21	15	122	14	22	15	16	11	17	26	20	15	21	4	3	16	16	14
Ga	16	47	23	28	21	27	22	23	14	19	28	17	28	19	16	32	10	28	29	15	20	29	35	31
Zn	127.82	159.84	183.89	124.00	121.88	115.95	123.85	307.88	669.06	534.47	1896.96	1368.63	2177.39	820.00	207.75	2737.26	151.88	139.78	180.00	174.90	128.85	143.94	145.91	151.85
Cu	874.78	4.00	569.66	6.00	7.99	6.00	5.99	117.95	71.90	125.87	617.01	175.82	299.64	322.00	7.99	223.78	11.99	27.96	10.00	6.00	6.00	157.94	113.93	277.72
Ni	195.73	81.92	297.82	100.00	111.89	107.96	97.88	153.94	463.35	213.79	379.39	201.80	299.64	178.00	479.42	511.49	537.57	175.72	524.00	409.75	409.75	63.97	77.95	81.92
V	44	109	87	135	152	158	166	132	118	148	165	184	160	163	163	157	194	208	159	200	386	335	367	412
Cr	85	239	158	222	258	228	254	244	679	292	456	337	280	303	836	373	1226	267	1146	1110	18	40	51	60
Co	54	26	28	42	39	54	29	29	18	18	28	4	10	14	33	28	31	41	81	75	64	28	47	41
U	9	5	7	2	1	4	7	0	9	7	2	3	4	5	5	8	8	5	4	0	0	6	10	4
S	63900	100	38400	100	100	100	100	13700	7900	17800	62700	25800	42700	10700	400	21500	100	700	100	20	1000	1600	700	2500
As	600	200	300	200	200	400	50	500	500	900	9600	3900	3300	100	100	2400	200	500	500	1500	1100	400	200	300
Au	2.10	0.02	0.78	0.11	0.03	0.02	0.01	2.80	0.67	0.99	2.94	1.38	1.33	8.51	0.06	3.14	0.01	0.32	0.12	0.00	0.00	0.02	0.05	0.03
Ag	3.99	121.88	31.98	4.00	7.99	17.99	4.00	15.99	3.99	5.99	9.98	5.99	7.99	16.00	7.99	2.00	13.99	41.93	10.00	31.99	49.98	47.98	9.99	75.92
La	51	14	58	14	7	0	7	29	11	31	32	30	40	23	16	46	23	13	1	7	11	22	23	20
Ce	1	8	0	21	23	4	7	27	720	19	294	124	119	25	21	69	28	39	8	15	27	64	24	32
Nd	21	23	30	19	37	18	23	35	34	37	57	38	41	37	38	33	38	38	27	8	17	65	45	52

Anexo 4: Tabela 2 - Análises via Florescência de raios Xde Amostras do Nível 10 da Mina do Pari

Amostra	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	17B	18B	19B	20B
SiO2	53,80	52,96	52,43	48,77	50,73	49,85	54,93	51,33	54,72	49,68	57,81	60,12
TiO2	0,71	0,68	0,68	0,81	0,70	0,71	0,73	0,73	0,64	0,73	0,61	0,47
Al2O3	16,15	15,21	13,05	14,70	12,83	15,45	14,44	14,19	11,58	12,58	9,53	8,8
Fe2O3tot.	6,23	6,72	7,05	7,35	7,06	8,32	6,94	8,63	11,66	11,95	9,56	9,19
MnO	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,14	0,18	0,15	0,26	0,21	0,19
MgO	7,21	7,27	6,05	6,03	5,41	6,87	6,15	5,70	10,73	12,11	10,75	11,06
CaO	8,60	8,96	10,71	10,88	11,52	9,22	8,09	9,92	3,40	8,42	6,54	5,25
Na2O	3,73	3,24	2,50	2,94	2,53	2,91	2,87	2,63	1,08	1,26	0,87	0,65
K2O	0,91	1,30	1,58	2,21	2,04	1,95	1,72	1,60	2,88	0,57	0,45	0,52
P2O5	0,11	0,11	0,10	0,13	0,09	0,11	0,11	0,14	0,11	0,09	0,07	0,06
Soma	97,60	96,60	94,31	93,98	93,07	95,56	96,12	95,05	96,95	97,65	96,4	96,31
H2O	0,28	0,29	0,23	0,31	0,15	0,17	0,15	0,18	0,17	0,16	0,17	0,24
PF	1,75	2,89	5,42	6,50	7,16	3,88	3,07	4,55	1,39	1,83	1,95	2,47
Cr	319	307	249	281	268	313	278	271	1052	1237	1104	941
Ni	103	93	80	77	75	84	73	102	488	573	619	500
Co	72	43	64	30	61	47	63	55	27	64	32	34
V	120	124	137	124	134	126	138	132	171	167	175	173
Cu	32	32	46	21	36	14	283	26	36	19	83	20
Pb	21	22	22	26	21	28	21	25	19	18	15	17
Zn	68	75	91	99	119	153	131	308	458	236	121	96
S	0	0	0	0	0	0	0	0	600	550	600	300
Rb	30	49	62	84	83	70	65	61	114	20	18	22
Ba	182	281	424	581	546	466	448	446	460	108	91	98
Sr	274	260	228	278	266	292	324	320	165	113	67	55
Ga	28	28	33	30	34	26	26	28	9	20	14	13
Nb	10	8	8	7	4	9	9	6	12	7	8	8
Zr	86	83	79	96	86	86	91	90	70	67	54	39
Y	21	27	35	41	45	31	29	34	31	23	26	21
Th	2	4	5	0	2	0	4	0	4	6	4	3
U	4	1	5	4	6	1	7	0	6	5	0	4
La	1	0	7	15	14	0	9	13	16	12	18	14
Ce	10	20	34	22	24	23	14	11	30	28	21	33
Nd	19	26	30	28	26	30	25	23	26	30	27	36

n.a. - não analisado

[illegible]

Anexo 4: Tabela 4 – Análises via ICP-MS das amostras do Nível de Entrada (N-00) da Mina do Pari

Sample	GN01	GN02	GN03	GN04	GN05	GN06	GN07	GN08	GN09	GN10	GN10A	GN10B	GN10x	GN13	GN14	GN15	GN17	GN19	GN20	GN21	GN22	GN23	GN24	GN26	Sample
Al	25650	85880	43100	89530	101900	63660	92060	77840	99280	67520	84370	92110	67430	47620	58320	71480	61110	53370	155500	133500	34377	32465	131200	110000	Al
Ca	88500	129000	58210	91010	78270	62460	66060	74070	18640	45560	36000	61500	58710	17140	56010	45020	18920	31070	85090	93740	64809	51402	69830	66030	Ca
K	1247	2901	2164	4903	13830	2535	11560	5599	40360	12860	14290	10320	8263	10240	3286	13240	13070	3564	3262	2316	5232	2312	5668	2947	K
Mg	27130	38160	24420	10130	57520	57520	53790	37240	40760	31180	28790	47340	36000	15270	31760	60330	14010	68640	78670	130800	61141	23018	54490	51414	Mg
Fe	105700	60510	123300	60140	65810	65810	69850	140900	107400	123900	144100	209700	133500	95330	108200	77260	67330	66130	83110	85740	65326	86882	127500	112900	Fe
Mn	1512	1681	1290	1373	1418	1418	1335	1723	761	1125	877	1887	1601	428	988	1385	201	1341	1617	2083	2272	1796	1992	1644	Mn
Na	3247	30200	4658	31300	35700	19920	28070	14710	23010	7213	21880	13530	7676	11690	10820	16680	22420	8216	46670	30880	9575	8133	131200	30360	Na
Ba	7,90	51,20	211,70	141,40	246,40	41,80	248,81	155,40	759,90	281,40	448,30	270,60	237,80	524,90	105,80	283,40	738,90	219,60	180,60	36,40	99,5	61,8	393,90	27,10	Ba
Rb	0,46	4,79	2,18	14,36	29,54	5,10	36,53	14,04	146,00	36,90	60,73	43,07	39,93	56,05	6,64	43,91	72,67	44,46	7,61	4,62	19,8	0,987	13,67	0,71	Rb
Sr	86,85	310,20	22,93	241,60	239,30	141,10	190,70	53,58	295,70	20,26	224,80	99,51	70,27	172,20	80,05	122,90	314,40	49,39	321,60	155,00	98,0	105,00	192,60	114,80	Sr
Y	9,21	27,67	11,38	21,40	21,87	20,18	20,00	18,34	14,18	14,16	19,41	26,37	22,21	11,99	18,89	17,69	9,9	13,67	29,56	21,10	17,0	25,3	57,11	31,20	Y
Zr	11,84	18,97	28,42	12,03	12,78	11,93	10,37	32,59	25,28	25,56	35,62	16,63	13,86	22,82	15,31	20,28	36,90	16,35	7,74	14,52	37,0	31,3	42,53	18,64	Zr
Nb	1,44	4,14	2,68	4,20	5,26	3,44	4,67	5,17	7,71	4,44	8,56	6,02	5,65	6,21	5,49	2,98	7,55	0,00	6,42	3,28	0,00	0,01	15,70	11,45	Nb
Th	1,48	1,99	2,04	1,75	2,15	1,45	2,07	3,81	7,07	3,82	8,09	4,20	3,11	6,86	3,26	3,29	10,89	1,72	1,61	1,28	0,00	0,00	4,16	1,74	Th
Pb	5,07	18,74	3,63	15,44	0,02	9,54	14,53	9,46	27,02	6,08	19,27	13,72	9,82	15,75	6,00	8,73	24,91	4,11	12,88	5,53	0,00	0,00	6,29	3,77	Pb
Ga	6,30	14,01	11,94	13,67	14,60	10,00	14,40	20,54	22,19	19,14	27,50	24,24	22,86	23,65	16,85	46,99	28,06	11,92	21,11	16,57	14,7	19,6	25,58	19,37	Ga
Zn	139	178	190	146	144	113	138	620	867	750	2907	2186	2085	2502	863	238	3222	165	180	236	216	191	161	146	Zn
Cu	1036	3	646	3	4	3	3	211	92	158	742	273	184	387	280	8	236	5	31	4	14,5	175	203	295	Cu
Ni	204	69	315	96	105	76,00	99	208	516	264	452	254	201	302	153	492	502	669	219	693	570	42,3	87	91	Ni
Cr	95	231	175	205	283	187	263	361	712	328	467	387	417	291	311	831	368	1232	302	1260	1110	17,5	25	43	Cr
Hf	0,63	1,14	1,79	0,74	0,98	0,77	0,72	2,09	1,67	1,71	1,84	1,09	1,01	1,72	1,11	1,16	2,68	1,07	0,72	1,18	0,949	0,915	3,41	1,62	Hf
Cs	0,07	0,98	0,46	3,39	7,55	0,99	8,97	3,33	54,63	12,58	19,07	14,65	13,50	17,87	1,93	14,92	24,11	14,83	2,41	1,55	4,83	0,053	3,35	0,06	Cs
Sc	5,95	28,41	9,77	27,79	35,14	22,32	34,25	23,41	25,65	18,87	28,43	38,89	35,52	16,43	28,84	30,68	20,91	34,80	41,30	39,85	31,4	31,9	42,31	36,27	Sc
Ta	0,26	0,32	0,40	0,29	0,31	0,23	0,31	0,66	0,86	0,60	0,64	0,54	0,48	0,47	0,52	0,31	0,30	0,24	0,53	0,38	0,141	0,950	1,56	0,87	Ta
Co	124,10	19,80	80,81	49,12	42,41	37,52	43,46	45,48	47,05	53,13	101,70	54,23	41,15	29,42	13,82	56,94	64,56	70,72	48,69	88,22	75,4	64,2	59,44	59,67	Co
Li	9,90	17,90	11,80	21,40	32,70	13,00	40,50	33,00	95,00	43,10	49,80	58,00	64,00	37,20	36,00	58,00	42,10	51,40	34,40	33,30	27,5	21,2	39,10	30,20	Li
Be	1,31	1,64	1,90	1,37	2,21	0,00	1,93	2,00	0,302	5,27	7,5	3,29	2,90	4,19	4,29	2,14	6,20	1,09	2,46	0,41	0,539	0,783	2,49	1,08	Be
U	0,272	0,472	0,591	0,381	0,522	0,340	0,482	0,858	1,197	0,887	1,998	1,085	0,812	1,747	0,894	0,82	2,391	0,547	0,458	0,372	0,393	0,279	0,672	0,277	U
Sn	9,90	11,80	18,60	14,70	0,00	7,60	15,00	18,20	12,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,60	13,60	15,70	3,80	12,90	10,00	2,17	2,24	14,10	3,40	Sn
Mo	1,03	0,18	0,40	0,29	0,62	0,81	1,76	1,06	1,16	0,80	5,49	1,27	1,57	3,49	1,37	1,25	7,98	0,79	0,54	1,33	0,790	0,621	2,02	0,57	Mo
Au	0,42	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,18	0,86	0,00	2,90	2,72	0,00	2,44	0,12	0,00	0,13	0,00	0,00	0,025	0,00	0,00	0,00	Au
Os	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Os
Te	1,02	0,34	1,15	0,16	0,00	0,04	0,37	0,68	0,00	0,73	5,77	5,30	3,46	1,59	1,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,151	0,362	0,00	0,00	0,00	Te
Se	0,08	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	1,24	0,96	0,94	0,86	10,00	5,36	4,18	3,05	1,96	1,46	0,81	2,20	1,48	0,53	0,00	1,27	0,53	0,87	Se
W	124,70	1,37	127,80	6,45	6,58	14,18	0,80	142,70	1,31	134,30	1,52	1,98	1,55	0,39	0,80	0,24	0,74	133,10	2,68	94,64	1,88	146,00	99,13	81,37	W
Rh	0,03	0,04	0,00	0,01	0,04	0,05	0,03	0,02	0,03	0,00	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	Rh
Re	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,004	0,00	0,00	Re
Pt	0,060	0,000	0,000	0,210	0,230	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070	0,260	0,000	0,130	0,230	0,060	0,000	0,000	0,142	0,028	0,00	0,00	Pt
Ge	6,67	3,72	6,70	3,15	3,81	3,05	3,46	8,25	4,66	6,54	6,05	6,99	6,56	4,19	4,20	3,80	2,82	3,24	3,70	4,83	9,01	8,79	6,25	5,23	Ge
Hg	13,25	0,00	12,71	0,13	0,00	0,69	0,00	15,31	1,67	15,95	0,22	0,00	1,16	0,84	0,00	0,58	0,84	11,56	0,82	11,24	0,00	5,94	10,90	9,02	Hg
Sb	0,24	0,23	0,22	0,29	0,30	0,16	0,42	0,29	0,18	0,36	7,34	4,42	2,57	1,80	0,03	0,25	1,80	0,05	0,51	0,40	0,204	0,133	0,08	0,00	Sb
Cd	0,294	0,436	0,330	0,242	0,319	0,309	0,091	0,709	0,302	0,568	14,750	4,224	3,162	18,940	1,321	0,776	18,940	0,282	0,490	0,917	0,768	0,340	0,462	0,384	Cd
Ru	0,00	0,04	0,00	0,05	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00	0,08	0,11	0,00	0,03	0,00	0,19	0,14	0,13	0,12	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Ru
Bi	0,862	0,240	1,196	0,192	0,370	0,189	0,216	1,148	0,553	0,371	2,559	2,138	1,694	1,059	3,073	0,269	0,569	0,103	0,566	0,388	0,192	0,333	0,272	0,203	Bi
Ir	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Ir
Pd	0,57	1,64	0,63	1,27	1,19	1,09	1,11	0,91	1,10	0,76	0,87	1,13	1,17	0,88	1,03	1,00	0,90	0,64	1,92	1,28	1,32	1,97	3,27	1,72	Pd
Ag	0,592	0,098	0,576	0,051	0,150	0,069	0,004	0,466	0,143	0,387	0,602	0,465	0,350	0,380	0,369	0,061	0,302	0,028	0,139	0,098	0,446	0,393	0,259	0,249	Ag
La	5,2	11,91	9,18	9,37	11,49	6,62	9,57	12,11	5,92	9,23	20,44	18,60	11,65	12,35	15,78	15,39	21,07	11,48	10,52	7,63	7,10	10,8	29,87	14,78	La
Ce	10,84	24,97	17,24	20,80	25,52	14,27	20,84	27,17	12,58	20,21	42,61	38,27	25,55	26,03	31,22	32,35	42,66	24,70	23,30	46,97	15,2	26,9	73,04	35,28	Ce
Pr	1,5	2,98	2,13	2,76	3,33	1,79	2,76	3,37	1,77	2,61	5,61	4,85	3,36	3,36	3,75	4,01	5,22	3,22	3,35	2,46					

Anexo 4: Tabela 5 – Análises via ICP-MS das amostras do Nível 10 (N-10) da Mina do Pari

Sample	01B	02B	03B	04B	05B	06B	07B	08B	09B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	17B	18B	19B	20B	Sample
Al	82790	89280	72760	78970	66380	82500	55650	68200	53120	36990	27630	71630	23650	31560	71690	50520	80010	60620	43400	Al
Ca	57590	65120	74400	76560	83090	64430	58300	68750	17190	30860	30860	12240	17670	53260	26390	24320	63430	52530	39420	Ca
K	4464	8683	17300	17660	16130	13450	22210	11640	22250	10280	8339	29530	3505	3115	6929	21060	5082	4074	4172	K
Mg	40870	47480	40010	37270	31690	42180	29080	30670	28980	22750	11600	29960	14590	15330	17890	55720	89810	78580	62650	Mg
Fe	34400	42660	40060	44330	43520	50770	42260	49650	209200	216600	117600	189200	270000	126400	128600	67810	74270	60660	53280	Fe
Mn	930	1011	1029	1016	1024	1086	1000	1125	1464	836	639	309	1701	1054	1056	934	1693	1444	1239	Mn
Na	32570	33160	25990	26020	21410	26250	26950	22590	1945	2625	316	740	1437	2719	9519	7103	14840	7235	5210	Na
Ba	155.00	321.80	413.00	622.50	554.30	507.50	448.80	442.10	393.30	268.40	301.40	773.40	139.40	244.90	688.10	504.20	11.60	84.30	93.60	Ba
Rb	29.85	48.11	53.12	77.57	68.92	67.39	62.52	53.99	67.11	41.84	42.37	105.00	15.01	15.45	41.98	106.20	18.17	14.72	16.00	Rb
Sr	275.00	285.60	220.30	276.70	241.40	297.90	324.50	27.00	4.40	13.59	1.58	4.07	9.90	92.11	275.20	151.10	120.40	78.04	51.67	Sr
Y	17.55	19.16	15.99	20.38	17.93	19.42	17.29	19.34	11.47	18.28	7.34	15.64	9.35	11.73	15.27	14.60	17.94	16.85	11.00	Y
Zr	7.813	8.950	7.170	7.330	4.620	6.770	10.530	10.700	3.820	25.180	1.250	8.860	10.220	11.860	29.800	23.740	21.480	16.530	8.430	Zr
Nb	1.958	2.135	2.645	3.893	3.287	2.625	2.646	4.014	4.023	3.594	2.344	0.769	1.542	2.748	7.414	2.401	1.007	0.475	0.203	Nb
Th	1.713	1.848	1.465	2.011	1.898	1.733	2.174	1.936	4.793	3.652	3.008	7.103	1.681	3.603	8.536	1.656	0.168	1.115	0.598	Th
Pb	12.790	14.860	11.620	15.510	14.130	16.640	17.280	15.630	5.862	18.920	4.349	5.742	0.000	4.722	10.440	10.100	6.862	3.796	2.862	Pb
Ga	13.67	13.94	11.59	13.23	12.69	14.23	12.75	11.63	18.17	18.70	12.07	35.63	11.31	16.61	27.56	11.08	14.24	10.19	8.21	Ga
Zn	61	78	89	100	117	150	121	281	726	642	391	814	546	712	2592	438	234	132	89	Zn
Cu	3	5	26	5	5	2	3	3	273	410	254	160	543	258	161	3	2	1	3	Cu
Ni	81	117	78	87	61	82	82	89	372	171	100	216	235	125	363	782	782	618	495	Ni
Cr	278	335	228	274	232	270	654	248	644	193	119	382	116	167	375	1306	1186	1075	983	Cr
Hf	0.57	0.73	0.58	0.49	0.33	0.53	0.80	0.72	1.66	1.34	1.20	2.40	0.59	0.82	27.56	1.60	1.58	1.25	0.55	Hf
Cs	6.78	11.69	14.20	21.01	19.44	17.22	16.59	15.73	25.88	17.38	19.79	48.70	6.82	4.10	15.52	38.92	7.06	5.42	6.13	Cs
Sc	29.74	30.09	26.41	29.66	27.31	30.90	30.89	27.00	10.95	13.28	8.63	19.15	6.58	8.60	16.04	25.43	33.26	28.52	21.32	Sc
Ta	0.21	0.21	0.40	0.32	0.17	0.34	0.23	0.37	0.24	0.34	0.20	0.43	0.25	0.19	0.39	0.26	0.07	0.03	0.01	Ta
Co	34.69	39.63	43.09	36.35	42.11	50.09	41.87	40.67	22.73	25.47	4.54	15.71	73.86	23.64	36.59	74.25	67.29	64.56	46.44	Co
Li	25.20	32.30	31.20	42.90	44.10	40.30	34.10	33.50	64.60	76.60	38.50	70.50	17.80	17.60	38.20	58.60	37.30	27.00	22.30	Li
Be	2.35	1.76	0.46	3.48	1.72	4.66	1.98	2.51	0.76	2.47	1.00	1.68	0.83	1.33	4.38	0.84	2.15	0.09	0.61	Be
U	0.329	0.426	0.381	0.470	0.384	0.427	0.482	0.456	1.038	0.795	0.737	1.634	0.435	0.837	1.992	0.406	0.463	0.281	0.128	U
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.171	11.400	0.000	0.000	4.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.900	9.400	Sn
Mo	0.44	0.62	0.23	0.62	0.29	0.29	4.02	0.77	8.07	2.17	1.01	3.08	3.22	1.77	5.15	3.90	0.00	0.69	0.61	Mo
Au	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	1.08	5.04	1.12	0.24	21.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Au
Os	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Os
Te	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	1.51	0.80	0.00	0.19	5.11	1.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	Te
Se	0.79	0.00	1.07	0.34	0.09	4.41	0.63	0.00	5.30	0.24	1.58	1.72	19.97	2.47	1.58	0.00	0.47	0.26	1.23	Se
W	1.24	2.36	128.00	3.40	103.40	128.50	86.81	96.10	0.61	0.00	0.00	0.03	99.49	125.50	0.25	98.54	0.14	0.00	0.04	W
Rh	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.05	0.01	0.00	0.01	0.02	0.04	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	Rh
Re	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Re
Pt	0.38	0.39	0.21	0.62	0.23	0.16	0.00	0.00	0.00	3.22	64.00	2.60	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Pt
Ge	2.38	2.68	2.35	2.33	2.25	2.29	2.39	2.78	7.50	6.83	3.89	7.64	10.39	5.23	6.24	3.43	4.23	4.01	2.56	Ge
Hg	0.61	0.79	13.67	0.97	10.64	13.39	7.37	9.12	0.00	0.00	0.00	0.00	12.09	13.35	0.00	8.90	0.56	0.00	0.00	Hg
Sb	0.16	0.15	0.14	0.25	0.10	0.19	0.17	0.17	14.45	28.81	2.66	3.66	90.21	10.57	1.97	0.78	0.81	0.78	0.38	Sb
Cd	0.174	0.475	0.328	0.571	0.650	0.535	0.000	0.000	2.664	2.209	1.496	3.957	2.516	5.927	28.650	0.000	0.000	0.000	0.000	Cd
Ru	0.00	0.09	0.19	0.14	0.00	0.04	0.04	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.12	Ru
Bi	0.039	0.144	0.012	0.019	0.000	0.002	0.073	0.062	1.079	1.656	0.268	0.217	5.044	1.012	0.574	0.074	0.202	0.162	0.130	Bi
Ir	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Ir
Pd	1.25	0.80	0.96	1.22	1.32	1.27	1.63	1.12	0.53	0.75	0.42	0.78	0.52	0.71	1.18	0.99	1.20	0.71	0.56	Pd
Ag	0.000	0.086	0.096	0.041	0.035	0.019	0.000	0.000	0.473	2.477	0.325	0.878	1.321	0.235	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Ag
La	8.95	8.85	8.85	8.86	8.92	7.91	9.40	7.92	11.81	21.94	4.74	21.93	6.73	14.06	24.89	9.64	8.18	5.89	2.98	La
Ce	18.65	18.86	17.56	19.52	19.25	17.83	20.03	16.09	23.88	43.91	10.26	45.59	13.36	27.69	49.93	19.56	17.88	13.32	6.76	Ce
Pr	2.33	2.37	2.24	2.44	2.61	2.17	2.64	2.26	2.79	4.93	1.30	5.38	1.72	3.21	5.91	2.49	2.38	1.56	1.02	Pr
Nd	9.59	9.79	9.19	10.75	10.04	9.16	10.27	8.82	10.83	18.85	4.71	19.90	5.92	13.06	20.37	9.95	9.73	7.59	4.58	Nd
Sm	2.28	2.73	2.45	2.99	2.82	2.65	3.09	2.80	2.56	4.25	1.33	4.51	1.64	3.02	4.63	2.59	2.86	2.07	1.39	Sm
Eu	0.91	0.96	0.81	1.04	0.88	0.92	0.91	1.01	0.78	1.15	0.40	1.43	0.58	0.95	1.35	0.78	1.11	0.91	0.59	Eu
Gd	2.88	3.23	2.66	2.97	2.76	2.74	2.74	2.82	2.49	4.80	1.18	3.93	1.68	2.84	3.97	2.94	3.21	2.77	1.80	Gd
Tb	0.51	0.60	0.46	0.54	0.57	0.52	0.53	0.50	0.39	0.57	0.21	0.47	0.25	0.37	0.54	0.44	0.59	0.47	0.31	Tb
Dy	2.99	3.30	2.73	3.33	3.08	3337.00	3.15	3.35	2.14	2.98	1.36	2.83	1.53	1.96	3.15	2.64	3.29	2.51	1.80	Dy
Ho	0.63	0.72	0.56	0.77	0.75	0.65	0.72	0.68	0.41	0.51	0.26	0.58	0.36	0.41	0.58	0.57	0.70	0.59	0.42	Ho
Er	1.90	2.11	1.77	2.49	2.16	2.20	2.13	2.11	1.20	1.71	0.75	1.68	1.01	1.24	1.74	1.64	2.05	1.82	1.15	Er
Tm	0.29	0.28	0.28	0.37	0.28	0.31	0.34	0.35	0.20	0.24	0.13	0.24	0.18	0.18	0.24	0.27	0.29	0.27	0.22	Tm
Yb	1.67	2.12	1.57	2.22	2.17	2.01	1.83	2.13	1.12	1.47	0.82	1.39	1.03	1.10	1.58	1.50	1.76	1.81	1.45	Yb
Lu	0.22	0.28	0.25	0.31	0.31	0.30	0.27	0.31	0.13	0.24	0.11	0.21	0.15	0.16	0.25	0.24	0.29	0.27	0.17	Lu

Anexo 5: Tabelas de Dados de Química Mineral (Microsonda Eletrônica)

Anexo 5: Tabela 1 – Química Mineral de Biotitas

Sample	15B	15B	15B	15B	15B	15B	15B	15B	15B-2	GN08	GN08	GN08	GN08	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19
Analysis	162	163	164	165	166	167	168	169	267	93	94	95	96	28	29	30	31	34	35	36	37	42	43	44	45
Location	C	B	C	B	C	B	C	B	C	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	C
Mineral	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO
SiO2	35.753	35.760	35.532	35.410	35.912	35.779	35.020	34.893	35.683	35.912	35.864	35.482	35.281	37.715	37.505	37.672	37.738	38.126	37.805	38.141	37.968	37.861	37.928	38.132	37.135
TiO2	1.566	1.687	1.618	1.636	1.756	1.957	1.636	1.587	1.581	2.074	1.992	2.074	2.115	1.553	1.574	1.541	1.732	1.278	1.436	1.302	1.315	1.524	1.605	1.406	1.630
Al2O3	16.547	16.622	16.513	16.594	16.702	16.547	16.444	16.338	16.382	16.596	16.516	16.389	16.832	16.065	15.897	15.779	15.763	16.339	16.294	16.285	16.156	16.256	15.705	16.304	15.947
Cr2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FeO	19.985	20.195	20.488	20.970	19.621	19.234	21.126	21.340	21.004	21.796	21.826	21.888	22.150	12.457	12.313	12.799	13.040	12.924	12.984	12.612	12.869	12.752	12.638	12.649	12.561
Fe2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MnO	0.037	0.000	0.002	0.000	0.005	0.022	0.026	0.005	0.004	0.097	0.078	0.085	0.031	0.076	0.100	0.065	0.073	0.079	0.065	0.077	0.122	0.082	0.104	0.102	0.067
MgO	10.540	10.445	10.472	10.350	10.434	13.344	10.194	10.182	10.043	9.380	9.354	9.112	9.147	15.387	15.272	15.544	15.244	15.619	15.485	15.645	15.526	15.499	15.672	15.869	15.885
BaO	0.385	0.376	0.541	0.496	0.582	0.328	0.603	0.626	0.029	0.445	0.613	0.589	0.554	0.194	0.144	0.132	0.197	0.088	0.139	0.034	0.005	0.179	0.185	0.093	0.168
CaO	0.000	0.040	0.021	0.013	0.013	0.015	0.054	0.067	0.053	0.031	0.028	0.079	0.126	0.011	0.032	0.000	0.005	0.000	0.000	0.011	0.016	0.021	0.045	0.076	0.012
Na2O	0.258	0.266	0.259	0.293	0.301	0.285	0.189	0.182	0.174	0.218	0.204	0.236	0.204	0.242	0.259	0.254	0.246	0.299	0.241	0.310	0.277	0.266	0.260	0.281	0.265
K2O	8.076	8.178	7.953	7.911	8.223	8.282	7.670	7.585	8.080	8.603	8.562	8.452	8.375	8.618	8.492	8.720	8.717	8.495	8.470	8.481	8.380	8.492	8.477	8.659	8.383
F	0.023	0.000	0.243	0.000	0.005	0.071	0.119	0.036	0.133	0.061	0.000	0.219	0.059	0.057	0.183	0.000	0.122	0.005	0.188	0.034	0.167	0.139	0.279	0.030	0.019
Cl	0.024	0.029	0.027	0.031	0.012	0.018	0.020	0.014	0.021	0.034	0.022	0.039	0.032	0.012	0.012	0.005	0.013	0.009	0.005	0.013	0.013	0.024	0.016	0.020	0.004
H2O	3.830	3.850	3.720	3.840	3.860	3.930	3.750	3.780	3.770	3.850	3.870	3.730	3.820	3.930	3.850	3.960	3.910	4.000	3.900	3.980	3.900	3.920	3.840	4.000	3.940
Total	97.02	97.45	97.39	97.54	97.43	99.81	96.85	96.63	96.96	99.10	98.93	98.37	98.73	96.32	95.63	96.47	96.80	97.26	97.02	96.93	96.72	97.04	96.79	97.55	96.02
O F Cl	0.02	0.01	0.11	0.01	0.00	0.03	0.05	0.02	0.06	0.03	0.00	0.10	0.03	0.03	0.08	0.00	0.05	0.00	0.08	0.02	0.07	0.06	0.12	0.02	0.01
CTotal	97.00	97.44	97.28	97.53	97.43	99.78	96.80	96.61	96.90	99.07	98.93	98.27	98.70	96.29	95.55	96.47	96.75	97.26	96.94	96.91	96.65	96.98	96.67	97.53	96.01
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Si	5.573	5.557	5.544	5.520	5.574	5.411	5.510	5.506	5.582	5.545	5.552	5.538	5.482	5.706	5.714	5.702	5.705	5.707	5.686	5.719	5.716	5.690	5.720	5.693	5.640
AlIV	2.427	2.443	2.456	2.480	2.426	2.589	2.490	2.494	2.418	2.455	2.448	2.462	2.518	2.294	2.286	2.298	2.295	2.293	2.314	2.281	2.284	2.310	2.280	2.307	2.360
AlVI	0.611	0.599	0.578	0.566	0.627	0.358	0.557	0.542	0.600	0.563	0.563	0.550	0.562	0.568	0.566	0.514	0.511	0.587	0.572	0.595	0.580	0.567	0.509	0.559	0.492
Ti	0.184	0.197	0.190	0.192	0.205	0.223	0.194	0.188	0.186	0.241	0.232	0.243	0.247	0.177	0.180	0.175	0.197	0.144	0.162	0.147	0.149	0.172	0.182	0.158	0.186
Fe3	0.146	0.160	0.123	0.103	0.206	-0.026	0.075	0.058	0.123	0.210	0.211	0.219	0.190	0.199	0.203	0.176	0.199	0.156	0.153	0.169	0.150	0.176	0.178	0.159	0.120
Fe2	2.605	2.624	2.673	2.734	2.547	2.433	2.780	2.816	2.748	2.814	2.825	2.857	2.878	1.576	1.569	1.620	1.649	1.618	1.633	1.582	1.620	1.603	1.594	1.579	1.596
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.005	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.003	0.001	0.001	0.013	0.010	0.011	0.004	0.010	0.013	0.008	0.009	0.010	0.008	0.010	0.016	0.010	0.013	0.013	0.009
Mg	2.449	2.420	2.436	2.405	2.414	3.009	2.391	2.395	2.342	2.159	2.159	2.120	2.119	3.470	3.469	3.507	3.435	3.485	3.472	3.497	3.485	3.472	3.524	3.532	3.597
Ba	0.024	0.023	0.033	0.030	0.035	0.019	0.037	0.039	0.002	0.027	0.037	0.036	0.034	0.012	0.009	0.008	0.012	0.005	0.008	0.002	0.000	0.011	0.011	0.005	0.010
Ca	0.000	0.007	0.004	0.002	0.002	0.002	0.009	0.011	0.009	0.005	0.005	0.013	0.021	0.002	0.005	0.000	0.001	0.000	0.002	0.003	0.003	0.007	0.012	0.000	0.002
Na	0.078	0.080	0.078	0.089	0.091	0.084	0.058	0.056	0.053	0.065	0.061	0.071	0.061	0.071	0.077	0.075	0.072	0.087	0.070	0.090	0.081	0.078	0.076	0.081	0.078
K	1.606	1.621	1.583	1.573	1.628	1.598	1.539	1.527	1.612	1.695	1.691	1.683	1.660	1.663	1.651	1.684	1.681	1.622	1.625	1.622	1.609	1.628	1.631	1.649	1.624
Cations	15.708	15.731	15.698	15.694	15.756	15.703	15.643	15.633	15.676	15.792	15.794	15.803	15.776	15.748	15.742	15.767	15.766	15.714	15.705	15.717	15.693	15.724	15.730	15.735	15.714
CF	0.023	0.000	0.240	0.000	0.005	0.068	0.118	0.036	0.132	0.060	0.000	0.216	0.058	0.055	0.176	0.000	0.117	0.005	0.179	0.032	0.159	0.132	0.266	0.028	0.018
CCI	0.013	0.015	0.014	0.016	0.006	0.009	0.011	0.007	0.011	0.018	0.012	0.021	0.017	0.006	0.006	0.003	0.007	0.005	0.003	0.007	0.007	0.012	0.008	0.010	0.002
OH	3.982	3.992	3.873	3.992	3.994	3.961	3.936	3.978	3.929	3.961	3.994	3.882	3.963	3.970	3.909	3.999	3.938	3.995	3.909	3.981	3.917	3.928	3.863	3.981	3.990
O	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
Fe FeMg	0.520	0.520	0.520	0.530	0.510	0.450	0.540	0.540	0.540	0.570	0.570	0.570	0.580	0.310	0.310	0.320	0.320	0.320	0.320	0.310	0.320	0.320	0.310	0.310	0.310
Mg FeMg	0.480	0.480	0.480	0.470	0.490	0.550	0.460	0.460	0.460	0.430	0.430	0.430	0.420												

Anexo 5: Tabela 1 – Química Mineral de Biotitas (cont.)

Sample	GN22	GN22	GN22	GN22	GP04	GP04	GP05	GP05	GP05	GP05	GP08B	GP08B	GP08B	GP08B	GP08B	GP08B	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10
Analysis	249	250	251	252	91	92	100	97	98	99	156	157	158	159	160	161	231	232	233	234	235	236	239	240	241
Location	C	B	C	B	C	B	B	C	B	C	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
Mineral	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO
SiO2	36.607	36.796	37.078	36.358	35.084	34.713	35.459	36.041	35.455	35.386	34.592	39.109	39.419	39.375	39.045	39.013	36.327	36.555	36.540	36.322	36.114	35.850	36.829	35.598	36.217
TiO2	1.264	1.103	1.261	1.315	2.209	1.712	1.460	1.634	1.494	1.674	0.794	1.206	1.090	1.214	1.182	1.283	1.710	1.799	1.849	1.754	1.705	1.706	1.859	1.754	1.641
Al2O3	17.341	17.357	16.719	17.046	16.132	16.388	16.616	16.496	16.489	16.227	18.230	16.299	16.280	16.171	16.312	16.271	16.944	17.293	17.257	17.217	17.022	16.928	16.970	16.767	17.149
Cr2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FeO	13.069	12.713	13.149	13.095	22.156	22.499	22.408	21.906	21.848	21.886	12.657	11.562	11.905	11.606	11.447	11.353	18.532	18.396	17.717	17.753	17.499	17.644	18.237	17.699	18.094
Fe2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MnO	0.082	0.131	0.088	0.066	0.038	0.065	0.039	0.057	0.050	0.004	0.087	0.091	0.062	0.057	0.054	0.105	0.116	0.157	0.133	0.160	0.127	0.147	0.138	0.131	0.114
MgO	14.294	13.977	14.585	14.675	10.038	10.243	9.726	9.512	9.704	9.219	19.643	17.058	17.273	17.288	17.122	17.151	11.999	11.888	11.532	11.728	11.689	11.711	11.569	10.951	11.884
BaO	0.122	0.130	0.131	0.258	0.295	0.380	0.304	0.329	0.251	0.228	0.131	0.128	0.088	0.064	0.079	0.071	0.293	0.168	0.261	0.302	0.204	0.285	0.286	0.181	0.286
CaO	0.085	0.042	0.013	0.103	0.159	0.121	0.064	0.041	0.029	0.089	0.045	0.024	0.011	0.054	0.002	0.017	0.024	0.050	0.060	0.067	0.000	0.015	0.032	0.253	0.024
Na2O	0.305	0.267	0.224	0.209	0.144	0.145	0.212	0.179	0.216	0.228	0.284	0.447	0.432	0.441	0.477	0.472	0.153	0.120	0.155	0.167	0.163	0.177	0.202	0.168	0.171
K2O	8.106	8.380	8.419	7.853	7.493	7.160	8.238	8.685	8.655	8.267	4.796	8.092	8.010	8.048	8.446	8.394	8.585	8.579	8.629	8.553	8.786	8.720	8.731	7.664	8.594
F	0.013	0.126	0.140	0.121	0.047	0.242	0.116	0.000	0.116	0.208	0.256	0.424	0.349	0.443	0.379	0.406	0.015	0.042	0.068	0.000	0.122	0.070	0.180	0.130	0.075
Cl	0.016	0.006	0.005	0.016	0.027	0.016	0.014	0.006	0.024	0.037	0.017	0.007	0.010	0.006	0.008	0.005	0.015	0.007	0.020	0.013	0.010	0.015	0.016	0.017	0.020
H2O	3.910	3.840	3.860	3.840	3.810	3.700	3.800	3.870	3.780	3.700	3.850	3.880	3.940	3.890	3.900	3.890	3.930	3.940	3.900	3.920	3.830	3.840	3.860	3.750	3.880
Total	95.21	94.87	95.67	94.95	97.63	97.38	98.46	98.76	98.11	97.15	95.38	98.33	98.87	98.66	98.45	98.43	98.68	99.02	98.12	97.96	97.27	97.11	98.91	95.06	98.15
O F Cl	0.01	0.05	0.06	0.05	0.03	0.11	0.05	0.00	0.05	0.10	0.11	0.18	0.15	0.19	0.16	0.17	0.01	0.02	0.03	0.00	0.05	0.03	0.08	0.06	0.04
CTotal	95.20	94.82	95.61	94.90	97.60	97.27	98.41	98.76	98.06	97.05	95.27	98.15	98.72	98.47	98.29	98.26	98.67	99.00	98.09	97.96	97.22	97.08	98.83	95.00	98.11
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.035	0.022	0	0	0	0	0	0	0
Si	5.605	5.652	5.661	5.588	5.484	5.451	5.516	5.578	5.534	5.572	5.213	5.747	5.758	5.762	5.737	5.732	5.532	5.533	5.570	5.549	5.560	5.539	5.588	5.589	5.535
AlIV	2.395	2.348	2.339	2.412	2.516	2.549	2.484	2.422	2.466	2.428	2.787	2.253	2.242	2.238	2.263	2.268	2.468	2.467	2.430	2.451	2.440	2.461	2.412	2.411	2.465
AlVI	0.732	0.792	0.667	0.673	0.454	0.481	0.560	0.585	0.565	0.581	0.448	0.568	0.559	0.549	0.559	0.547	0.571	0.615	0.668	0.647	0.646	0.619	0.620	0.689	0.621
Ti	0.146	0.127	0.145	0.152	0.260	0.202	0.171	0.190	0.175	0.198	0.090	0.133	0.120	0.134	0.131	0.142	0.196	0.205	0.212	0.202	0.197	0.198	0.212	0.207	0.189
Fe3	0.175	0.230	0.178	0.121	0.046	-0.045	0.093	0.188	0.143	0.174	-0.557	0.130	0.097	0.119	0.146	0.146	0.134	0.150	0.223	0.191	0.204	0.187	0.219	0.200	0.155
Fe2	1.673	1.633	1.679	1.683	2.896	2.955	2.915	2.835	2.852	2.882	1.595	1.421	1.454	1.420	1.407	1.395	2.360	2.328	2.259	2.268	2.253	2.280	2.314	2.324	2.313
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.011	0.017	0.011	0.009	0.005	0.009	0.005	0.007	0.007	0.001	0.011	0.011	0.008	0.007	0.007	0.013	0.015	0.020	0.017	0.021	0.017	0.019	0.018	0.017	0.015
Mg	3.263	3.201	3.320	3.362	2.339	2.398	2.256	2.195	2.258	2.164	4.413	3.737	3.762	3.771	3.750	3.757	2.724	2.682	2.621	2.671	2.683	2.697	2.617	2.563	2.707
Ba	0.007	0.008	0.008	0.016	0.018	0.023	0.019	0.020	0.015	0.014	0.008	0.007	0.005	0.004	0.005	0.004	0.017	0.010	0.016	0.018	0.012	0.017	0.017	0.011	0.017
Ca	0.014	0.007	0.002	0.017	0.027	0.020	0.011	0.007	0.005	0.015	0.007	0.004	0.002	0.008	0.000	0.003	0.004	0.008	0.010	0.011	0.000	0.002	0.005	0.043	0.004
Na	0.091	0.080	0.066	0.062	0.044	0.044	0.064	0.054	0.065	0.070	0.083	0.127	0.122	0.125	0.136	0.134	0.045	0.035	0.046	0.049	0.049	0.053	0.059	0.051	0.051
K	1.583	1.642	1.640	1.540	1.494	1.434	1.635	1.715	1.723	1.661	0.922	1.517	1.493	1.502	1.583	1.573	1.668	1.656	1.678	1.667	1.726	1.719	1.690	1.535	1.676
Cations	15.695	15.737	15.716	15.635	15.583	15.521	15.729	15.796	15.808	15.760	15.020	15.655	15.622	15.639	15.724	15.714	15.734	15.709	15.750	15.745	15.787	15.791	15.771	15.640	15.748
CF	0.013	0.122	0.135	0.118	0.046	0.240	0.114	0.000	0.115	0.207	0.244	0.394	0.322	0.410	0.352	0.377	0.014	0.040	0.066	0.000	0.119	0.068	0.173	0.129	0.072
CCI	0.008	0.003	0.003	0.008	0.014	0.009	0.007	0.003	0.013	0.020	0.009	0.003	0.005	0.003	0.004	0.002	0.008	0.004	0.010	0.007	0.005	0.008	0.008	0.009	0.010
OH	3.990	3.937	3.931	3.937	3.970	3.876	3.939	3.998	3.936	3.887	3.874	3.801	3.836	3.794	3.822	3.810	3.989	3.978	3.962	3.997	3.938	3.962	3.910	3.931	3.959
O	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
Fe FeMg	0.340	0.340	0.340	0.330	0.550	0.550	0.560	0.560	0.560	0.570	0.270	0.280	0.280	0.270	0.270	0.270	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.460	0.470	0.480	0.460
Mg_FeMg	0.660	0.660	0.660	0.670	0.450	0.450	0.440	0.440	0.440	0.430	0.730	0.720	0.720	0.730	0.730	0.730	0.540	0.540	0.540	0.540	0.540	0.540	0.530	0.520	0.540

Anexo 5: Tabela 1 – Química Mineral de Biotitas (cont.)

Sample	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP13	GP13	GP13	GP13	GP13	GP13	GP7A	GP7A	GP7A	GP7A	GP7B	GP7B	GP7B	GP7B
Analysis	242	243	244	245	246	18	19	20	21	22	23	170	171	172	173	174	175	176	177
Location	B	C	B	C	B	C	B	C	C	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B
Mineral	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO	BIO
SiO2	36.349	36.461	36.181	36.366	35.604	35.535	36.010	35.540	35.869	36.403	35.959	39.787	39.277	39.561	39.646	39.822	39.190	39.975	39.433
TiO2	1.564	1.855	1.626	1.798	1.872	1.963	1.950	1.922	1.887	1.829	1.695	1.044	0.999	1.019	1.091	0.999	1.145	0.966	1.033
Al2O3	17.300	17.012	16.782	16.889	16.774	16.235	16.365	16.080	15.749	16.013	15.973	14.188	14.291	14.113	14.329	14.460	14.595	14.617	14.165
Cr2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FeO	18.110	17.856	17.944	18.049	17.864	20.708	20.618	20.719	20.579	20.845	20.907	9.752	9.587	9.507	9.644	10.768	10.280	10.584	10.718
Fe2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MnO	0.137	0.138	0.134	0.107	0.124	0.106	0.072	0.136	0.110	0.104	0.063	0.018	0.019	0.014	0.021	0.044	0.038	0.027	0.075
MgO	11.709	11.756	11.515	11.855	11.814	10.120	10.382	10.181	10.517	10.486	10.733	19.218	18.841	19.038	19.509	18.761	18.983	18.693	18.585
BaO	0.235	0.230	0.240	0.301	0.260	0.443	0.292	0.536	0.265	0.348	0.282	0.036	0.177	0.081	0.015	0.130	0.000	0.140	0.000
CaO	0.039	0.039	0.080	0.039	0.078	0.067	0.114	0.076	0.137	0.087	0.151	0.045	0.062	0.061	0.052	0.037	0.039	0.034	0.039
Na2O	0.161	0.168	0.156	0.165	0.127	0.201	0.195	0.192	0.198	0.200	0.213	0.369	0.339	0.312	0.338	0.403	0.388	0.386	0.341
K2O	8.855	8.849	8.322	8.664	8.513	8.380	8.415	8.119	8.292	8.505	8.030	8.196	8.078	8.149	8.085	8.334	8.345	8.249	8.293
F	0.119	0.000	0.038	0.011	0.200	0.000	0.029	0.052	0.146	0.016	0.000	0.477	0.616	0.680	0.633	0.682	0.597	0.831	0.550
Cl	0.025	0.021	0.027	0.014	0.020	0.020	0.023	0.024	0.031	0.023	0.037	0.001	0.007	0.008	0.016	0.013	0.008	0.014	0.021
H2O	3.870	3.930	3.860	3.920	3.770	3.840	3.860	3.800	3.770	3.880	3.860	3.830	3.710	3.700	3.760	3.750	3.760	3.680	3.760
Total	98.47	98.32	96.91	98.18	97.02	97.62	98.33	97.38	97.55	98.74	97.90	96.96	96.00	96.24	97.14	98.20	97.37	98.20	97.01
O_F Cl	0.06	0.00	0.02	0.01	0.09	0.00	0.02	0.03	0.07	0.01	0.01	0.20	0.26	0.29	0.27	0.29	0.25	0.35	0.24
CTotal	98.41	98.32	96.89	98.17	96.93	97.62	98.31	97.35	97.48	98.73	97.89	96.76	95.74	95.95	96.87	97.91	97.12	97.85	96.77
ZnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Si	5.542	5.559	5.589	5.556	5.513	5.544	5.561	5.558	5.591	5.605	5.577	5.886	5.876	5.899	5.854	5.859	5.803	5.874	5.867
AlIV	2.458	2.441	2.411	2.444	2.487	2.456	2.439	2.442	2.409	2.395	2.423	2.114	2.124	2.101	2.146	2.141	2.197	2.126	2.133
AlVI	0.648	0.613	0.642	0.595	0.572	0.527	0.537	0.519	0.482	0.509	0.494	0.358	0.394	0.377	0.346	0.365	0.348	0.403	0.349
Ti	0.179	0.213	0.189	0.207	0.218	0.230	0.227	0.226	0.221	0.212	0.198	0.116	0.112	0.114	0.121	0.111	0.128	0.107	0.116
Fe3	0.185	0.207	0.181	0.178	0.154	0.173	0.174	0.154	0.155	0.174	0.106	0.078	0.091	0.090	0.044	0.079	0.056	0.091	0.070
Fe2	2.309	2.277	2.318	2.306	2.313	2.702	2.663	2.710	2.683	2.684	2.712	1.207	1.199	1.185	1.191	1.325	1.273	1.301	1.334
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.018	0.018	0.018	0.014	0.016	0.014	0.009	0.018	0.015	0.014	0.008	0.002	0.002	0.002	0.003	0.005	0.005	0.003	0.009
Mg	2.661	2.672	2.652	2.700	2.727	2.354	2.390	2.373	2.444	2.407	2.482	4.239	4.202	4.232	4.295	4.115	4.190	4.095	4.122
Ba	0.014	0.014	0.015	0.018	0.016	0.027	0.018	0.033	0.016	0.021	0.017	0.002	0.010	0.005	0.001	0.007	0.000	0.008	0.000
Ca	0.006	0.006	0.013	0.006	0.013	0.011	0.019	0.013	0.023	0.014	0.025	0.007	0.010	0.010	0.008	0.006	0.006	0.005	0.006
Na	0.048	0.050	0.047	0.049	0.038	0.061	0.058	0.058	0.060	0.060	0.064	0.106	0.098	0.090	0.097	0.115	0.111	0.110	0.098
K	1.722	1.721	1.640	1.689	1.682	1.668	1.658	1.620	1.649	1.671	1.589	1.547	1.542	1.550	1.523	1.564	1.576	1.546	1.574
Cations	15.790	15.791	15.715	15.762	15.749	15.767	15.753	15.724	15.748	15.766	15.695	15.662	15.660	15.655	15.629	15.692	15.693	15.669	15.678
CF	0.115	0.000	0.037	0.011	0.196	0.000	0.028	0.051	0.144	0.016	0.000	0.446	0.583	0.641	0.591	0.635	0.559	0.772	0.518
CCI	0.013	0.011	0.014	0.007	0.011	0.011	0.012	0.013	0.016	0.012	0.019	0.001	0.004	0.004	0.008	0.006	0.004	0.007	0.011
OH	3.936	3.995	3.974	3.991	3.897	3.995	3.980	3.968	3.920	3.986	3.990	3.777	3.707	3.677	3.700	3.679	3.718	3.610	3.736
O	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
Fe_FeMg	0.460	0.460	0.470	0.460	0.460	0.530	0.530	0.530	0.520	0.530	0.520	0.220	0.220	0.220	0.220	0.240	0.230	0.240	0.240
Mg_FeMg	0.540	0.540	0.530	0.540	0.540	0.470	0.470	0.470	0.480	0.470	0.480	0.780	0.780	0.780	0.780	0.760	0.770	0.760	0.760

Anexo 5: Tabela 3 - Química Mineral das Muscovitas

Sample	GP02	GP02	GP02	GP02
Analysis	24	25	26	27
Location	C	B	C	B
Mineral	MUS	MUS	MUS	MUS
SiO ₂	46,231	46,098	46,387	46,540
TiO ₂	0,299	0,346	0,361	0,323
Al ₂ O ₃	36,878	36,831	37,248	36,948
FeO	0,645	0,601	0,555	0,631
MnO	0,170	0,009	0,015	0,000
MgO	0,538	0,509	0,541	0,562
CaO	0,018	0,000	0,057	0,055
Na ₂ O	2,623	2,781	2,075	2,538
K ₂ O	7,361	7,151	7,629	7,267
F	0,063	0,000	0,077	0,000
Cl	0,000	0,010	0,006	0,000
Total	94,93	94,41	95,15	94,97
O_F_Cl	0,03	0,00	0,03	0,00
CTotal	94,90	94,41	95,12	94,97
BaO	0,104	0,074	0,196	0,108
Si	6,094	6,095	6,093	6,114
AlIV	1,906	1,905	1,907	1,886
Sum_T	8	8	8	8
AlVI	3,819	3,830	3,855	3,830
Ti	0,030	0,034	0,036	0,032
Fe ₃				
Fe ₂	0,071	0,066	0,061	0,069
Cr				
Mn	0,019	0,001	0,002	0,000
Mg	0,106	0,100	0,106	0,110
Ca	0,003	0,000	0,008	0,008
Na	0,670	0,713	0,529	0,647
K	1,238	1,206	1,278	1,218
Cations	*	*	*	*
CF	0,053	0	0,064	0
CCI	0	0,004	0,003	0
OH				
O	24	24	24	24
Fe_FeMg	0,40	0,40	0,37	0,39
Mg_FeMg	0,60	0,60	0,63	0,61

Anexo 5: Tabela 2 – Química Mineral de Cloritas

Sample	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN22	GN22	GN22	GN22	GN22	GN22	GP10	GP10	GP10	GP10
Analysis	32	32	38	39	40	41	46	47	48	253	254	255	256	257	258	237	238	247	248
Location	B	C	C	B	C	B	C	B	C	c	B	C	B	C	B	B	C	C	B
Mineral	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO	CLO
SiO2	28.704	26.656	26.527	26.853	26.517	26.765	26.593	24.877	26.866	26.302	26.217	26.529	26.499	26.579	26.322	26.689	26.137	26.100	26.046
TiO2	0.376	0.102	0.049	0.062	0.075	0.094	0.099	0.113	0.101	0.065	0.023	0.046	0.076	0.094	0.038	0.103	0.155	0.063	0.066
Al2O3	20.318	21.411	21.300	21.443	21.248	21.487	21.473	20.487	21.290	21.556	21.355	21.486	21.276	21.299	21.261	21.425	21.323	21.086	21.225
FeO	14.619	15.000	14.922	15.219	15.020	15.196	14.752	14.359	14.632	15.801	15.792	15.588	15.539	15.725	15.563	21.119	20.918	21.142	20.833
Fe2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MnO	0.171	0.112	0.129	0.141	0.150	0.145	0.144	0.130	0.172	0.158	0.162	0.176	0.122	0.122	0.159	0.215	0.229	0.191	0.275
MgO	20.258	21.510	21.153	21.049	21.186	21.289	21.691	21.563	21.652	20.345	20.592	20.614	20.115	20.557	20.371	17.357	17.312	17.523	17.515
CaO	0.009	0.022	0.021	0.009	0.011	0.025	0.026	0.000	0.038	0.012	0.027	0.006	0.018	0.045	0.031	0.044	0.045	0.018	0.032
Na2O	0.045	0.009	0.008	0.022	0.011	0.018	0.010	0.000	0.000	0.022	0.010	0.000	0.009	0.029	0.006	0.001	0.015	0.000	0.013
K2O	1.346	0.050	0.017	0.012	0.008	0.004	0.002	0.011	0.007	0.026	0.001	0.013	0.000	0.005	0.002	0.068	0.039	0.023	0.009
F	0.000	0.051	0.000	0.016	0.012	0.000	0.000	0.051	0.000	0.000	0.019	0.003	0.077	0.000	0.015	0.092	0.026	0.000	0.048
Cl	0.000	0.002	0.003	0.011	0.011	0.015	0.006	0.001	0.008	0.003	0.007	0.004	0.000	0.006	0.007	0.000	0.004	0.041	0.011
Total	85.90	84.93	84.16	84.84	84.25	85.04	84.80	81.64	84.77	84.32	84.26	84.52	83.81	84.46	83.78	87.21	86.20	86.23	86.07
O_F_Cl	0.000	0.020	0.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.010	0.000	0.030	0.000	0.010	0.040	0.010	0.010	0.020
O_F	0.000	0.020	0.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.010	0.000	0.030	0.000	0.010	0.040	0.010	0.000	0.020
O_Cl	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000
CTotal	85.90	84.91	84.16	84.83	84.24	85.04	84.80	81.62	84.77	84.32	84.25	84.52	83.78	84.46	83.77	87.17	86.19	86.22	86.05
BaO	0.055	0.000	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.002	0.029	0.054	0.052	0.076	0.000	0.000	0.095	0.000	0.041	0.000
Si	5.849	5.484	5.503	5.529	5.499	5.499	5.469	5.340	5.522	5.473	5.465	5.499	5.542	5.515	5.506	5.525	5.470	5.470	5.461
AlIV	2.151	2.516	2.497	2.471	2.501	2.501	2.531	2.660	2.478	2.527	2.535	2.501	2.458	2.485	2.494	2.475	2.530	2.530	2.539
Sum_T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
AlVI	2.725	2.672	2.707	2.729	2.688	2.698	2.670	2.519	2.675	2.755	2.707	2.744	2.782	2.720	2.744	2.748	2.725	2.675	2.702
Ti	0.058	0.016	0.008	0.010	0.012	0.015	0.015	0.018	0.016	0.010	0.004	0.007	0.012	0.015	0.006	0.016	0.024	0.010	0.010
Fe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe2	2.491	2.581	2.589	2.621	2.605	2.611	2.537	2.578	2.515	2.750	2.753	2.702	2.718	2.729	2.723	3.656	3.661	3.706	3.653
Cr																			
Mn	0.030	0.020	0.023	0.025	0.026	0.025	0.025	0.024	0.030	0.028	0.029	0.031	0.022	0.021	0.028	0.038	0.041	0.034	0.049
Mg	6.154	6.597	6.542	6.461	6.550	6.521	6.651	6.900	6.634	6.311	6.399	6.370	6.272	6.359	6.353	5.356	5.401	5.475	5.475
Ca	0.002	0.005	0.005	0.002	0.002	0.006	0.006	0.000	0.008	0.003	0.006	0.001	0.004	0.010	0.007	0.010	0.010	0.004	0.007
Na	0.018	0.004	0.003	0.009	0.004	0.007	0.004	0.000	0.000	0.009	0.004	0.000	0.004	0.012	0.002	0.000	0.006	0.000	0.005
K	0.350	0.013	0.004	0.003	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.007	0.000	0.003	0.000	0.001	0.001	0.018	0.010	0.006	0.002
Cations	19.828	19.908	19.881	19.860	19.889	19.884	19.909	20.042	19.880	19.873	19.902	19.858	19.814	19.867	19.864	19.842	19.878	19.910	19.903
CF	0.000	0.066	0.000	0.021	0.016	0.000	0.000	0.069	0.000	0.000	0.025	0.004	0.102	0.000	0.020	0.120	0.034	0.000	0.064
CCl	0.000	0.001	0.002	0.008	0.008	0.010	0.004	0.001	0.006	0.002	0.005	0.003	0.000	0.004	0.005	0.000	0.003	0.029	0.008
OH																			
O	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Fe_FeMg	0.29	0.28	0.28	0.29	0.28	0.29	0.28	0.27	0.27	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.41	0.40	0.40	0.40
Mg_FeMg	0.71	0.72	0.72	0.71	0.72	0.71	0.72	0.73	0.73	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.59	0.60	0.60	0.60

Anexo 5: Tabela 4 – Química Mineral de Anfibólios

Sample	14B	14B	14B	14B	14B	14B	14B	14B	GP-15A	GP-15A	GP-15A	GP-15A	GP-15A	GP-15A	GP-15A	GP-15A	GP-15A	GP-15A	15B	15B	15B	15B	15B	15B	15B
Analysis	208	209	210	211	212	213	214	215	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
Location	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
Mineral	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	GRU	GRU	ANV	ANV	ANV	ANV	GRU	GRU	GRU	GRU	GRU	GRU	HB	HB	HB	HB	ANV
SiO2	42.483	43.401	42.049	43.794	40.682	41.344	42.486	39.982	49.178	49.341	39.631	39.699	39.811	40.243	48.442	49.094	48.820	48.689	51.907	51.715	40.818	40.456	41.002	40.077	41.993
TiO2	0.395	0.297	0.340	0.399	0.335	0.416	0.300	0.269	0.047	0.000	0.250	0.229	0.251	0.257	0.000	0.011	0.036	0.006	0.038	0.049	0.316	0.343	0.327	0.364	0.327
Al2O3	13.678	13.289	14.595	12.285	16.641	15.479	14.097	18.204	0.525	0.519	12.530	12.614	12.214	12.298	0.366	0.508	0.959	0.467	0.738	0.714	16.951	17.926	16.736	18.039	15.486
FeO	18.235	18.436	18.180	18.156	19.609	18.406	18.209	18.912	40.005	39.531	28.295	27.838	28.550	28.699	39.773	39.508	39.375	39.888	26.820	27.042	17.909	17.420	19.269	17.799	17.684
Cr2O3	0.225	0.074	0.062	0.088	0.093	0.057	0.076	0.049	0.000	0.016	0.005	0.000	0.000	0.059	0.000	0.007	0.036	0.019	0.000	0.006	0.111	0.175	0.060	0.182	0.154
MnO	0.102	0.108	0.038	0.054	0.076	0.034	0.055	0.092	0.473	0.493	0.044	0.117	0.139	0.098	0.541	0.570	0.518	0.502	0.126	0.105	0.063	0.042	0.082	0.048	0.033
MgO	8.146	8.174	7.589	8.719	6.306	7.157	7.692	6.120	5.962	6.021	2.861	2.899	2.973	2.970	6.114	5.953	5.793	5.949	15.214	15.069	7.496	7.286	6.654	7.269	8.374
CaO	10.939	11.350	11.213	11.430	11.269	11.285	11.070	11.423	0.574	0.588	10.997	10.799	10.716	10.896	0.437	0.577	0.564	0.438	0.474	0.447	10.755	10.607	10.677	10.597	10.179
Na2O	1.179	1.128	1.302	0.995	1.245	1.211	1.150	1.389	0.027	0.043	1.228	1.605	1.142	1.211	0.049	0.050	0.067	0.078	0.044	0.058	1.432	1.566	1.436	1.454	1.307
K2O	0.432	0.368	0.315	0.411	0.512	0.564	0.373	0.557	0.000	0.000	0.787	0.742	0.772	0.697	0.002	0.002	0.000	0.015	0.003	0.005	0.319	0.289	0.407	0.316	0.272
F	0.000	0.000	0.000	0.105	0.005	0.044	0.000	0.000	0.063	0.033	0.077	0.000	0.000	0.007	0.260	0.092	0.000	0.000	0.000	0.107	0.002	0.000	0.000	0.053	0.000
Cl	0.009	0.008	0.007	0.014	0.005	0.019	0.000	0.008	0.000	0.001	0.033	0.186	0.027	0.031	0.006	0.018	0.012	0.000	0.007	0.000	0.000	0.004	0.003	0.019	0.000
Total	95.82	96.63	95.69	96.45	96.78	96.02	95.51	97.01	96.85	96.59	96.74	96.73	96.59	97.47	95.99	96.39	96.18	96.05	95.37	95.32	96.17	96.11	96.65	96.22	95.81
O F Cl	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
O F	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
O Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTotal	95.82	96.63	95.69	96.40	96.78	96.00	95.51	97.01	96.82	96.58	96.70	96.69	96.58	97.46	95.88	96.35	96.18	96.05	95.37	95.27	96.17	96.11	96.65	96.19	95.81
TSi	6.433	6.523	6.389	6.591	6.154	6.284	6.459	6.030	7.411	7.447	6.272	6.298	6.291	6.306	7.375	7.436	7.402	7.396	7.393	7.386	6.136	6.079	6.180	6.018	6.293
TAI	1.567	1.477	1.611	1.409	1.846	1.716	1.541	1.970	0.086	0.066	1.728	1.702	1.709	1.694	0.066	0.071	0.126	0.084	0.107	0.108	1.864	1.921	1.820	1.982	1.707
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.504	0.487	0.000	0.000	0.000	0.000	0.559	0.493	0.471	0.520	0.500	0.506	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CAI	0.872	0.875	1.001	0.789	1.119	1.055	0.983	1.263	0.008	0.026	0.807	0.655	0.565	0.575	0.000	0.019	0.045	0.000	0.017	0.012	1.137	1.251	1.151	1.208	1.026
CCr	0.027	0.009	0.007	0.010	0.011	0.007	0.009	0.006	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.007	0.000	0.001	0.004	0.002	0.000	0.001	0.013	0.021	0.007	0.022	0.018
CFe3	0.388	0.309	0.275	0.336	0.360	0.265	0.300	0.292	1.870	1.838	0.670	0.524	0.776	0.726	1.872	1.839	1.855	1.873	1.007	1.023	0.448	0.423	0.416	0.500	0.569
CTi	0.045	0.034	0.039	0.045	0.038	0.048	0.034	0.031	0.005	0.000	0.030	0.027	0.030	0.030	0.000	0.001	0.004	0.001	0.004	0.005	0.036	0.039	0.037	0.041	0.037
CMg	1.839	1.832	1.719	1.956	1.422	1.622	1.743	1.376	1.339	1.355	0.675	0.686	0.700	0.694	1.388	1.344	1.309	1.347	3.230	3.208	1.680	1.632	1.495	1.627	1.871
CFe2	1.823	1.934	1.956	1.879	2.045	2.001	1.927	2.027	1.750	1.749	3.015	3.101	2.920	2.961	1.708	1.762	1.751	1.747	0.734	0.745	1.682	1.631	1.889	1.599	1.477
CMn	0.006	0.007	0.002	0.003	0.005	0.002	0.004	0.006	0.028	0.029	0.003	0.008	0.009	0.006	0.032	0.034	0.031	0.030	0.007	0.006	0.004	0.003	0.005	0.003	0.002
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.099	0.074	0.079	0.070	0.076	0.074	0.089	0.066	0.918	0.916	0.060	0.069	0.077	0.073	0.925	0.911	0.916	0.927	0.953	0.957	0.122	0.135	0.124	0.136	0.170
BMn	0.007	0.007	0.002	0.003	0.005	0.002	0.004	0.006	0.032	0.034	0.003	0.008	0.009	0.007	0.037	0.039	0.036	0.035	0.008	0.007	0.004	0.003	0.005	0.003	0.002
BCa	1.775	1.828	1.826	1.843	1.827	1.838	1.803	1.846	0.093	0.095	1.865	1.836	1.814	1.829	0.071	0.094	0.092	0.071	0.072	0.068	1.732	1.708	1.724	1.705	1.634
BNa	0.120	0.092	0.093	0.084	0.092	0.086	0.105	0.082	0.004	0.006	0.072	0.088	0.099	0.091	0.007	0.007	0.009	0.011	0.006	0.007	0.142	0.155	0.146	0.157	0.187
Sum_B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.05	1.05	2.00	2.00	2.00	2.00	1.04	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.226	0.237	0.291	0.207	0.273	0.271	0.234	0.324	0.004	0.007	0.305	0.406	0.251	0.277	0.008	0.008	0.011	0.012	0.006	0.009	0.275	0.301	0.273	0.267	0.192
AK	0.083	0.071	0.061	0.079	0.099	0.109	0.072	0.107	0.000	0.000	0.159	0.150	0.156	0.139	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.001	0.061	0.055	0.078	0.061	0.052
Sum_A	0.31	0.31	0.35	0.29	0.37	0.38	0.31	0.43	0.00	0.01	0.46	0.56	0.41	0.42	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.34	0.36	0.35	0.33	0.24
Sum_cat	15.31	15.31	15.35	15.29	15.37	15.38	15.31	15.43	14.05	14.06	15.46	15.56	15.41	15.42	14.05	14.06	14.06	14.06	14.05	14.05	15.34	15.36	15.35	15.33	15.24
CCI	0.002	0.002	0.002	0.004	0.001	0.005	0.000	0.002	0.000	0.000	0.009	0.050	0.007	0.008	0.002	0.005	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.001	0.005	0.000
CF	0.000	0.000	0.000	0.050	0.002	0.021	0.000	0.000	0.030	0.016	0.039	0.000	0.000	0.003	0.125	0.044	0.000	0.000	0.000	0.048	0.001	0.000	0.000	0.025	0.000

Anexo 5: Tabela 4 – Química Mineral de Anfibólios (cont.)

Sample	15B	15B	GN-01	GN-01	GN08	GN08	GN08	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN19	GN22	GN22	GN22	GN22	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05
Analysis	138	139	182	183	85	87	88	1	2	3	4	5	6	7	8	9	188	189	190	191	75	76	77	78	79
Location	M	B	C	B	C	C	B	C	C	B	B	C	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
Mineral	ANV	ANV	ANV	ANV	HBV	HBV	HBV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	HOR	HOR	HOR	HOR	HOR
SiO2	40.949	40.323	44.249	45.603	43.398	40.633	40.760	46.239	44.268	44.010	44.667	44.530	44.293	50.307	45.424	50.123	42.646	43.162	43.934	43.256	40.458	40.593	40.451	40.062	40.855
TiO2	0.353	0.392	0.423	0.319	0.326	0.355	0.274	0.285	0.427	0.432	0.384	0.386	0.397	0.192	0.403	0.193	0.428	0.362	0.388	0.384	0.475	0.490	0.442	0.336	0.349
Al2O3	16.931	17.892	10.437	9.728	13.374	16.319	16.650	11.314	14.271	14.569	14.297	13.916	14.247	7.352	13.774	7.925	16.882	15.655	14.798	15.441	16.777	16.942	16.943	16.880	16.567
FeO	17.980	17.710	19.499	19.196	18.833	19.686	20.018	11.283	11.152	11.900	11.041	11.876	11.153	9.468	11.249	9.419	12.631	12.709	11.828	12.194	20.564	21.035	20.662	20.787	20.936
Cr2O3	0.164	0.194	0.016	0.049	0.032	0.125	0.087	0.576	0.562	0.550	0.549	0.438	0.391	0.001	0.235	0.242	0.197	0.200	0.156	0.124	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
MnO	0.045	0.057	0.342	0.296	0.209	0.254	0.231	0.296	0.288	0.283	0.250	0.222	0.229	0.214	0.302	0.267	0.274	0.287	0.300	0.283	0.085	0.091	0.114	0.137	0.092
MgO	7.668	7.308	9.010	9.351	8.305	6.842	6.815	13.021	12.150	11.762	12.241	12.205	12.547	15.936	12.328	15.403	10.500	10.869	11.825	11.159	6.244	6.107	6.207	6.163	6.228
CaO	10.730	10.378	11.383	11.419	11.295	10.836	10.943	11.249	10.989	11.087	11.066	11.373	11.074	11.820	11.166	11.681	11.134	11.055	11.330	10.996	10.650	10.786	10.437	10.348	10.854
Na2O	1.423	1.596	1.088	1.019	1.154	1.490	1.434	1.073	1.432	1.385	1.482	1.281	1.578	0.731	1.543	0.923	1.574	1.436	1.553	1.518	1.713	1.654	1.777	1.799	1.768
K2O	0.341	0.315	0.324	0.294	0.351	0.483	0.491	0.155	0.172	0.196	0.196	0.187	0.177	0.145	0.159	0.091	0.249	0.211	0.184	0.232	0.392	0.369	0.394	0.334	0.371
F	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.067	0.000	0.034	0.027	0.000	0.000	0.000	0.089	0.002	0.099	0.224	0.071	0.110	0.031	0.037	0.000	0.169	0.042	0.018	0.206
Cl	0.005	0.016	0.002	0.004	0.021	0.035	0.028	0.001	0.020	0.004	0.010	0.005	0.015	0.000	0.022	0.009	0.009	0.001	0.007	0.000	0.006	0.014	0.001	0.038	0.025
Total	96.59	96.18	96.77	97.31	97.30	97.12	97.73	95.53	95.76	96.18	96.18	96.42	96.19	96.17	96.70	96.48	96.60	96.06	96.32	95.62	97.36	98.25	97.47	96.90	98.25
O_F_Cl	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.10	0.03	0.05	0.01	0.02	0.00	0.07	0.02	0.02	0.09
O_F	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.09	0.03	0.05	0.01	0.02	0.00	0.07	0.02	0.01	0.09
O_Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
CTotal	96.59	96.18	96.77	97.30	97.30	97.08	97.72	95.52	95.74	96.18	96.18	96.42	96.15	96.17	96.65	96.38	96.57	96.01	96.31	95.60	97.36	98.18	97.45	96.88	98.16
TSI	6.125	6.056	6.659	6.811	6.476	6.120	6.093	6.785	6.492	6.442	6.520	6.493	6.467	7.236	6.610	7.223	6.254	6.355	6.430	6.385	6.096	6.077	6.088	6.064	6.126
TAI	1.875	1.944	1.341	1.189	1.524	1.880	1.907	1.215	1.508	1.558	1.480	1.507	1.533	0.764	1.390	0.777	1.746	1.645	1.570	1.615	1.904	1.923	1.912	1.936	1.874
TFes	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TTI	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CAI	1.108	1.220	0.508	0.522	0.826	1.014	1.024	0.740	0.956	0.953	0.978	0.883	0.916	0.481	0.970	0.568	1.169	1.070	0.979	1.069	1.073	1.063	1.091	1.073	1.052
CCr	0.019	0.023	0.002	0.006	0.004	0.015	0.010	0.067	0.065	0.064	0.063	0.050	0.045	0.000	0.027	0.028	0.023	0.023	0.018	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CFes	0.488	0.487	0.531	0.422	0.427	0.509	0.564	0.317	0.345	0.361	0.312	0.347	0.364	0.247	0.270	0.202	0.321	0.356	0.308	0.336	0.451	0.485	0.489	0.535	0.431
CTI	0.040	0.044	0.048	0.036	0.037	0.040	0.031	0.031	0.047	0.048	0.042	0.042	0.044	0.021	0.044	0.021	0.047	0.040	0.043	0.043	0.054	0.055	0.050	0.036	0.039
CMg	1.710	1.636	2.021	2.082	1.848	1.536	1.519	2.848	2.656	2.587	2.684	2.653	2.731	3.417	2.674	3.309	2.295	2.386	2.580	2.456	1.403	1.363	1.393	1.391	1.392
CFes2	1.632	1.585	1.868	1.913	1.846	1.869	1.837	0.977	0.912	0.991	0.925	1.011	0.887	0.822	0.996	0.856	1.128	1.107	1.054	1.085	2.014	2.027	1.970	1.954	2.080
CMn	0.003	0.004	0.022	0.019	0.013	0.016	0.014	0.018	0.018	0.017	0.015	0.014	0.014	0.013	0.018	0.016	0.017	0.018	0.018	0.018	0.005	0.006	0.007	0.009	0.006
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.129	0.152	0.055	0.062	0.078	0.101	0.101	0.090	0.110	0.105	0.111	0.091	0.111	0.070	0.103	0.077	0.100	0.102	0.086	0.105	0.126	0.121	0.142	0.142	0.114
BMn	0.003	0.004	0.022	0.019	0.013	0.016	0.015	0.019	0.018	0.018	0.016	0.014	0.014	0.013	0.019	0.016	0.017	0.018	0.019	0.018	0.005	0.006	0.007	0.009	0.006
BCa	1.720	1.670	1.835	1.827	1.806	1.749	1.753	1.769	1.727	1.739	1.731	1.777	1.732	1.821	1.741	1.800	1.749	1.744	1.777	1.739	1.719	1.730	1.683	1.678	1.744
BNa	0.149	0.175	0.088	0.092	0.103	0.134	0.131	0.123	0.145	0.139	0.143	0.119	0.142	0.095	0.138	0.106	0.133	0.136	0.119	0.139	0.149	0.143	0.168	0.171	0.136
Sum_B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.264	0.290	0.230	0.203	0.231	0.302	0.284	0.182	0.262	0.254	0.277	0.244	0.305	0.109	0.298	0.152	0.314	0.274	0.322	0.296	0.352	0.337	0.351	0.357	0.378
AK	0.065	0.060	0.062	0.056	0.067	0.093	0.094	0.029	0.032	0.037	0.037	0.035	0.033	0.027	0.030	0.017	0.047	0.040	0.034	0.044	0.075	0.070	0.076	0.064	0.071
Sum_A	0.33	0.35	0.29	0.26	0.30	0.39	0.38	0.21	0.29	0.29	0.31	0.28	0.34	0.14	0.33	0.17	0.36	0.31	0.36	0.34	0.43	0.41	0.43	0.42	0.45
Sum_cat	15.33	15.35	15.29	15.26	15.30	15.39	15.38	15.21	15.29	15.29	15.31	15.28	15.34	15.14	15.33	15.17	15.36	15.31	15.36	15.34	15.43	15.41	15.43	15.42	15.45
CCI	0.001	0.004	0.001	0.001	0.005	0.009	0.007	0.000	0.005	0.001	0.002	0.001	0.004	0.000	0.005	0.002	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.004	0.000	0.010	0.006
CF	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.032	0.000	0.016	0.013	0.000	0.000	0.000	0.041	0.001	0.046	0.102	0.033	0.051	0.014	0.017	0.000	0.080	0.020	0.009	0.098

Anexo 5: Tabela 4 – Química Mineral de Anfibólios (cont.)

	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP04	GP04	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10
Analysis	80	81	82	83	84	89	90	192	193	194	195	196	197	199	200	201	202	203	204	205	206	207	10	11	
Location	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B
Mineral	HOR	HBV	HBV	HBV	HBV	HBV	HBV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV
SiO2	40.874	40.662	41.461	40.929	40.561	41.790	42.090	41.376	41.301	41.279	41.737	41.251	40.999	41.080	41.209	41.319	40.733	41.748	41.286	41.056	41.083	42.236	41.070	41.202	39.676
TiO2	0.587	0.329	0.298	0.449	0.452	0.479	0.466	0.464	0.465	0.371	0.475	0.626	0.578	0.409	0.405	0.513	0.421	0.446	0.421	0.420	0.494	0.865	0.496	0.644	0.577
Al2O3	16.625	16.701	16.232	16.568	16.546	14.427	14.260	17.777	17.989	18.115	17.279	17.660	17.374	18.373	18.056	17.969	18.255	17.205	18.040	18.682	18.019	15.880	17.032	15.213	18.042
FeO	20.779	20.571	21.415	20.599	21.075	19.488	20.010	15.914	16.046	16.300	16.652	16.517	16.446	15.889	15.966	16.179	15.968	16.099	16.144	15.610	16.141	15.678	16.414	19.016	18.855
Cr2O3	0.000	0.022	0.024	0.007	0.000	0.000	0.061	0.078	0.065	0.034	0.059	0.005	0.139	0.080	0.047	0.095	0.004	0.093	0.077	0.192	0.133	0.028	0.046	0.024	0.061
MnO	0.073	0.109	0.085	0.102	0.126	0.168	0.223	0.335	0.335	0.306	0.330	0.299	0.319	0.307	0.327	0.367	0.308	0.308	0.313	0.340	0.392	0.331	0.331	0.201	0.210
MgO	6.324	6.253	6.648	6.371	6.368	7.561	7.458	8.298	8.289	8.084	8.273	8.379	8.113	8.380	8.344	8.350	8.109	8.527	8.143	8.237	8.108	9.184	8.300	7.562	6.984
CaO	10.866	10.826	9.964	10.724	10.145	11.079	11.097	11.430	11.191	11.188	11.508	11.485	11.518	11.145	11.163	11.120	11.234	11.418	11.347	10.871	11.276	11.423	11.396	11.101	10.863
Na2O	1.623	1.603	1.494	1.772	1.815	1.439	1.439	1.446	1.612	1.591	1.454	1.528	1.403	1.479	1.543	1.495	1.445	1.453	1.435	1.466	1.540	1.351	1.357	1.556	1.552
K2O	0.338	0.347	0.271	0.332	0.344	0.394	0.360	0.444	0.417	0.502	0.514	0.564	0.504	0.457	0.404	0.429	0.589	0.496	0.553	0.444	0.528	0.447	0.519	0.534	0.560
F	0.179	0.015	0.060	0.004	0.070	0.000	0.136	0.178	0.085	0.090	0.083	0.176	0.000	0.031	0.000	0.058	0.144	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000	0.048	0.000	0.043
Cl	0.024	0.013	0.018	0.011	0.018	0.043	0.028	0.007	0.023	0.015	0.005	0.004	0.016	0.004	0.022	0.015	0.017	0.009	0.000	0.013	0.008	0.003	0.025	0.027	0.026
Total	98.29	97.45	97.97	97.87	97.52	96.87	97.63	97.75	97.82	97.88	98.37	98.49	97.41	97.63	97.49	97.91	97.23	97.80	97.81	97.33	97.72	97.43	97.03	97.08	97.45
O_F_Cl	0.08	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.06	0.08	0.04	0.04	0.04	0.08	0.00	0.01	0.00	0.03	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.02
O_F	0.08	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.06	0.07	0.04	0.04	0.03	0.07	0.00	0.01	0.00	0.02	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02
O_Cl	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
CTotal	98.21	97.44	97.94	97.87	97.49	96.86	97.57	97.67	97.78	97.84	98.33	98.41	97.41	97.62	97.49	97.88	97.17	97.80	97.79	97.33	97.72	97.43	97.00	97.07	97.43
TSI	6.111	6.117	6.167	6.135	6.098	6.302	6.315	6.107	6.087	6.089	6.138	6.061	6.085	6.044	6.078	6.074	6.046	6.151	6.088	6.048	6.068	6.234	6.113	6.205	5.932
TAI	1.889	1.883	1.833	1.865	1.902	1.898	1.885	1.893	1.913	1.911	1.864	1.939	1.915	1.956	1.922	1.926	1.954	1.849	1.912	1.952	1.932	1.766	1.887	1.795	2.068
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TTI	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CAI	1.039	1.076	1.010	1.060	1.028	0.865	0.834	1.197	1.209	1.236	1.127	1.118	1.122	1.228	1.215	1.184	1.237	1.137	1.221	1.290	1.202	0.994	1.098	0.903	1.109
CCr	0.000	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.007	0.009	0.008	0.004	0.007	0.001	0.016	0.009	0.005	0.011	0.000	0.011	0.009	0.022	0.016	0.003	0.005	0.003	0.007
CFe3	0.459	0.467	0.707	0.436	0.579	0.451	0.481	0.303	0.341	0.332	0.314	0.345	0.329	0.387	0.365	0.390	0.335	0.313	0.316	0.405	0.323	0.314	0.377	0.408	0.541
CTI	0.068	0.037	0.033	0.051	0.051	0.054	0.053	0.052	0.052	0.041	0.053	0.069	0.065	0.045	0.045	0.057	0.047	0.049	0.047	0.047	0.055	0.096	0.056	0.073	0.065
CMg	1.410	1.402	1.474	1.424	1.427	1.700	1.688	1.826	1.821	1.778	1.813	1.835	1.795	1.838	1.835	1.830	1.794	1.873	1.790	1.809	1.785	2.021	1.842	1.698	1.557
CFe2	2.023	2.008	1.787	2.023	1.907	1.920	1.943	1.593	1.549	1.590	1.666	1.614	1.654	1.473	1.515	1.505	1.567	1.598	1.597	1.407	1.595	1.551	1.601	1.903	1.708
CMn	0.005	0.007	0.005	0.006	0.008	0.011	0.014	0.021	0.021	0.019	0.020	0.018	0.020	0.019	0.020	0.023	0.019	0.019	0.019	0.021	0.024	0.021	0.021	0.013	0.013
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum_C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.117	0.113	0.189	0.124	0.164	0.087	0.087	0.069	0.088	0.089	0.067	0.071	0.059	0.095	0.090	0.093	0.080	0.073	0.077	0.112	0.076	0.070	0.064	0.085	0.108
BMn	0.005	0.007	0.005	0.007	0.008	0.011	0.014	0.021	0.021	0.019	0.021	0.019	0.020	0.019	0.021	0.023	0.020	0.019	0.020	0.021	0.025	0.021	0.021	0.013	0.013
BCa	1.741	1.745	1.588	1.722	1.634	1.790	1.784	1.808	1.767	1.768	1.813	1.808	1.832	1.757	1.764	1.751	1.787	1.803	1.793	1.716	1.784	1.806	1.817	1.791	1.740
BNa	0.138	0.136	0.212	0.147	0.194	0.112	0.115	0.102	0.124	0.123	0.100	0.102	0.090	0.129	0.125	0.132	0.114	0.105	0.110	0.151	0.115	0.103	0.097	0.111	0.138
Sum_B	2.00	2.00	1.99	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.333	0.332	0.219	0.368	0.336	0.309	0.304	0.311	0.337	0.332	0.315	0.333	0.314	0.293	0.316	0.294	0.302	0.310	0.300	0.268	0.326	0.284	0.294	0.343	0.312
AK	0.064	0.067	0.051	0.063	0.066	0.076	0.089	0.084	0.078	0.094	0.096	0.106	0.095	0.086	0.076	0.080	0.112	0.093	0.104	0.083	0.099	0.084	0.099	0.103	0.107
Sum_A	0.40	0.40	0.27	0.43	0.40	0.39	0.37	0.40	0.42	0.43	0.41	0.44	0.41	0.38	0.39	0.37	0.41	0.40	0.40	0.35	0.43	0.37	0.39	0.45	0.42
Sum_cat	15.40	15.40	15.27	15.43	15.40	15.39	15.37	15.40	15.42	15.43	15.41	15.44	15.41	15.38	15.39	15.37	15.41	15.40	15.40	15.35	15.43	15.37	15.39	15.45	15.42
CCI	0.006	0.003	0.005	0.003	0.005	0.011	0.007	0.002	0.006	0.004	0.001	0.001	0.004	0.001	0.006	0.004	0.004	0.002	0.000	0.003	0.002	0.001	0.006	0.007	0.007
CF	0.085	0.007	0.028	0.002	0.033	0.000	0.065	0.083	0.040	0.042	0.039	0.082	0.000	0.014	0.000	0.027	0.068	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.020

Anexo 5: Tabela 4 – Química Mineral de Anfibólios (cont.)

Sample	GP13	GP13	GP13	GP13	GP13	GP13	GP7B	GP7B	GP7B	GP7B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	GP8B	
Analysis	12	13	14	15	16	17	184	185	186	187	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155
Location	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B
Mineral	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	ANV	
SiO2	41.395	40.557	40.618	42.079	41.242	41.418	53.297	53.382	52.349	53.366	49.075	46.572	48.013	50.421	46.361	45.690	52.282	51.363	52.919	47.947	53.792	48.808	52.354	49.044	53.672	48.906
TiO2	0.533	0.673	0.589	0.494	0.524	0.639	0.073	0.016	0.015	0.053	0.182	0.254	0.266	0.139	0.359	0.301	0.108	0.142	0.069	0.228	0.050	0.311	0.084	0.134	0.051	0.299
Al2O3	14.449	15.072	15.655	13.792	15.726	14.964	2.513	2.039	1.758	1.794	9.243	12.057	10.173	7.550	11.780	12.781	4.911	5.991	2.944	9.261	2.618	9.059	4.331	8.008	2.618	8.835
FeO	18.655	18.424	19.039	19.078	19.489	19.127	8.694	7.796	9.827	8.278	10.852	11.352	11.116	10.308	10.929	11.164	9.246	9.293	7.617	10.274	8.448	10.066	8.988	9.679	8.016	9.990
Cr2O3	0.000	0.000	0.064	0.044	0.008	0.003	0.276	0.238	0.187	0.299	0.297	0.330	0.326	0.287	0.383	0.486	0.273	0.400	0.222	0.289	0.222	0.219	0.324	0.236	0.146	0.175
MnO	0.261	0.241	0.280	0.221	0.309	0.289	0.242	0.189	0.236	0.170	0.292	0.262	0.281	0.339	0.316	0.285	0.351	0.341	0.264	0.378	0.261	0.292	0.286	0.254	0.240	0.336
MgO	7.750	7.621	7.287	7.789	7.324	7.511	19.187	19.382	18.134	18.587	14.998	14.076	14.511	16.001	13.911	13.430	17.908	17.114	19.123	15.593	19.027	15.805	18.139	16.168	19.329	15.746
CaO	11.049	11.052	10.959	11.118	10.994	11.033	11.139	12.091	11.046	11.904	11.580	11.388	11.608	11.539	11.643	11.646	11.483	11.588	12.054	11.323	12.026	11.484	11.658	11.595	12.002	11.432
Na2O	1.554	1.525	1.598	1.513	1.693	1.545	0.393	0.290	0.235	0.256	0.962	1.258	1.086	0.815	1.320	1.582	0.601	0.715	0.283	0.950	0.305	1.083	0.493	0.924	0.303	1.095
K2O	0.463	0.534	0.513	0.450	0.563	0.495	0.033	0.072	0.054	0.050	0.136	0.210	0.158	0.099	0.164	0.185	0.046	0.064	0.055	0.133	0.054	0.101	0.041	0.113	0.033	0.105
F	0.013	0.066	0.000	0.077	0.000	0.089	0.211	0.376	0.086	0.016	0.000	0.182	0.097	0.062	0.269	0.145	0.240	0.154	0.010	0.000	0.242	0.330	0.000	0.204	0.151	0.232
Cl	0.017	0.009	0.009	0.014	0.010	0.015	0.004	0.001	0.000	0.005	0.000	0.007	0.002	0.002	0.001	0.013	0.002	0.000	0.003	0.004	0.000	0.001	0.002	0.004	0.017	0.006
Total	96.14	95.77	96.61	96.67	97.88	97.13	96.06	95.87	93.93	94.78	97.62	97.95	97.64	97.56	97.44	97.71	97.45	97.17	95.56	96.38	97.05	97.56	96.70	96.36	96.58	97.16
O F Cl	0.01	0.03	0.00	0.04	0.00	0.04	0.09	0.16	0.04	0.01	0.00	0.08	0.04	0.03	0.11	0.06	0.10	0.06	0.00	0.00	0.10	0.14	0.00	0.09	0.07	0.10
O F	0.01	0.03	0.00	0.03	0.00	0.04	0.09	0.16	0.04	0.01	0.00	0.08	0.04	0.03	0.11	0.06	0.10	0.06	0.00	0.00	0.10	0.14	0.00	0.09	0.06	0.10
O Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CTotal	96.13	95.74	96.61	96.63	97.88	97.09	95.97	95.71	93.89	94.77	97.62	97.87	97.60	97.53	97.33	97.65	97.35	97.11	95.56	96.38	96.95	97.42	96.70	96.27	96.51	97.06
TSi	6.289	6.189	6.148	6.370	6.170	6.240	7.564	7.621	7.634	7.707	6.992	6.648	6.887	7.156	6.675	6.578	7.371	7.287	7.544	6.882	7.590	6.950	7.413	7.047	7.582	6.989
TAI	1.711	1.811	1.852	1.630	1.830	1.760	0.384	0.340	0.295	0.277	1.008	1.352	1.133	0.844	1.325	1.422	0.629	0.713	0.452	1.118	0.397	1.050	0.587	0.953	0.400	1.011
TFe3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051	0.040	0.071	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.017	0.000
TTi	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CAI	0.874	0.897	0.939	0.829	0.941	0.896	0.036	0.003	0.007	0.029	0.542	0.675	0.581	0.418	0.673	0.746	0.187	0.288	0.042	0.448	0.039	0.469	0.136	0.402	0.035	0.476
CCr	0.000	0.000	0.008	0.005	0.001	0.000	0.031	0.027	0.022	0.034	0.033	0.037	0.037	0.032	0.044	0.055	0.030	0.045	0.025	0.033	0.025	0.025	0.036	0.027	0.016	0.020
CFe3	0.382	0.410	0.439	0.361	0.425	0.405	0.518	0.413	0.549	0.307	0.365	0.474	0.364	0.391	0.349	0.314	0.498	0.394	0.456	0.574	0.437	0.436	0.500	0.446	0.462	0.400
CTi	0.061	0.077	0.067	0.056	0.059	0.072	0.008	0.002	0.002	0.006	0.020	0.027	0.029	0.015	0.039	0.033	0.011	0.015	0.007	0.025	0.005	0.033	0.009	0.014	0.005	0.032
CMg	1.755	1.734	1.644	1.758	1.633	1.687	4.060	4.125	3.942	4.002	3.185	2.995	3.094	3.386	2.986	2.883	3.764	3.620	4.064	3.337	4.002	3.355	3.829	3.463	4.071	3.355
CFe2	1.911	1.866	1.885	1.976	1.922	1.921	0.333	0.419	0.464	0.613	0.837	0.776	0.880	0.738	0.891	0.952	0.489	0.617	0.390	0.562	0.477	0.665	0.473	0.632	0.396	0.697
CMn	0.017	0.015	0.018	0.014	0.019	0.018	0.014	0.011	0.014	0.010	0.017	0.016	0.017	0.020	0.019	0.017	0.021	0.020	0.016	0.023	0.015	0.017	0.017	0.015	0.014	0.020
CCa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
BMg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BFe2	0.077	0.075	0.086	0.078	0.092	0.084	0.129	0.059	0.114	0.063	0.091	0.105	0.086	0.094	0.076	0.078	0.103	0.091	0.058	0.098	0.069	0.098	0.091	0.085	0.071	0.096
BMn	0.017	0.016	0.018	0.014	0.020	0.019	0.015	0.011	0.015	0.010	0.018	0.016	0.017	0.021	0.019	0.018	0.021	0.021	0.016	0.023	0.016	0.018	0.017	0.016	0.014	0.021
BCa	1.799	1.807	1.777	1.803	1.762	1.781	1.694	1.849	1.726	1.842	1.768	1.742	1.779	1.755	1.796	1.797	1.735	1.762	1.841	1.741	1.818	1.752	1.769	1.785	1.817	1.750
BNa	0.107	0.103	0.118	0.105	0.126	0.116	0.053	0.040	0.033	0.036	0.124	0.137	0.118	0.111	0.108	0.108	0.081	0.098	0.039	0.131	0.041	0.132	0.067	0.114	0.041	0.133
Sum B	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.89	1.96	1.89	1.95	2.00	2.00	2.00	1.98	2.00	2.00	1.94	1.97	1.95	1.99	1.95	2.00	1.94	2.00	1.94	2.00
ACa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ANa	0.351	0.348	0.351	0.339	0.365	0.335	0.055	0.040	0.034	0.036	0.142	0.211	0.184	0.113	0.260	0.333	0.083	0.099	0.039	0.133	0.042	0.167	0.068	0.143	0.042	0.171
AK	0.090	0.104	0.099	0.087	0.107	0.095	0.006	0.013	0.010	0.009	0.025	0.038	0.029	0.018	0.030	0.034	0.008	0.012	0.010	0.024	0.010	0.018	0.007	0.021	0.006	0.019
Sum A	0.44	0.45	0.45	0.43	0.47	0.43	0.06	0.05	0.04	0.05	0.17	0.25	0.21	0.13	0.29	0.37	0.09	0.11	0.05	0.16	0.05	0.19	0.08	0.16	0.05	0.19
Sum_cat	15.44	15.45	15.45	15.43	15.47	15.43	14.95	15.01	14.93	15.00	15.17	15.25	15.21	15.11	15.29	15.37	15.03	15.08	15.00	15.15	15.00	15.19	15.02	15.16	14.99	15.19
CCl	0.004	0.002	0.002	0.004	0.003	0.004	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.001
CF	0.006	0.032	0.000	0.037	0.000	0.042	0.095	0.170	0.040	0.007	0.000	0.082	0.044	0.028												

Anexo 5: Tabela 5 – Química Mineral de Granadas

Sample	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	15B-2	15B-2	14B	14B	14B	14B	14B	14B	14B	14B
Analysis	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68		265	266	216	217	218	219	220	221	222	223
Location	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B		C	B	C	M	B	C	B	C	B	C
Mineral	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA		GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA
SiO2	37.125	36.895	36.460	36.748	36.825	36.845	36.917	36.839	36.773	36.734	36.640	36.830		36.853	36.198	36.731	36.663	36.692	36.718	36.692	36.548	36.667	35.836
TiO2	0.029	0.037	0.101	0.005	0.060	0.111	0.018	0.066	0.034	0.017	0.065	0.015		0.080	0.076	0.095	0.080	0.084	0.084	0.043	0.068	0.074	0.068
Al2O3	21.321	21.190	20.793	20.979	20.956	21.162	21.137	20.925	20.865	20.878	20.846	20.971		20.783	20.395	20.834	20.522	20.686	20.564	20.595	20.479	20.664	20.511
Cr2O3	0.000	0.040	0.037	0.001	0.023	0.000	0.019	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000		0.135	0.047	0.023	0.030	0.014	0.052	0.007	0.077	0.085	0.067
FeO	32.949	33.369	33.121	33.531	33.031	33.572	33.727	33.152	33.044	33.510	32.988	33.079		29.863	33.067	30.267	30.400	30.369	30.809	30.894	30.427	29.909	23.759
Fe2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
MnO	1.706	1.592	1.603	1.629	1.537	1.535	1.633	1.539	1.674	1.686	1.616	1.695		2.136	0.567	1.462	1.733	1.191	1.358	1.297	1.649	1.436	5.988
MgO	2.243	2.091	2.254	2.146	2.194	2.031	2.203	2.207	2.189	2.077	2.207	2.109		1.348	2.417	1.338	1.328	1.770	1.747	2.005	1.676	1.716	1.785
CaO	4.814	4.063	4.452	4.253	4.496	4.447	4.393	4.221	4.252	4.387	4.601	4.353		6.909	4.487	7.073	6.301	6.267	6.174	5.689	6.295	6.390	8.585
Na2O	0.000	0.004	0.013	0.018	0.020	0.017	0.020	0.012	0.020	0.025	0.005	0.000		0.012	0.004	0.026	0.004	0.003	0.000	0.011	0.002	0.018	0.015
Total	100.19	99.31	98.84	99.32	99.21	99.77	100.09	99.03	98.96	99.38	98.99	99.09		98.12	97.27	97.85	97.06	97.10	97.51	97.24	97.23	96.99	96.65
FeOcalc	31.302	31.701	31.465	31.854	31.379	31.893	32.041	31.494	31.392	31.834	31.339	31.425		28.370	31.414	28.754	28.880	28.851	29.269	29.349	28.906	28.414	22.571
Fe2O3calc	1.830	1.854	1.840	1.863	1.835	1.865	1.874	1.842	1.836	1.861	1.832	1.838		1.659	1.837	1.681	1.689	1.687	1.711	1.716	1.690	1.661	1.320
Totalcalc	100.37	99.49	99.03	99.51	99.40	99.95	100.27	99.21	99.15	99.57	99.17	99.28		98.29	97.46	98.02	97.23	97.27	97.68	97.41	97.40	97.16	96.78
CTotal	100.37	99.49	99.03	99.51	99.40	99.95	100.27	99.21	99.15	99.57	99.17	99.28		98.29	97.46	98.02	97.23	97.27	97.68	97.41	97.40	97.16	96.78
Y2O3	0.000	0.024	0.007	0.012	0.070	0.046	0.019	0.026	0.112	0.068	0.020	0.040		0.000	0.014	0.000	0.000	0.022	0.000	0.010	0.007	0.034	0.036
TSi	5.955	5.985	5.937	5.959	5.975	5.952	5.939	5.989	5.987	5.959	5.956	5.986		6.035	5.979	6.026	6.076	6.059	6.046	6.051	6.037	6.061	5.916
TAI	0.045	0.015	0.063	0.041	0.025	0.048	0.061	0.011	0.013	0.041	0.044	0.014		0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084
Sum_T	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000		6.035	6.000	6.026	6.076	6.059	6.046	6.051	6.037	6.061	6.000
AlVI	3.982	4.032	3.924	3.965	3.979	3.977	3.944	3.995	3.987	3.948	3.947	4.000		4.008	3.947	4.025	4.005	4.023	3.988	4.000	3.984	4.023	3.903
Fe3	0.221	0.226	0.225	0.227	0.224	0.226	0.227	0.225	0.225	0.227	0.224	0.225		0.204	0.228	0.207	0.210	0.209	0.212	0.213	0.210	0.206	0.164
Ti	0.003	0.005	0.012	0.001	0.007	0.013	0.002	0.008	0.004	0.002	0.008	0.002		0.010	0.009	0.012	0.010	0.010	0.010	0.005	0.008	0.009	0.008
Cr	0.000	0.005	0.005	0.000	0.003	0.000	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000		0.017	0.006	0.003	0.004	0.002	0.007	0.001	0.010	0.011	0.009
Sum_A	4.206	4.268	4.166	4.193	4.213	4.217	4.175	4.233	4.216	4.177	4.179	4.226		4.239	4.190	4.247	4.230	4.245	4.217	4.219	4.212	4.249	4.084
Fe2	4.199	4.300	4.285	4.320	4.258	4.309	4.311	4.282	4.274	4.319	4.261	4.271		3.885	4.340	3.945	4.003	3.984	4.030	4.048	3.993	3.928	3.116
Mg	0.536	0.506	0.547	0.519	0.531	0.489	0.528	0.535	0.531	0.502	0.535	0.511		0.329	0.595	0.327	0.328	0.436	0.429	0.493	0.413	0.423	0.439
Mn	0.232	0.219	0.221	0.224	0.211	0.210	0.223	0.212	0.231	0.232	0.223	0.233		0.296	0.079	0.203	0.243	0.167	0.189	0.181	0.231	0.201	0.837
Ca	0.827	0.706	0.777	0.739	0.782	0.770	0.757	0.735	0.742	0.763	0.801	0.758		1.212	0.794	1.243	1.119	1.109	1.089	1.005	1.114	1.132	1.518
Na	0.000	0.001	0.004	0.006	0.006	0.005	0.006	0.004	0.006	0.008	0.002	0.000		0.004	0.001	0.008	0.001	0.001	0.000	0.004	0.001	0.006	0.005
Sum_B	5.794	5.732	5.834	5.807	5.787	5.783	5.825	5.767	5.784	5.823	5.821	5.774		5.726	5.810	5.727	5.694	5.696	5.738	5.730	5.751	5.689	5.916
Sum_cat	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
CF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CCI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alm	72.465	75.039	73.499	74.464	73.648	74.577	74.083	74.288	73.973	74.267	73.214	73.979		67.891	74.714	68.985	70.310	69.956	70.242	70.678	69.438	69.110	52.716
And	5.719	5.922	5.801	5.877	5.813	5.886	5.847	5.863	5.838	5.861	5.778	5.839		5.358	5.897	5.444	5.549	5.521	5.544	5.578	5.480	5.454	4.160
Gross	8.559	6.265	7.400	6.857	7.630	7.436	7.104	6.762	6.998	7.251	7.993	7.290		15.366	7.617	16.218	14.001	13.899	13.262	11.950	13.631	14.165	21.306
Pyrope	9.256	8.823	9.385	8.942	9.179	8.466	9.080	9.280	9.195	8.637	9.191	8.850		5.750	10.247	5.722	5.763	7.651	7.474	8.607	7.177	7.440	7.432
Spess	4.000	3.817	3.792	3.857	3.654	3.635	3.824	3.677	3.995	3.984	3.824	4.041		5.177	1.366	3.553	4.273	2.925	3.301	3.163	4.012	3.538	14.165
Uvaro	0.000	0.134	0.123	0.003	0.077	0.000	0.062	0.130	0.000	0.000	0.000	0.000		0.458	0.158	0.078	0.104	0.048	0.177	0.024	0.262	0.293	0.222
XCagnt	0.143	0.123	0.133	0																			

Anexo 5: Tabela 5 – Química Mineral de Granadas (cont.)

Sample	14B	GP-15A	GP-15A	GP-15A	GP-15A	15B-1	15B-1	15B-1	15B-1	15B-1	15B-1	GN08	GN08	GN08	GN08	GP04	GP04	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10	GP10
Analysis	224	117	118	119	120	111	112	113	114	115	116	69	70	71	72	73	74	225	226	227	228	229	230
Location	B	C	B	C	B	C	B	C	M	B	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B
Mineral	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA	GRA
SiO2	37.228	36.755	36.600	36.387	36.374	39.547	39.515	36.866	36.640	36.733	36.472	37.083	36.879	36.723	37.134	36.822	37.084	36.776	37.415	37.199	37.334	36.973	37.195
TiO2	0.071	0.024	0.031	0.077	0.047	0.252	0.339	0.076	0.117	0.102	0.090	0.062	0.030	0.092	0.015	0.086	0.041	1.009	0.042	0.146	0.069	0.061	0.084
Al2O3	21.115	20.394	20.660	20.428	20.350	17.047	17.301	20.808	20.703	20.816	20.751	20.993	20.553	21.125	20.904	20.719	20.944	20.494	21.259	21.001	21.364	20.838	21.047
Cr2O3	0.095	0.037	0.002	0.002	0.004	0.087	0.036	0.079	0.072	0.063	0.072	0.091	0.261	0.034	0.000	0.000	0.000	0.067	0.037	0.037	0.000	0.079	0.016
FeO	24.241	32.279	32.288	32.572	32.026	18.043	19.582	26.796	26.745	29.699	28.863	28.427	28.626	27.730	29.129	28.211	30.278	22.698	24.698	23.513	24.991	25.016	24.780
Fe2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MnO	5.698	1.571	1.672	1.666	1.598	0.033	0.073	4.147	3.437	1.353	3.301	3.704	3.485	3.937	3.646	4.865	3.153	6.700	5.451	7.084	5.599	5.593	5.590
MgO	2.094	0.571	0.552	0.526	0.537	5.896	5.230	0.892	1.146	2.116	1.247	1.635	1.765	1.577	1.770	1.687	2.038	1.612	2.235	1.504	2.191	2.083	2.215
CaO	7.814	6.972	6.745	7.456	7.365	10.204	10.374	8.636	8.788	7.173	7.624	6.966	6.959	7.378	6.696	5.946	5.506	9.067	7.629	8.597	7.560	7.755	7.754
Na2O	0.013	0.010	0.005	0.015	0.022	1.386	1.364	0.002	0.021	0.009	0.009	0.055	0.027	0.000	0.005	0.015	0.032	0.000	0.010	0.015	0.002	0.000	0.005
Total	98.52	98.63	98.55	99.15	98.33	92.50	93.81	98.31	97.67	98.06	98.43	99.07	98.64	98.64	99.38	98.35	99.11	98.45	98.91	99.12	99.21	98.46	98.76
FeOcalc	23.029	30.665	30.674	30.943	30.425	17.141	18.603	25.456	25.408	28.214	27.420	27.006	27.195	26.344	27.673	26.800	28.764	21.563	23.463	22.337	23.741	23.765	23.541
Fe2O3calc	1.347	1.793	1.794	1.809	1.779	1.002	1.088	1.489	1.486	1.650	1.603	1.579	1.590	1.540	1.618	1.567	1.682	1.261	1.372	1.306	1.388	1.390	1.377
Totalcalc	98.66	98.81	98.74	99.33	98.51	92.59	93.92	98.46	97.82	98.23	98.59	99.23	98.80	98.79	99.54	98.51	99.28	98.57	99.05	99.25	99.35	98.60	98.89
CTotal	98.66	98.81	98.74	99.33	98.51	92.59	93.92	98.46	97.82	98.23	98.59	99.23	98.80	98.79	99.54	98.51	99.28	98.57	99.05	99.25	99.35	98.60	98.89
Y2O3	0.156	0.019	0.000	0.017	0.007	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.059	0.059	0.039	0.079	0.000	0.033	0.023	0.132	0.024	0.098	0.063	0.070
TSi	6.026	6.033	6.010	5.943	5.985	6.496	6.440	6.019	6.006	5.984	5.954	6.003	6.000	5.967	5.999	6.017	6.007	5.974	6.028	5.999	6.000	5.994	6.003
TAI	0.000	0.000	0.000	0.057	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.046	0.000	0.000	0.033	0.001	0.000	0.000	0.026	0.000	0.001	0.000	0.006	0.000
Sum_T	6.026	6.033	6.010	6.000	6.000	6.496	6.440	6.019	6.006	6.000	6.000	6.003	6.000	6.000	6.000	6.017	6.007	6.000	6.028	6.000	6.000	6.000	6.003
AlVI	4.025	3.942	3.995	3.873	3.928	3.298	3.321	4.001	3.997	3.978	3.943	4.002	3.938	4.009	3.977	3.987	3.996	3.895	4.034	3.987	4.043	3.973	4.000
Fe3	0.164	0.221	0.221	0.222	0.220	0.124	0.133	0.183	0.183	0.202	0.197	0.192	0.194	0.188	0.197	0.193	0.205	0.154	0.166	0.158	0.168	0.169	0.167
Ti	0.009	0.003	0.004	0.009	0.006	0.031	0.042	0.009	0.014	0.012	0.011	0.008	0.004	0.011	0.002	0.011	0.005	0.123	0.005	0.018	0.008	0.007	0.010
Cr	0.012	0.005	0.000	0.000	0.001	0.011	0.005	0.010	0.009	0.008	0.009	0.012	0.034	0.004	0.000	0.000	0.000	0.009	0.005	0.005	0.000	0.010	0.002
Sum_A	4.210	4.171	4.221	4.105	4.154	3.464	3.500	4.203	4.203	4.201	4.160	4.213	4.170	4.212	4.175	4.190	4.205	4.180	4.210	4.168	4.220	4.159	4.180
Fe2	3.118	4.209	4.213	4.227	4.186	2.355	2.536	3.476	3.483	3.844	3.743	3.656	3.700	3.579	3.739	3.663	3.897	2.929	3.161	3.013	3.191	3.222	3.177
Mg	0.505	0.140	0.135	0.128	0.132	1.444	1.271	0.217	0.280	0.514	0.303	0.395	0.428	0.382	0.426	0.411	0.492	0.390	0.537	0.362	0.525	0.503	0.533
Mn	0.781	0.218	0.233	0.230	0.223	0.005	0.010	0.573	0.477	0.187	0.456	0.508	0.480	0.542	0.499	0.673	0.433	0.922	0.744	0.968	0.762	0.768	0.764
Ca	1.355	1.226	1.187	1.305	1.298	1.796	1.812	1.511	1.543	1.252	1.333	1.208	1.213	1.284	1.159	1.041	0.956	1.578	1.317	1.485	1.302	1.347	1.341
Na	0.004	0.003	0.002	0.005	0.007	0.441	0.431	0.001	0.007	0.003	0.003	0.017	0.009	0.000	0.002	0.005	0.010	0.000	0.003	0.005	0.001	0.000	0.002
Sum_B	5.764	5.796	5.769	5.895	5.846	6.040	6.059	5.778	5.790	5.799	5.840	5.784	5.830	5.788	5.825	5.793	5.787	5.820	5.762	5.832	5.780	5.841	5.817
Sum_cat	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
O	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
CF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CCI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alm	54.130	72.655	73.046	71.760	71.695	37.057	40.453	60.165	60.222	66.314	64.135	63.399	63.560	61.847	64.207	63.279	67.451	50.336	54.895	51.698	55.208	55.167	54.638
And	4.272	5.734	5.765	5.663	5.658	3.606	3.853	4.748	4.753	5.234	5.062	5.004	5.016	4.881	5.067	4.994	5.323	3.973	4.332	4.080	4.357	4.354	4.312
Gross	18.942	15.305	14.807	16.482	16.563	30.908	30.896	21.137	21.691	16.156	17.546	15.645	14.956	17.197	14.837	12.992	11.218	22.922	18.412	21.290	18.165	18.449	18.692
Pyrope	8.774	2.412	2.343	2.174	2.256	28.012	24.469	3.758	4.842	8.866	5.199	6.842	7.353	6.600	7.321	7.100	8.519	6.708	9.321	6.205	9.082	8.619	9.164
Spess	13.565	3.770	4.033	3.913	3.814	0.089	0.194	9.927	8.251	3.221	7.820	8.807	8.250	9.361	8.568	11.634	7.488	15.840	12.917	16.606	13.187	13.150	13.141
Uvaro	0.317	0.124	0.007	0.007	0.013	0.329	0.134	0.265	0.242	0.210	0.239	0.303	0.865	0.113	0.000	0.000	0.000	0.222	0.123	0.121	0.000	0.260	0.053
XCagnt	0.235	0.212	0.206	0.222	0.222	0.321	0.322	0.262	0.267	0.216	0.228	0.209	0.208	0.222	0.199	0.180	0.165	0.271	0.229	0.255	0.225	0.231	0.231
XFegnt	0.541	0.727	0.730	0.718	0.717	0.421	0.451	0.602	0.602	0.663	0.641	0.634	0.636	0.618	0.642	0.633	0.674	0.503	0.549	0.517	0.552	0.552	0.546
XMggnt	0.088	0.024	0.023	0.022	0.023	0.258	0.226	0.038	0.048	0.089	0.052	0.068	0.074	0.066	0.073	0.071	0.085	0.067	0.093	0.062	0.091	0.086	0.092
Fe_Mggnt	6.174	30.064	31.207	33.023	31.712	1.631	1.995	16.018	12.439	7.479	12.353	9.256	8.645	9.369	8.777	8.912	7.921	7.510	5.886	8.323	6.078	6.406	5.961
Fe/Fe+Mg	0.861	0.968	0.969	0.971	0.969	0.620	0.666	0.941	0.926	0.882	0.925	0.902	0.896	0.904	0.898	0.899	0.888	0.882	0.855	0.893	0.859	0.865	0.856
Mg/Fe+Mg	0.139	0.032	0.031	0.029	0.031	0.380	0.334	0.059	0.074	0.118	0.075	0.098	0.104	0.096	0.102	0.101	0.112	0.118	0.145	0.107	0.141	0.135	0.144

Anexo 5: Tabela 6 - Química Mineral de Carbonatos

Sample	14B	14B	14B	14B	14B	14B	GN01	GN01	GN01	GN01	GP13	GP13	GP13
Analysis	259	260	261	262	263	264	178	179	180	181	54	55	56
Location	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	C	C
Mineral	CAR	CAR	CAR	CAR	CAR	CAR	CAR	CAR	CAR	CAR	CAR	CAR	CAR
SiO2	0,038	0,043	0,022	0,022	0,016	0,109	0,062	0,111	0,041	0,080	0,016	0,013	0,022
FeO	2,359	2,688	2,313	2,426	2,215	2,561	1,899	1,860	1,754	1,850	2,938	2,476	2,609
MnO	0,165	0,210	0,171	0,186	0,174	0,145	0,774	0,717	0,681	0,742	0,931	0,753	0,917
MgO	1,210	1,296	1,142	1,158	1,128	1,240	0,802	0,800	0,809	0,776	1,367	1,393	1,329
CaO	49,968	49,757	49,074	49,799	49,645	50,143	51,074	51,257	49,669	49,771	56,151	56,342	55,001
Na2O	0,005	0,003	0,006	0,012	0,000	0,022	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K2O	0,006	0,004	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,002	0,003	0,002	0,000	0,001
TOTOx	53,75	54,00	52,73	53,61	53,18	54,23	54,61	54,75	52,96	53,22	61,41	60,98	59,88
CO2	46,250	46,000	47,270	46,390	46,820	45,770	45,390	45,250	47,040	46,780	38,590	39,020	40,120
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Si4	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,002	0,004	0,001	0,003	0,000	0,000	0,001
Fe2	0,069	0,078	0,069	0,071	0,065	0,074	0,055	0,053	0,052	0,055	0,075	0,064	0,068
Mn2	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,004	0,023	0,021	0,020	0,022	0,024	0,020	0,024
Mg2	0,063	0,067	0,060	0,060	0,059	0,064	0,041	0,041	0,043	0,041	0,062	0,064	0,062
Ca2	1,862	1,847	1,864	1,862	1,870	1,853	1,880	1,881	1,884	1,879	1,838	1,853	1,845
Na1	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cations	2,000	1,999	1,999	2,000	2,000	2,000	2,001	2,000	2,000	2,000	1,999	2,001	2,000

Anexo 5: Tabela 7 – Química Mineral de Ilmenitas

Sample	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP05	GP13	GP13	GP13	GP13	GP13
Analysis	102	103	104	105	106	107	108	109	110		49	50	51	52	53
Location	B	C	B	C	B	C	B	C	B		C	C	B	C	C
Mineral	ILM	ILM	ILM	ILM	ILM	ILM	ILM	ILM	ILM		ILM	ILM	ILM	ILM	ILM
SiO2	0.058	0.041	0.081	0.018	0.036	0.019	0.035	0.022	0.028		0.024	0.000	0.000	0.056	0.051
TiO2	51.009	51.946	52.265	51.525	51.469	51.904	50.751	51.449	50.779		51.406	50.801	51.457	50.515	50.777
Al2O3	0.015	0.008	0.013	0.000	0.036	0.017	0.028	0.000	0.018		0.028	0.005	0.020	0.018	0.023
FeO	45.270	45.980	45.980	45.980	45.270	46.700	45.980	45.980	45.270		44.550	44.550	44.550	43.830	43.830
Fe2O3	3.100	2.040	2.330	2.390	3.120	1.730	2.120	2.650	3.190		2.180	2.410	2.040	3.010	3.400
Cr2O3	0.000	0.012	0.031	0.010	0.041	0.014	0.009	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MnO	0.360	0.357	0.358	0.332	0.302	0.343	0.308	0.310	0.356		1.156	1.101	1.114	1.172	1.191
MgO	0.139	0.119	0.127	0.210	0.238	0.156	0.124	0.185	0.166		0.150	0.174	0.156	0.183	0.225
CaO	0.086	0.044	0.067	0.073	0.040	0.000	0.010	0.021	0.000		0.023	0.001	0.001	0.097	0.243
Nb2O5	0.003	0.000	0.064	0.048	0.000	0.025	0.072	0.046	0.045		0.019	0.043	0.029	0.000	0.045
ZnO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FeOTOT	48.059	47.821	48.081	48.132	48.085	48.255	47.892	48.366	48.148		46.510	46.719	46.385	46.542	46.896
TOTAL	100.04	100.55	101.32	100.59	100.55	100.91	99.44	100.66	99.85		99.54	99.09	99.37	98.88	99.79
Si	0.003	0.002	0.004	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001		0.001	0.000	0.000	0.003	0.003
Al	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001		0.002	0.000	0.001	0.001	0.001
Ti	1.937	1.961	1.956	1.947	1.941	1.957	1.943	1.943	1.933		1.960	1.949	1.964	1.939	1.931
Fe2	1.911	1.930	1.914	1.932	1.899	1.957	1.958	1.931	1.916		1.888	1.900	1.891	1.871	1.853
Fe3	0.118	0.077	0.087	0.090	0.118	0.065	0.081	0.100	0.121		0.083	0.092	0.078	0.115	0.129
Cr	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mn	0.015	0.015	0.015	0.014	0.013	0.015	0.013	0.013	0.015		0.050	0.048	0.048	0.051	0.051
Mg	0.010	0.009	0.009	0.016	0.018	0.012	0.009	0.014	0.013		0.011	0.013	0.012	0.014	0.017
Ca	0.005	0.002	0.004	0.004	0.002	0.000	0.001	0.001	0.000		0.001	0.000	0.000	0.005	0.013
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cations	2.06	2.04	2.04	2.06	2.06	2.05	2.07	2.06	2.07		2.04	2.05	2.03	2.06	2.07
PMSiO2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PMTiO2	0.640	0.650	0.650	0.650	0.640	0.650	0.640	0.640	0.640		0.640	0.640	0.640	0.630	0.640
PMAl2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PMNb2O5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PMMnO	0.010	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010		0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
PMMgO	0.000	0.000	0.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
PMCaO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PMZnO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PMCr2O3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PMFe2O3	0.020	0.010	0.010	0.010	0.020	0.010	0.010	0.020	0.020		0.010	0.020	0.010	0.020	0.020
PMFeO	0.630	0.640	0.640	0.640	0.630	0.650	0.640	0.640	0.630		0.620	0.620	0.620	0.610	0.610
SOMA	1.30	1.31	1.31	1.31	1.30	1.31	1.29	1.30	1.30		1.29	1.30	1.29	1.28	1.30

Anexo 5: Tabela 8 - Química Mineral de Arsenopiritas											% atm recalculados a 100%		
Amostra	Análise	C	M	B	As	Fe	S	%atm	Mina	Obs.	As	Fe	S
GSB-002	1	x			27,841	32,800	39,249	99,9	Sbento	Remobil	27,87	32,84	39,29
GSB-002	2			x	29,464	33,108	37,376	99,9	Sbento	Remobil	29,48	33,13	37,40
GSB-002	3	x			29,664	33,116	37,087	99,9	Sbento	Remobil	29,70	33,16	37,14
GSB-002	4			x	28,757	32,850	37,872	99,5	Sbento	Remobil	28,91	33,02	38,07
GSB-002	9	x			30,873	33,188	35,855	99,9	Sbento	Remobil	30,90	33,22	35,89
GSB-002	10			x	27,963	33,332	38,609	99,9	Sbento	Remobil	27,99	33,36	38,65
GSB-005	13	x			29,119	32,779	38,054	100,0	Sbento	Bandado	29,13	32,79	38,07
GSB-005	14			x	30,222	32,909	36,819	100,0	Sbento	Bandado	30,24	32,93	36,84
GSB-005	17	x			30,025	32,936	36,973	99,9	Sbento	Bandado	30,04	32,96	37,00
GSB-005	18			x	30,041	32,466	37,470	100,0	Sbento	Bandado	30,05	32,47	37,48
GSB-005	21	x			28,863	32,698	38,425	100,0	Sbento	Bandado	28,87	32,70	38,43
GSB-005	22			x	30,926	32,595	36,454	100,0	Sbento	Bandado	30,93	32,60	36,46
GSB-005	25	x			28,891	33,112	37,976	100,0	Sbento	Bandado	28,90	33,12	37,98
GSB-005	26			x	29,604	32,927	37,383	99,9	Sbento	Bandado	29,63	32,96	37,42
GSB-003	38	x			30,055	32,971	36,875	99,9	Sbento	Remob. Rico	30,08	33,00	36,91
GSB-003	39			x	29,024	32,834	38,034	99,9	Sbento	Remob. Rico	29,06	32,87	38,08
GSB-003	40	x			28,917	32,899	38,048	99,9	Sbento	Remob. Rico	28,96	32,94	38,10
GSB-003	41			x	28,905	33,022	37,985	99,9	Sbento	Remob. Rico	28,93	33,05	38,02
GSB-003	42	x			29,543	32,711	37,670	99,9	Sbento	Remob. Rico	29,57	32,74	37,70
GSB-003	43			x	28,379	33,038	38,493	99,9	Sbento	Remob. Rico	28,40	33,07	38,53
GSB-003	44	x			28,409	32,493	38,974	99,9	Sbento	Remob. Rico	28,44	32,53	39,02
GSB-003	45			x	29,266	32,619	38,030	99,9	Sbento	Remob. Rico	29,29	32,65	38,06
GSB-004	46	x			29,595	32,988	37,279	99,9	Sbento	Band. Pobre	29,64	33,03	37,33
GSB-004	47			x	29,888	32,786	37,224	99,9	Sbento	Band. Pobre	29,92	32,82	37,26
GSB-004	50	x			29,558	32,840	37,404	99,8	Sbento	Band. Pobre	29,62	32,91	37,48
GSB-004	51			x	31,495	32,919	35,468	99,9	Sbento	Band. Pobre	31,53	32,96	35,51
GSB-004	54	x			30,129	32,738	37,040	99,9	Sbento	Band. Pobre	30,16	32,77	37,07
GSB-004	55			x	31,510	32,672	35,724	99,9	Sbento	Band. Pobre	31,54	32,70	35,76
GSB-004	56	x			30,733	32,443	36,732	99,9	Sbento	Band. Pobre	30,76	32,47	36,77
GSB-004	57			x	29,235	32,878	37,799	99,9	Sbento	Band. Pobre	29,26	32,91	37,83
GSB-004	58	x			30,493	33,126	36,254	99,9	Sbento	Band. Pobre	30,53	33,17	36,30
GSB-004	59			x	30,436	32,955	36,476	99,9	Sbento	Band. Pobre	30,48	33,00	36,52
GP-14	76	x			30,210	32,980	36,719	99,9	Pari	FW-Anf fino	30,24	33,01	36,75
GP-14	77			x	33,627	32,775	33,534	99,9	Pari	FW-Anf fino	33,65	32,80	33,56
GP-14	78			x	31,788	32,886	35,256	99,9	Pari	FW-Anf fino	31,81	32,91	35,28
GP-21A	114	x			31,570	32,638	35,702	99,9	Pari	N-10, rico	31,60	32,67	35,73
GP-21A	115			x	32,959	32,693	34,196	99,8	Pari	N-10, rico	33,01	32,74	34,25
GP-21A	119	x			32,314	32,718	34,846	99,9	Pari	N-10, rico	32,35	32,76	34,89
GP-21A	120			x	33,008	32,690	34,153	99,9	Pari	N-10, rico	33,06	32,74	34,20
GP-21A	121	x			31,992	32,893	35,038	99,9	Pari	N-10, rico	32,02	32,92	35,07
GP-21A	122			x	31,924	32,791	35,184	99,9	Pari	N-10, rico	31,96	32,82	35,22
GP-21A	125	x			33,447	32,975	33,440	99,9	Pari	N-10, rico	33,49	33,02	33,49
GP-21A	126			x	33,107	32,885	33,805	99,8	Pari	N-10, rico	33,17	32,95	33,87
GP-21A	129	x			32,437	33,083	34,353	99,9	Pari	N-10, rico	32,48	33,13	34,40
GP-21A	130			x	33,938	32,872	33,003	99,8	Pari	N-10, rico	34,00	32,93	33,06
GP-21A	137	x			31,769	33,067	35,111	99,9	Pari	N-10, rico	31,79	33,08	35,13
GP-21A	138			x	32,654	33,243	34,020	99,9	Pari	N-10, rico	32,68	33,27	34,05
GP-21A	139			x	32,183	33,106	34,582	99,9	Pari	N-10, rico	32,22	33,15	34,63
GP-21A	140	x			33,680	32,738	33,424	99,8	Pari	N-10, rico	33,73	32,79	33,48
GP-21A	141			x	33,414	32,628	33,839	99,9	Pari	N-10, rico	33,45	32,67	33,88
GP-21A	142	x			31,807	32,772	35,329	99,9	Pari	N-10, rico	31,84	32,80	35,36
GP-21A	143			x	33,193	32,772	33,912	99,9	Pari	N-10, rico	33,23	32,81	33,95
GP-21A	146	x			31,945	33,099	34,783	99,8	Pari	N-10, rico	32,00	33,16	34,84
GP-21A	147			x	31,424	32,891	35,620	99,9	Pari	N-10, rico	31,44	32,91	35,64
GP-21A	148	x			33,707	33,062	33,058	99,8	Pari	N-10, rico	33,77	33,12	33,12
GP-21A	149			x	32,186	32,912	34,762	99,9	Pari	N-10, rico	32,23	32,96	34,81
GP-21A	152	x			32,335	33,133	34,439	99,9	Pari	N-10, rico	32,37	33,16	34,47
GP-21A	153			x	32,586	32,849	34,376	99,8	Pari	N-10, rico	32,65	32,91	34,44
GP-21A	154			x	33,295	32,853	33,756	99,9	Pari	N-10, rico	33,33	32,88	33,79
GP-21B	155	x			33,374	32,668	33,802	99,8	Pari	N-10, rico	33,43	32,72	33,85
GP-21B	156			x	33,646	32,734	33,327	99,7	Pari	N-10, rico	33,74	32,83	33,42
GP-21B	161	x			32,275	32,887	33,366	98,5	Pari	N-10, rico	32,76	33,38	33,86
GP-21B	162			x	31,303	32,993	35,576	99,9	Pari	N-10, rico	31,34	33,04	35,62
GP-21B	163			x	33,364	33,028	33,496	99,9	Pari	N-10, rico	33,40	33,07	33,53

Anexo 5: Tabela 9 - Química Mineral de Pirítas

							%atm recalculado 100%		
Amostra	Análise	C	B	Fe	S	Soma	Fe	S	Fe/S
GSB-02	7	x		32,876	67,032	99,908	32,91	67,09	2,0
GSB-02	8		x	32,936	66,896	99,832	32,99	67,01	2,0
GSB-06	27	x		32,882	67,061	99,943	32,90	67,10	2,0
GSB-06	28		x	32,799	67,124	99,923	32,82	67,18	2,0
GSB-06	29	x		32,738	67,085	99,823	32,80	67,20	2,0
GSB-06	30		x	32,854	66,994	99,848	32,90	67,10	2,0
GSB-06	31	x		33,606	65,853	99,459	33,79	66,21	2,0
GSB-06	32		x	33,182	66,705	99,887	33,22	66,78	2,0
GSB-06	35	x		33,191	66,729	99,920	33,22	66,78	2,0
GP19A	96	x		33,204	66,637	99,841	33,26	66,74	2,0
GP19A	97		x	33,086	66,770	99,856	33,13	66,87	2,0
GP19A	100	x		33,397	66,335	99,732	33,49	66,51	2,0
GP19A	101		x	33,237	66,516	99,753	33,32	66,68	2,0

Anexo 5: Tabela 10 - Química Mineral de Pirrotitas

C-Centro; B-Borda do grão								%at rec.100%			
Amostra	Análise	C	B	Fe	S	Soma	Observ.	Fe	S	Fe/S	x
GSB-02	5	x		46,518	53,388	99,9	Sbento, remob.	46,56	53,44	0,871	0,129
GSB-02	6		x	45,985	53,850	99,8	Sbento, remob.	46,06	53,94	0,854	0,146
GSB-02	11	x		46,68	53,242	99,9	Sbento, remob.	46,72	53,28	0,877	0,123
GSB-02	12		x	46,566	53,372	99,9	Sbento, remob.	46,59	53,41	0,872	0,128
GSB-05	15	x		45,916	53,986	99,9	Bandado Sulf.	45,96	54,04	0,851	0,149
GSB-05	16		x	45,792	54,142	99,9	Bandado Sulf.	45,82	54,18	0,846	0,154
GSB-05	19	x		46,622	53,318	99,9	Bandado Sulf.	46,65	53,35	0,874	0,126
GSB-05	20		x	46,169	53,774	99,9	Bandado Sulf.	46,20	53,80	0,859	0,141
GSB-05	23	x		46,185	53,712	99,9	Bandado Sulf.	46,23	53,77	0,860	0,140
GSB-05	24		x	45,760	54,178	99,9	Bandado Sulf.	45,79	54,21	0,845	0,155
GSB-04	48	x		46,506	53,384	99,9	bandado mag.	46,56	53,44	0,871	0,129
GSB-04	49	x		46,707	53,220	99,9	bandado mag.	46,74	53,26	0,878	0,122
GSB-04	52	x		46,388	53,511	99,9	bandado mag.	46,43	53,57	0,867	0,133
GSB-04	53		x	46,607	53,303	99,9	bandado mag.	46,65	53,35	0,874	0,126
GP-01	60	x		46,549	53,172	99,7	Sulf. Mac.	46,68	53,32	0,875	0,125
GP-01	61		x	46,041	53,655	99,7	Sulf. Mac.	46,18	53,82	0,858	0,142
GP-01	62	x		44,729	55,020	99,7	Sulf. Mac.	44,84	55,16	0,813	0,187
GP-01	63		x	45,306	54,465	99,8	Sulf. Mac.	45,41	54,59	0,832	0,168
GP-01	64	x		46,349	53,377	99,7	Sulf. Mac.	46,48	53,52	0,868	0,132
GP-01	65		x	46,060	53,633	99,7	Sulf. Mac.	46,20	53,80	0,859	0,141
GP-01	66	x		45,706	53,953	99,7	Sulf. Mac.	45,86	54,14	0,847	0,153
GP-01	67		x	44,867	54,664	99,5	Sulf. Mac.	45,08	54,92	0,821	0,179
GP-01	68	x		46,113	53,607	99,7	Sulf. Mac.	46,24	53,76	0,860	0,140
GP-01	69		x	46,707	52,966	99,7	Sulf. Mac.	46,86	53,14	0,882	0,118
14B	70	x		46,105	53,753	99,9	minério N-10	46,17	53,83	0,858	0,142
14B	71		x	46,193	53,648	99,8	minério N-10	46,27	53,73	0,861	0,139
14B	72	x		46,193	53,692	99,9	minério N-10	46,25	53,75	0,860	0,140
14B	73		x	46,354	53,538	99,9	minério N-10	46,40	53,60	0,866	0,134
14B	74	x		45,974	53,923	99,9	minério N-10	46,02	53,98	0,853	0,147
14B	75		x	45,767	54,13	99,9	minério N-10	45,81	54,19	0,846	0,154
14B	79	x		46,186	53,696	99,9	minério N-10	46,24	53,76	0,860	0,140
14B	80		x	46,349	53,508	99,9	minério N-10	46,42	53,58	0,866	0,134
14B	81	x		45,895	53,949	99,8	minério N-10	45,97	54,03	0,851	0,149
14B	82		x	45,431	54,389	99,8	minério N-10	45,51	54,49	0,835	0,165
GN-26	85	x		45,644	54,034	99,7	Anf. FW N00	45,79	54,21	0,845	0,155
GN-26	86	x		45,747	53,975	99,7	Anf. FW N00	45,87	54,13	0,848	0,152
GN-26	87		x	45,759	53,94	99,7	Anf. FW N00	45,90	54,10	0,848	0,152
GP-19a	88	x		45,945	53,894	99,8	minério N-10	46,02	53,98	0,853	0,147
GP-19a	89		x	45,932	53,881	99,8	minério N-10	46,02	53,98	0,852	0,148
GP-19a	90	x		46,146	53,714	99,9	minério N-10	46,21	53,79	0,859	0,141
GP-19a	91		x	45,875	53,922	99,8	minério N-10	45,97	54,03	0,851	0,149
GP-19a	92	x		45,484	54,342	99,8	minério N-10	45,56	54,44	0,837	0,163
GP-19a	93		x	45,545	54,249	99,8	minério N-10	45,64	54,36	0,840	0,160
GP-19a	94	x		45,770	54,108	99,9	minério N-10	45,83	54,17	0,846	0,154
GP-19a	95		x	45,694	54,099	99,8	minério N-10	45,79	54,21	0,845	0,155
GP-19a	98	x		46,095	53,784	99,9	minério N-10	46,15	53,85	0,857	0,143
GP-19a	99		x	45,978	53,867	99,8	minério N-10	46,05	53,95	0,854	0,146
G-8	102	x		46,541	53,313	99,9	minério N-10	46,61	53,39	0,873	0,127
G-8	103		x	46,078	53,891	100,0	minério N-10	46,09	53,91	0,855	0,145
G-8	112	x		46,400	53,469	99,9	minério N-10	46,46	53,54	0,868	0,132
G-8	113		x	45,921	53,962	99,9	minério N-10	45,97	54,03	0,851	0,149
G-8	116	x		46,635	53,253	99,9	minério N-10	46,69	53,31	0,876	0,124
G-8	117		x	45,934	53,927	99,9	minério N-10	46,00	54,00	0,852	0,148
G-8	123	x		46,872	52,996	99,9	minério N-10	46,93	53,07	0,884	0,116
G-8	124		x	46,094	53,855	99,9	minério N-10	46,12	53,88	0,856	0,144
G-8	133	x		46,441	53,471	99,9	minério N-10	46,48	53,52	0,869	0,131
G-8	134		x	45,894	53,987	99,9	minério N-10	45,95	54,05	0,850	0,150
G-8	135	x		46,679	53,179	99,9	minério N-10	46,75	53,25	0,878	0,122
G-8	136		x	46,337	53,567	99,9	minério N-10	46,38	53,62	0,865	0,135
G-8	144	x		46,747	53,104	99,9	minério N-10	46,82	53,18	0,880	0,120
G-8	145		x	46,047	53,802	99,8	minério N-10	46,12	53,88	0,856	0,144
G-8	150	x		44,927	54,929	99,9	minério N-10	44,99	55,01	0,818	0,182
G-8	158		x	45,699	54,122	99,8	minério N-10	45,78	54,22	0,844	0,156

Anexo 5: Tabela 11 - Química Mineral de Calcopiritas

C-Centro; B-Borda dos grãos								%atm recalculado.100%		
Amostra	Análise	C	B	Cu	Fe	S	Soma	Cu	Fe	S
GP-26	83	x		24,581	24,865	50,454	99,9	24,61	24,89	50,50
GP-26	84		x	24,698	24,508	50,678	99,9	24,73	24,54	50,74
GP-21A	118	x		25,022	24,307	50,606	99,9	25,04	24,32	50,64
GP-21A	127	x		25,027	24,832	50,005	99,9	25,06	24,87	50,07
GP-21A	128		x	24,858	24,959	50,061	99,9	24,89	24,99	50,12
GP-21A	131	x		25,192	24,354	50,406	100,0	25,20	24,37	50,43
GP-21A	132		x	24,898	24,937	24,898	74,7	33,32	33,37	33,32
GP-21B	159	x		25,082	24,515	50,323	99,9	25,10	24,53	50,36
GP-21B	160		x	24,986	24,63	50,311	99,9	25,00	24,65	50,35

Anexo 5: Tabela 12 - Química Mineral de Esfaleritas

C-Centro; B-Borda de grãos

Amostra	Análise	C	B	Zn	Fe	S	soma %at	soma wt%	Zn	Fe	S
GP-21a	104	x		41,517	7,971	50,258	99,746	97,199	55,302	9,070	32,827
GP-21a	105		x	40,864	7,938	50,554	99,356	96,086	54,207	8,994	32,885
GP-21a	106	x		40,811	8,303	50,766	99,880	96,910	54,329	9,442	33,139
GP-21a	107		x	40,931	8,283	50,643	99,857	97,292	54,672	9,450	33,170
GP-21a	108	x		41,755	7,965	50,109	99,829	97,482	55,659	9,069	32,754
GP-21a	109		x	40,657	8,208	50,986	99,851	96,001	53,710	9,262	33,029
GP-21a	110	x		40,974	8,447	50,391	99,812	97,190	54,627	9,620	32,943
GP-21a	111		x	40,749	8,258	50,842	99,849	97,125	54,414	9,420	33,291

% moles FeS		
Zn	Fe	S
82,6	15,9	100
80,8	15,7	100
80,4	16,4	100
80,8	16,4	100
83,3	15,9	100
79,7	16,1	100
81,3	16,8	100
80,1	16,2	100

Anexo 6: Pranchas 16, 17 e 18 de Fotomicrografias de Minérios (Luz Refletida)

Prancha 16

Prancha 16

Foto: SP-B-01 (Amostra GP-13)

Anfibolito com calcopirita (amarela) e esfalerita (cinza) da mina do Pari (luz refletida, aumento 15x).

Foto: SP-B-27 (Amostra GP-14B)

Arsenopirita (branca) com inclusões de pirrotita (castanha), mina do Pari (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-01 (Amostra GP-19A)

Pirita (amarelo latão) tardia remobilizada em fraturas juntamente com pirrotitas, mina do Pari (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-02 (Amostra GP-19B)

Pirita (amarelo latão) tardia remobilizada em fraturas juntamente com pirrotitas, mina do Pari (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-03 (Amostra GSB-01)

Minério remobilizado da mina São Bento, onde observa-se massa sulfetada cinza em meio a ganga transparente incolor (luz refletida e transmitida simultaneas, aumento 20x).

Foto: SP-C-04 (Amostra GSB-01)

Minério remobilizado da mina São Bento, onde observa-se massa sulfetada cinza em meio a ganga transparente incolor (luz refletida e transmitida simultaneas, aumento 20x).

Foto: SP-C-05 (Amostra GSB-02)

Minério remobilizado da mina São Bento, onde observa-se massa sulfetada rica em arsenopirita (branca) e restos intersticiais de pirrotita (castanha) e pirita (amarela) (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-06 (Amostra GSB-03)

Minério remobilizado da mina São Bento, onde observa-se massa sulfetada rica em arsenopirita (branca) e restos intersticiais de magnetita e esfalerita de cor cinza (luz refletida, aumento 20x).

Prancha 17

Prancha 17

Foto: SP-C-07 (Amostra GSB-03)

Minério remobilizado da mina São Bento, com cristais euhedrais de arsenopirita (branca) e restos intersticiais de pirrotita e ganga (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-08 (Amostra GSB-04)

Minério bandado da mina São Bento, porção magnetítica, com cristais euhedrais de magnetita (cinza) englobando restos intersticiais de pirrotita e pirita (luz refletida e transmitida simultaneas, aumento 20x).

Foto: SP-C-09 (Amostra GSB-04)

Minério bandado da mina São Bento, porção sulfetada, com cristais euhedrais de arsenopirita (branca) (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-10 (Amostra GSB-04)

Minério bandado da mina São Bento, porção sulfetada, com cristais euhedrais de arsenopirita (branca) englobando restos intersticiais de pirrotita e esfalerita (cinza) (luz refletida e transmitida simultaneas, aumento 20x).

Foto: SP-C-11 (Amostra GSB-05)

Minério bandado da mina São Bento, porção sulfetada, com cristais euhedrais de arsenopirita (branca), pirrotita e pirita (amarela) (luz refletida e transmitida, aumento 20x).

Foto: SP-C-12 (Amostra GSB-05)

Minério bandado da mina São Bento, porção sulfetada, com cristais euhedrais de arsenopirita (branca) e pirrotita (castanha) (luz refletida e transmitida, aumento 20x).

Foto: SP-C-13 (Amostra GSB-05)

Cristais de arsenopirita euhedrica (branca) e pirrotita (castanha), mina São Bento (luz refletida e transmitida, aumento 20x).

Foto: SP-C-14 (Amostra GSB-06)

Cristais de arsenopirita euhedrica (branca), pirrotita (castanha) e pirita amarela, mina São Bento (luz refletida, aumento 20x).

Prancha 18

Prancha 18

Foto: SP-C-15 (Amostra GSB-06)

Detalhe de arsenopirita (branca) englobando parcialmente pirrotita (castanha) e magnetita (cinza), mina São Bento (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-16 (Amostra GP-01)

Detalhe de cristal de pirrotita com restos de ganga e magnetita, mina do Pari (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-17 (Amostra GP-14C)

BMicroboudin de sulfeto (arsenopirita e pirrotita) envolto por ganga silicática cisalhada, mina do Pari (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-18 (Amostra GP-14C)

Porfiroblasto de arsenopirita rica em inclusões de pirrotita e esfalerita, mina do Pari (luz refletida, aumento 15x).

Foto: SP-C-19 (Amostra GP-19C)

Detalhe de cristal de pirrotita com restos de ganga e esfalerita, mina do Pari (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-20 (Amostra GP-07A)

Contato lobular entre pirrotita e magnetita, mina do Pari (luz refletida, aumento 25x).

Foto: SP-C-21 (Amostra GP-07A)

Arsenopirita xenomórfica em contato com pirrotita, mina do Pari (luz refletida, aumento 20x).

Foto: SP-C-22 (Amostra GP-07A)

Arsenopirita xenomórfica em contato com pirrotita, que contém uma inclusão de calcopirita, mina do Pari (luz refletida, aumento 20x).

Anexo 7: Gráficos Normalizados de ETR (Elementos Terras Raras)

- Pág. 01 – Normalização : Condrito C1
- Pág. 02 – Normalização : N-MORB
- Pág. 03 – Normalização : E-MORB
- Pág. 04 – Normalização : *Barberton peridotitic komatiite*
- Pág. 05 – Normalização : Toleiíta arqueano seg. Kuhno
- Pág. 06 – Normalização : Basaltos recentes do *East Pacific Rise*
- Pág. 07 – Normalização : OBS (*ocean bottom sediments*) of the *East Pacific Rise vents*
- Pág. 08 – Normalização : *Pillow lava* do *East Pacific Rise*
- Pág. 09 – Normalização : *Vent fluids* do *East Pacific Rise*
- Pág. 10 – Normalização : Água do mar
- Pág. 11 – Normalização : NASC

HW-00

Amostra

- △ GN-02
- ▼ GN-05
- GN-04
- ▽ GN-06
- ◆ GN-07
- ◇ GN-08
- ▲ GN-03
- ▽ GN-01

HW-10

Amostra

- △ 18B
- 19B
- 17B
- ▲ 20B

ORE-00

Amostra

- GN-10B
- GN-10X
- GN-14
- △ GN-15
- GN-09
- GN-17
- GN-13
- ◇ GN-10

ORE-10

Amostra

- 15B
- 10B
- 14B
- 09B
- 11B
- 12B
- 13B

FW-00

Amostra

- ▲ GN-24
- GN-25
- GN-26
- GN-19
- △ GN-20
- GN-21

FW-10

Amostra

- 04B
- ▼ 05B
- ▽ 06B
- △ 02B
- ▲ 03B
- ▼ 01B
- ◆ 07B
- ◇ 08B

HW-00

HW-10

ORE-00

ORE-10

FW-00

FW-10

HW-00

HW-10

ORE-00

ORE-10

FW-00

FW-10

HW-00

HW-10

ORE-00

ORE-10

FW-00

FW-10

HW-00

HW-10

ORE-00

ORE-10

FW-00

FW-10

HW-00

HW-10

ORE-

ORE-10

FW-00

FW-10

HW-00

HW-10

ORE-

ORE-10

FW-00

FW-10

HW-00

HW-10

ORE-00

ORE-10

FW-00

FW-10

HW-00

HW-10

ORE-00

ORE-10

FW-00

FW-10

HW-00

HW-10

ORE-00

ORE-10

FW-00

FW-10

Anexo 8: Coeficientes de Correlação e Dados Estatísticos Básicos Litogeoquímicos

Anexo 8: Tabela 1 – Coeficientes de correlação geoquímicos de todas as amostras da Mina do Pari (cont.)

[illegible]

ANEXO 8: Tabela 2 - Estatística básica de todas as amostras da Mina do Pari

	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3T	MnO	MgO
Minimum	33,43	0,03	4,09	6,23	0,03	2,45
Maximum	60,12	2,7	18,75	39,7	0,36	12,34
Mean	50,05	0,87	12,55	15,34	0,2	6
St.Deviation	4,86	0,67	3,03	6,97	0,06	2,55
Variance	23,67	0,45	9,18	48,62	0	6,5
Number Of Cases	52	52	52	52	52	52
	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI	
Minimum	1,26	0,03	0,11	0	0,16	
Maximum	17,33	3,73	3,85	2,53	14,9	
Mean	7,74	1,71	1,04	0,17	3,28	
St.Deviation	3,52	0,96	0,85	0,34	2,63	
Variance	12,42	0,91	0,72	0,12	6,93	
Number Of Cases	52	52	52	52	52	
	Ba	Cu	Ni	V	Cr	Co
Minimum	0	4	64	44	12	0
Maximum	772	874,8	685	447	1237	130
Mean	233,42	141,1	243,5	183	372	41,4
St.Deviation	199,71	184,1	167	93	334	24,3
Variance	39884,76	33883,9	27881,9	8633	111374	590,6
Number Of Cases	52	52	52	52	52	52
	U	Rb	Sr	Y	S	As
Minimum	0	0	0	4	10	50
Maximum	18	144	407	87	116000	113500
Mean	5,01	37	161	25	15282	4735,58
St.Deviation	3,85	35	102	13	25193	16340,52
Variance	14,81	1229	10471	167	6,35E+08	2,67E+08
Number Of Cases	52	52	52	52	52	52
	Au	Ag	Zn	Pb	Ga	Nd
Minimum	0	0	79,9	0	10	0
Maximum	56,84	121,88	2737,3	122	47	65
Mean	2,58	14,05	445,4	17,6	23,3	27,22
St.Deviation	8,28	21,41	593,3	16,6	7,4	15,27
Variance	68,59	458,25	351996,8	275,1	55,1	233,19
Number Of Cases	52	52	52	52	52	52
	Zr	Nb	Th	La	Ce	
Minimum	25	2	0	0	0	
Maximum	258	16	16	85	720	
Mean	83	8,5	5,4	19,23	68,18	
St.Deviation	40	3,2	4,7	18,32	135,89	
Variance	1576	10,1	22,3	335,77	18466,64	
Number Of Cases	52	52	52	52	52	

Anexo 8: Tabela 3 – Coeficientes de correlação geoquímicos dos minérios de ouro da Mina do Pari

n=17	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3T	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI	Ba	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Th	Pb	Ga
Nd	0.21	0.51	0.46	-0.44	-0.45	0.19	0.12	0.54	0.00	0.39	-0.47	-0.17	0.00	0.41	0.80	0.34	0.61	-0.18	0.10	0.16
Ce	-0.14	-0.03	0.12	0.10	-0.28	-0.03	-0.32	0.08	0.53	-0.04	-0.18	0.04	0.52	0.16	0.28	-0.03	-0.03	0.17	0.61	-0.08
La	0.34	0.01	-0.12	-0.12	-0.29	-0.31	-0.01	0.04	-0.10	0.14	-0.36	-0.02	-0.03	0.12	0.60	0.12	0.16	-0.10	-0.28	0.32
Ag	-0.40	0.00	-0.15	0.27	0.20	0.12	0.33	-0.07	-0.56	0.19	0.42	-0.46	-0.59	-0.21	-0.18	-0.31	-0.11	-0.09	-0.20	-0.18
Au	-0.60	-0.56	-0.68	0.78	0.30	-0.34	-0.14	-0.43	-0.37	-0.13	0.80	-0.31	-0.36	-0.38	-0.37	-0.59	-0.56	0.19	-0.19	-0.28
As	-0.63	-0.53	-0.67	0.79	0.29	-0.36	-0.16	-0.41	-0.35	-0.11	0.82	-0.30	-0.34	-0.33	-0.29	-0.56	-0.55	0.19	-0.17	-0.25
S	-0.51	-0.75	-0.81	0.83	0.13	-0.63	-0.29	-0.49	-0.29	-0.14	0.83	-0.22	-0.24	-0.35	-0.24	-0.48	-0.59	0.07	-0.33	-0.11
U	-0.22	-0.68	-0.47	0.49	0.16	-0.40	-0.42	-0.43	0.04	-0.66	0.68	0.32	0.06	-0.19	-0.67	-0.21	-0.60	0.52	0.03	-0.15
Co	-0.53	-0.25	-0.30	0.49	0.25	-0.23	-0.02	-0.14	-0.34	-0.30	0.75	0.07	-0.35	0.04	-0.50	-0.11	-0.26	0.40	-0.05	-0.03
Cr	0.12	0.63	0.76	-0.59	0.00	0.74	-0.01	0.52	0.48	-0.05	-0.41	0.33	0.42	0.42	0.20	0.46	0.68	-0.12	0.51	0.01
V	0.25	0.81	0.64	-0.60	-0.06	0.49	0.32	0.55	0.02	0.63	-0.60	-0.22	-0.01	0.21	0.62	0.34	0.65	-0.43	-0.05	0.18
Ni	0.19	0.40	0.57	-0.54	-0.47	0.24	-0.22	0.81	0.42	-0.10	-0.14	0.43	0.37	0.78	0.03	0.52	0.64	-0.02	0.52	0.18
Cu	-0.27	-0.50	-0.48	0.46	-0.16	-0.58	-0.16	-0.11	-0.27	0.08	0.58	-0.24	-0.25	-0.09	-0.12	-0.22	-0.26	-0.07	-0.32	0.06
Zn	0.21	0.39	0.40	-0.37	-0.49	-0.34	-0.04	0.69	0.08	0.10	-0.05	0.39	0.09	0.75	0.05	0.75	0.45	0.03	0.01	0.68
Ga	0.07	0.27	0.28	-0.13	-0.11	-0.23	-0.16	0.23	0.16	-0.27	-0.04	0.59	0.18	0.34	0.11	0.69	0.30	0.08	-0.26	
Pb	0.03	0.28	0.52	-0.29	-0.27	0.20	-0.18	0.44	0.65	0.04	-0.27	0.22	0.60	0.51	-0.11	0.18	0.12	0.35		
Th	-0.28	-0.10	0.07	0.27	0.02	-0.31	-0.09	-0.09	0.10	-0.38	0.21	0.29	0.10	0.17	-0.37	0.16	-0.29			
Nb	0.24	0.70	0.73	-0.66	-0.27	0.51	0.10	0.72	0.19	0.16	-0.49	0.21	0.17	0.57	0.48	0.66				
Zr	0.18	0.54	0.71	-0.46	-0.25	0.01	-0.16	0.59	0.40	-0.29	-0.25	0.74	0.40	0.73	0.08					
Y	0.08	0.43	0.27	-0.25	-0.08	0.40	0.05	0.18	0.02	0.41	-0.43	-0.30	0.03	-0.03						
Sr	0.35	0.41	0.58	-0.59	-0.64	-0.14	-0.10	0.87	0.32	0.01	-0.22	0.50	0.31							
Rb	0.16	0.10	0.40	-0.19	-0.04	0.02	-0.72	0.22	0.99	-0.35	-0.22	0.65								
Ba	0.20	0.04	0.33	-0.18	-0.06	-0.23	-0.57	0.21	0.62	-0.73	0.02									
LOI	-0.59	-0.61	-0.59	0.76	0.24	-0.48	-0.37	-0.37	-0.24	-0.39										
P2O5	0.11	0.42	0.13	-0.31	-0.14	0.27	0.61	0.31	-0.31											
K2O	0.12	0.17	0.47	-0.22	-0.03	0.10	-0.67	0.26												
Na2O	0.37	0.62	0.71	-0.75	-0.63	0.17	0.04													
CaO	-0.01	0.40	0.11	-0.22	0.03	0.35														
MgO	-0.08	0.64	0.56	-0.38	0.26															
MnO	-0.55	0.02	-0.16	0.52																
Fe2O3T	-0.78	-0.59	-0.67																	
Al2O3	0.15	0.88																		
TiO2	0.04																			

Anexo 8: Tabela 3 – Coeficientes de correlação geoquímicos dos minérios de ouro da Mina do Pari (cont.)

[illegible]

ANEXO 8: Tabela 4 - Estatística básica das amostras de minério

	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3T	MnO	MgO
Minimum	33,43	0,03	4,41	11,12	0,03	2,45
Maximum	59,07	0,87	16,67	39,7	0,36	9,58
Mean	49,1	0,5	11,22	21,52	0,18	4,31
St.Deviation	6,8	0,22	3,39	7	0,08	1,84
Variance	46,29	0,05	11,46	48,93	0,01	3,38
Number Of Cases	17	17	17	17	17	17
	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI	
Minimum	1,26	0,03	0,33	0	1,79	
Maximum	8,25	3,3	3,85	0,15	14,9	
Mean	4,13	1,15	1,56	0,08	4,75	
St.Deviation	2,14	0,93	0,9	0,04	3,16	
Variance	4,59	0,87	0,81	0	10	
Number Of Cases	17	17	17	17	17	
	Ba	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Minimum	82	10	0	9	33	4
Maximum	772	144	407	27	137	14
Mean	333,41	60	127	18	80	8,8
St.Deviation	222,57	35	128	5	25	2,6
Variance	49539,01	1242	16351	26	644	6,7
Number Of Cases	17	17	17	17	17	17
	Th	Pb	Ga	Zn	Cu	Ni
Minimum	2	4	14	207,8	8	147,9
Maximum	16	122	34	2737,3	617	511,5
Mean	9,1	21,2	22,4	1056,2	251,9	273,1
St.Deviation	3,7	26,6	6,8	723,5	150	117,8
Variance	13,6	705,9	45,9	523431,1	22489,4	13876,4
Number Of Cases	17	17	17	17	17	17
	V	Cr	Co	U	S	As
Minimum	78	141	0	2	400	100
Maximum	184	836	130	18	116000	113500
Mean	138	367	27,8	7,65	38488	13535,29
St.Deviation	34	180	31,6	4,26	29046	26993,17
Variance	1130	32576	995,7	18,12	8,44E+08	7,29E+08
Number Of Cases	17	17	17	17	17	17
	Au	Ag	La	Ce	Nd	
Minimum	0,06	2	0	19	0	
Maximum	56,84	16	85	720	57	
Mean	7,52	6,94	32,29	172,29	30,53	
St.Deviation	13,4	3,94	20,9	203,27	18,75	
Variance	179,44	15,54	436,85	41318,97	351,39	
Number Of Cases	17	17	17	17	17	

Anexo 8: Tabela 5 – Coeficientes de correlação geoquímicos das rochas encaixantes da Mina do Pari

n=35	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3T	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI	Ba	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Th	Pb	Ga
Nd	0.01	0.25	-0.15	0.16	0.09	0.00	-0.30	-0.03	0.15	-0.03	-0.03	0.30	0.14	0.00	0.32	0.51	0.30	0.17	0.44	0.27
Ce	0.07	0.26	-0.03	-0.02	0.04	0.21	-0.33	-0.02	0.30	0.18	0.01	0.45	0.30	0.05	0.22	0.44	0.38	-0.05	0.29	0.12
La	0.00	-0.15	-0.75	0.58	0.07	-0.27	-0.12	-0.53	-0.11	-0.03	0.02	-0.13	-0.10	-0.40	-0.07	-0.12	-0.13	0.40	0.09	-0.09
Ag	-0.46	0.28	-0.04	0.24	0.40	-0.25	0.41	0.00	-0.36	0.27	0.17	-0.28	-0.38	0.03	0.12	0.14	-0.08	-0.05	-0.02	0.42
Au	0.00	-0.28	-0.55	0.46	-0.01	-0.33	0.02	-0.39	-0.21	-0.09	-0.05	-0.25	-0.19	-0.36	-0.12	-0.26	-0.18	0.15	0.01	-0.10
As	-0.04	0.16	-0.24	0.29	0.50	0.31	-0.12	-0.56	-0.33	0.32	-0.28	-0.44	-0.32	-0.53	-0.30	-0.28	-0.04	0.02	-0.67	-0.56
S	-0.11	-0.24	-0.70	0.58	0.07	-0.39	0.06	-0.44	-0.25	-0.07	-0.02	-0.31	-0.23	-0.36	-0.12	-0.26	-0.29	0.45	-0.06	-0.17
U	-0.03	-0.12	-0.35	0.09	-0.10	-0.03	0.04	-0.20	0.10	-0.17	0.13	0.13	0.13	0.04	0.17	0.11	-0.05	0.44	0.27	0.16
Co	-0.17	0.07	0.29	-0.09	0.15	0.03	0.09	0.27	-0.12	0.12	0.01	-0.11	-0.13	0.11	-0.04	-0.11	-0.21	0.08	-0.26	0.00
Cr	0.42	-0.41	-0.30	-0.34	-0.03	0.92	-0.49	-0.38	0.22	-0.25	0.17	0.05	0.27	-0.35	-0.09	-0.35	-0.04	-0.12	0.18	-0.43
V	-0.41	0.93	0.41	0.51	0.66	-0.21	-0.08	-0.07	-0.38	0.42	-0.61	-0.33	-0.46	-0.21	-0.09	0.51	0.49	0.16	-0.71	-0.08
Ni	0.38	-0.23	-0.43	-0.02	0.13	0.77	-0.53	-0.63	-0.01	0.09	-0.09	-0.20	0.04	-0.60	-0.25	-0.44	0.03	0.01	-0.13	-0.62
Cu	-0.24	0.00	-0.62	0.71	0.23	-0.47	0.08	-0.44	-0.34	-0.06	-0.15	-0.36	-0.34	-0.37	-0.14	-0.06	-0.15	0.46	-0.18	-0.12
Zn	0.08	-0.17	-0.23	0.11	-0.06	0.19	-0.32	-0.26	0.39	-0.07	0.02	0.24	0.39	-0.10	0.06	-0.07	0.08	-0.09	0.21	-0.09
Ga	-0.45	0.14	0.28	-0.17	-0.01	-0.48	0.63	0.56	0.05	-0.03	0.49	0.26	0.05	0.62	0.49	0.38	-0.13	-0.02	0.44	
Pb	0.19	-0.52	-0.11	-0.52	-0.56	0.16	0.04	0.34	0.55	-0.31	0.58	0.58	0.57	0.47	0.40	-0.03	-0.19	-0.23		
Th	-0.09	0.15	-0.17	0.39	0.29	-0.27	-0.07	-0.14	-0.23	-0.08	-0.21	-0.21	-0.23	-0.14	0.17	0.24	-0.17			
Nb	0.02	0.54	0.23	0.24	0.12	0.14	-0.51	-0.02	0.05	0.23	-0.52	0.05	0.02	-0.18	-0.11	0.42				
Zr	-0.42	0.69	0.50	0.20	0.36	-0.33	0.03	0.36	0.02	-0.04	-0.25	0.24	-0.03	0.30	0.21					
Y	-0.06	-0.06	0.05	-0.17	-0.02	-0.07	0.10	0.30	0.24	-0.01	0.24	0.32	0.24	0.26						
Sr	-0.17	-0.02	0.57	-0.57	-0.44	-0.29	0.43	0.80	0.45	-0.13	0.46	0.62	0.43							
Rb	0.38	-0.37	0.06	-0.58	-0.70	0.27	-0.32	0.28	0.99	-0.20	0.46	0.92								
Ba	0.20	-0.16	0.23	-0.55	-0.59	0.06	-0.16	0.45	0.92	-0.13	0.47									
LOI	-0.06	-0.49	-0.13	-0.55	-0.37	0.03	0.44	0.24	0.41	-0.23										
P2O5	-0.28	0.49	0.07	0.33	0.31	-0.18	0.05	-0.10	-0.16											
K2O	0.32	-0.29	0.12	-0.54	-0.67	0.22	-0.32	0.31												
Na2O	-0.09	0.06	0.75	-0.55	-0.36	-0.26	0.26													
CaO	-0.64	0.02	0.14	-0.03	0.18	-0.52														
MgO	0.47	-0.35	-0.15	-0.43	-0.10															
MnO	-0.64	0.63	-0.01	0.67																
Fe2O3T	-0.47	0.52	-0.34																	
Al2O3	-0.23	0.43																		
TiO2	-0.55																			

Anexo 8: Tabela 5 – Coeficientes de correlação geoquímicos das rochas encaixantes da Mina do Pari (cont.)

[illegible]

ANEXO 8: Tabela 6 - Estatística básica das amostras das encaixantes

	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3T	MnO	MgO
Minimum	43,45	0,07	4,09	6,23	0,14	3,47
Maximum	60,12	2,7	18,75	22,54	0,3	12,34
Mean	50,51	1,06	13,2	12,34	0,21	6,83
St.Deviation	3,61	0,74	2,65	4,64	0,04	2,46
Variance	13,05	0,55	7,04	21,56	0	6,03
Number Of Cases	35	35	35	35	35	35
	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI	
Minimum	3,4	0,39	0,11	0,06	0,16	
Maximum	17,33	3,73	2,88	2,53	8,22	
Mean	9,49	1,97	0,79	0,21	2,57	
St.Deviation	2,6	0,86	0,7	0,41	2,02	
Variance	6,79	0,74	0,49	0,17	4,08	
Number Of Cases	35	35	35	35	35	
	Ba	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Minimum	0	0	28	4	25	2
Maximum	581	114	324	87	258	16
Mean	184,86	26	178	28	84	8,3
St.Deviation	170,55	30	85	14	45	3,5
Variance	29087,77	881	7165	209	2055	11,9
Number Of Cases	35	35	35	35	35	35
	Th	Pb	Ga	Zn	Cu	Ni
Minimum	0	0	10	79,9	4	64
Maximum	15	29	47	399,9	874,8	685
Mean	3,6	15,8	23,7	148,8	87,3	229,1
St.Deviation	4,1	8,4	7,8	67,5	176,4	186,1
Variance	16,7	70,7	60,4	4556,8	31132,2	34639,7
Number Of Cases	35	35	35	35	35	35
	V	Cr	Co	U	S	As
Minimum	44	12	26	0	10	50
Maximum	447	1237	85	10	63900	1500
Mean	205	374	48	3,73	4010	461,43
St.Deviation	104	390	16,7	2,92	12449	332,57
Variance	10912	151716	280,4	8,53	1,55E+08	110600,8
Number Of Cases	35	35	35	35	35	35
	Au	Ag	La	Ce	Nd	
Minimum	0	0	0	0	0	
Maximum	2,8	121,88	58	64	65	
Mean	0,18	17,5	12,88	17,6	25,62	
St.Deviation	0,59	25,35	13,09	14,23	13,28	
Variance	0,35	642,51	171,27	202,57	176,32	
Number Of Cases	35	35	35	35	35	

Anexo 8: Tabela 7 - Cálculo das Composições Médias das rochas utilizadas no Balanço de Massa

	Médias Lapa (FW)		Médias Capa (HW)		Média AnfGr(FW)	Médias Anf. HW	
Coluna	1	2	3	4	5	6	
Amostra	xistos-00	xistos-10	xistos-00	xistos-10	AnfGr	Anf Finos	
SiO ₂	50,550	51,710	52,593	55,583	48,408	49,427	SiO ₂
TiO ₂	0,970	0,718	0,533	0,613	1,965	1,057	TiO ₂
Al ₂ O ₃	12,957	14,228	13,270	10,623	15,700	14,740	Al ₂ O ₃
Fe ₂ O ₃ tot,	11,073	7,738	11,960	10,590	16,343	11,900	Fe ₂ O ₃ tot,
MnO	0,213	0,163	0,193	0,203	0,245	0,213	MnO
MgO	9,587	6,033	6,755	11,163	5,180	6,183	MgO
CaO	7,900	9,688	9,038	5,903	9,268	11,983	CaO
Na ₂ O	1,610	2,735	2,120	0,965	1,988	1,820	Na ₂ O
K ₂ O	0,607	1,828	0,703	1,105	0,305	0,187	K ₂ O
P ₂ O ₅	0,110	0,113	0,110	0,083	0,178	0,167	P ₂ O ₅
PF	3,490	4,665	1,265	1,910	0,083	1,637	PF
Cr	0,088	0,028	0,025	0,108	0,009	168,667	Cr
Ni	0,041	0,011	0,012	0,062	0,010	120,333	Ni
Co	0,005	0,006	0,004	0,004	0,006	47,333	Co
V	0,019	0,013	0,015	0,017	0,038	237,000	V
Cu	0,002	0,000	0,003	0,001	0,018	65,000	Cu
Pb	0,008	0,013	0,011	0,009	0,000	5,667	Pb
Zn	0,016	0,018	0,017	0,021	0,013	77,667	Zn
S	0,030	0,003	0,350	0,021	0,022	40,000	S
Rb	0,002	0,007	0,002	0,004	0,000	3,000	Rb
Ba	0,016	0,048	0,014	0,019	0,004	54,000	Ba
Sr	0,015	0,030	0,015	0,010	0,016	165,000	Sr
Ga	0,002	0,003	0,002	0,001	0,002	18,333	Ga
Nb	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	7,667	Nb
Zr	0,007	0,009	0,008	0,006	0,010	81,667	Zr
Y	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	9,000	Y
Th	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	1,667	Th
U	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	3,667	U
La	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	1,000	La
Ce	0,003	0,002	0,002	0,003	0,000	2,000	Ce
Nd	0,003	0,003	0,003	0,003	0,001	6,667	Nd
Au	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Au
Ag	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	Ag
As	0,040	0,020	0,040	0,080	0,000	0,000	As

Amostras utilizadas:	
Coluna 1:	GN-19, 20, 21
Coluna 2:	1B, 2B, 3B, 4B
Coluna 3:	GN-03, 04, 05, 06
Coluna 4:	17B, 18B, 19B, 20B
Coluna 5:	GN-22, GN-23, G-1
Coluna 6:	GN-01, T-41, T-42

Anexo 8: Tabela 8 - Perdas e ganhos do balanço de Massa (b = inclin. da reta $y = bx$)

Roc. Alterada	Xisto HW-00	Xisto HW-10	AnfG-FW-00	AnfG FW-10
Roc. Original	Anfibolito	Anfibolito	Anf. Granat.	Anf. Granat.
b	0,8982	0,7199	1,2163	1,1563
SiO ₂	9,12655	27,78197	-6,84703	-3,68727
TiO ₂	-0,46381	-0,20585	-1,16750	-1,34449
Al ₂ O ₃	0,03399	0,01552	-5,04747	-3,39567
Fe ₂ O ₃ tot,	1,41552	2,81038	-7,23839	-9,65090
MnO	0,00098	0,06796	-0,06960	-0,10447
MgO	1,33726	9,32229	2,70183	0,03707
CaO	-1,92154	-3,78428	-2,77239	-0,88948
Na ₂ O	0,54028	-0,47954	-0,66381	0,37780
K ₂ O	0,59545	1,34827	0,19378	1,27547
P ₂ O ₅	-0,04420	-0,05207	-0,08706	-0,08021
PF	-0,22829	1,01648	2,78686	3,95192
Cr	0,01052	0,13364	0,06357	0,01568
Ni	0,00109	0,07380	0,02398	-0,00081
Co	-0,00053	0,00072	-0,00173	-0,00104
V	-0,00678	0,00012	-0,02215	-0,02607
Cu	-0,00266	-0,00490	-0,01638	-0,01732
Pb	0,01223	0,01234	0,00659	0,01081
Zn	0,01087	0,02208	0,00023	0,00302
S	0,38567	0,02482	0,00266	-0,01919
Rb	0,00209	0,00574	0,00173	0,00596
Ba	0,01035	0,02089	0,00896	0,03721
Sr	-0,00016	-0,00261	-0,00340	0,01004
Ga	0,00076	0,00011	-0,00019	0,00044
Nb	0,00012	0,00045	-0,00012	-0,00039
Zr	0,00099	-0,00018	-0,00425	-0,00257
Y	0,00191	0,00261	-0,00005	0,00098
Th	-0,00003	0,00042	-0,00041	-0,00050
U	-0,00003	0,00015	0,00037	0,00020
La	0,00110	0,00198	0,00029	0,00005
Ce	0,00150	0,00369	0,00176	0,00126
Nd	0,00248	0,00347	0,00147	0,00090
Au	0,00008	0,00000	0,00001	0,00000
Ag	0,00128	0,00042	0,00181	0,00017
As	0,04453	0,11113	0,03289	0,01730
Soma	10,870	38,252	-18,113	-13,47407

Anexo 9: Geotermômetros Granada-Anfibólio e Granada-Biotita

Anexo 9: Tabela 1 - Geotermômetros Granada-Anfibólio						Temperaturas (°C)		Diferença		Médias	
Amostra	Descrição	Pontos		Posição		Graham & Powell (1984)	Perchuk et al. 1985	G.&P.	P. et al.	Graham & Powell (1984)	Perchuk et al. 1985
		Granada	Anfibólio	c	b			B-C	B-C	Médias	Médias
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	227	194	x		534.36	465.47				
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	228	195		x	573.35	523.11	38.99	57.64		
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	227	192	x		527.96	459.49				
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	228	192		x	563.77	513.90	35.81	54.41		
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	227	195	x		536.50	467.46				
		sd	sd		x	sd	sd				
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	227	196	x		529.48	460.91			Centro	Centro
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	228	197		x	573.03	522.80	43.55	61.89	538.33	472.92
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	229	196	x		559.45	505.87				
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	230	197		x	581.03	526.53	21.58	20.66	Bordas	Bordas
GN-08	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	69	87	x		537.25	499.73				
GN-08	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	70	88		x	548.20	511.20	10.95	11.47		
GP-10	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	225	200	x		550.42	469.50			B-C	B-C
GP-10	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	226	201		x	574.33	521.53	23.91	52.03	26.09	40.52
GP-10	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	225	198	x		546.25	465.66				
GP-10	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	226	199		x	564.86	512.46	18.61	46.80		
GP-10	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	225	202	x		554.29	473.07				
GP-10	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	226	203		x	562.94	481.03	8.65	7.96		
GN-08	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	71	85	x		507.37	462.08				
GN-08	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	72	88		x	538.30	508.41	30.93	46.33		
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	65	83	x		531.99	557.65				
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	66	84		x	514.09	536.68	-17.90	-21.17		
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	61	79	x		547.08	567.08			Centro	Centro
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	62	80		x	519.64	540.81	-27.44	-26.27	537.30	555.11
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	61	81	x		538.86	559.33				
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	62	82		x	494.99	514.95	-43.87	-44.38		
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	67	83	x		541.45	560.04			Bordas	Bordas
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	66	84		x	514.09	536.68	-27.36	-23.36	518.27	537.52
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	59	75	x		543.58	565.95				
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	60	76		x	533.25	560.07	-10.33	-5.88		
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	59	77	x		542.37	564.68			B-C	B-C
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	60	78		x	524.51	550.83	-17.86	-13.85	-19.04	-17.59
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	57	77	x		549.99	564.67				
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	58	78		x	517.23	522.80	-32.76	-41.87		
GP-04	Anfibolito Granatífero FW distante	73	89	x		507.21	491.74				
GP-04	Anfibolito Granatífero FW distante	74	90		x	523.15	518.71	15.94	26.97		
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	63	81	x		531.19	555.60				
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	64	82		x	508.02	533.30	-23.17	-22.30		
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	63	79	x		539.29	564.14				
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	64	80		x	533.68	560.40	-5.61	-3.74		
14B	Minério Central N-10	221	208	x		482.88	457.63				
14B	Minério Central N-10	222	209		x	501.73	472.37	18.85	14.74		
14B	Minério Central N-10	219	208	x		484.83	462.27			Centro	Centro
14B	Minério Central N-10	220	209		x	505.33	493.09	20.50	30.82	496.65	466.64
14B	Minério Central N-10	221	210	x		503.69	478.17				
14B	Minério Central N-10	222	211		x	485.51	456.45	-18.18	-21.72		
14B	Minério Central N-10	219	210	x		505.82	483.08			Bordas	Bordas
14B	Minério Central N-10	220	211		x	488.97	476.65	-16.85	-6.43	511.78	489.04
14B	Minério Central N-10	216	214	x		480.14	438.88				
14B	Minério Central N-10	218	215		x	560.99	534.08	80.85	95.20	B-C	B-C
14B	Minério Central N-10	216	212	x		522.55	479.81			15.12	22.40
14B	Minério Central N-10	218	213		x	528.12	501.58	5.57	21.77		
GP-15	BIF típico Algoma (FW Pari)	117	125	x		543.94	504.66			Centro	Centro
GP-15	BIF típico Algoma (FW Pari)	118	126		x	536.52	501.69	-7.42	-2.97	544.79	501.92
GP-15	BIF típico Algoma (FW Pari)	117	123	x		555.70	516.10				
GP-15	BIF típico Algoma (FW Pari)	118	124		x	546.87	511.81	-8.83	-4.29	Bordas	Bordas
GP-15	BIF típico Algoma (FW Pari)	119	125	x		534.07	487.98			546.39	505.29
GP-15	BIF típico Algoma (FW Pari)	120	126		x	545.86	498.81	11.79	10.83		
GP-15	BIF típico Algoma (FW Pari)	119	123	x		545.43	498.93			B-C	B-C
GP-15	BIF típico Algoma (FW Pari)	120	124		x	556.29	508.86	10.86	9.93	1.60	3.38

Anexo 9: Tabela 2 - Geotermômetros Granada-Biotita						Temperaturas (°C)		Diferença		Médias	
Amostra	Descrição	Pontos		Posição		Thompson, 1976	Goldman&Albee, 77-1	T(B-C)		Thompson, 1976 Médias	Goldman&Albee, 77-1 Médias
		Granada	Biotita	Centro	Borda						
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	223	243	x		471,3	463,0				
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	224	244		x	506,2	487,1	34,9	24,1		
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	223	245	x		471,7	463,3				
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	224	246		x	499,6	482,5	27,8	19,2		
GN-08	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	69	93	x		505,0	486,2			Centro 469,03	Centro 461,44
GN-08	Bi-Hb-Xisto HW (N-00)	70	94		x	521,3	497,5	16,3	11,3		
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	225	241	x		460,5	455,6				
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	226	242		x	515,2	493,3	54,7	37,8		
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	225	239	x		467,3	460,3			Borda 510,70	Borda 490,20
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	226	240		x	525,4	500,4	58,0	40,1		
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	227	235	x		437,7	439,9				
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	228	236		x	502,3	484,4	64,6	44,5		
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	227	233	x		442,5	443,2			B-C 41,67	B-C 28,76
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	228	234		x	503,2	485,0	60,7	41,8		
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	229	231	x		496,2	480,2				
GP-10	Anfibolito Grosso HW BR-57	230	232		x	512,5	491,4	16,3	11,3		
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	59	99	x		549,0	516,8				
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	60	100		x	527,2	501,6	21,8	15,2		
GP-04	Anfibolito Granatífero FW dist.	73	91	x		502,0	484,2			Centro 528,66	Centro 502,68
GP-04	Anfibolito Granatífero FW dist.	74	92		x	527,7	502,0	25,7	17,8	Borda 523,05	Borda 498,76
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	65	97	x		535,0	507,1				
GP-05	Anfibolito Granatífero FW distante	66	98		x	514,3	492,7	20,7	14,4	B-C -5,62	B-C -3,92
										Centro 400,86	Centro 414,64
15B-1	Minério Central N-10	113	166	x		366,9	391,3			Borda 493,12	Borda 478,13
15B-1	Minério Central N-10	115	167		x	450,7	448,8	83,8	57,5		
15B-2	Minério Central N-10	265	267	x		434,9	437,9				
15B-2	Minério Central N-10	266	268		x	535,6	507,5	100,7	69,5	B-0 92,25	B-1 63,49

Legenda

cidade, vila, povoado

principais rodovias e acessos

estrada de ferro

principais drenagens

perfil

mineração ativa

mineração desativada

falha de empurrão

falha transcorrente

falhas diversas

eixo de estiramento

foliação principal

acamamento (S.)

eixo de sinclinal invertido

estruturas dômicas

Unidades Estratigráficas

QTa

Aluviões (Terciário - Quaternário)

β

Intrusivas básicas indiferenciadas

PPei

Supergrupo Espinhaço indiviso

PPmi

Supergrupo Minas indiviso

PXyb

Granito Borrachudos

Supergrupo Rio das Velhas

Amq

Grupo Maquiné

Anlff

Grupo Nova Lima (ff = formação ferrífera)

Aqo

Grupo Quebra-Osso

Attg

Granitos e gnaisses indivisos

Minas de Au

1	Pari	12	São Jorge
2	Patrimônio	13	Brumal
3	Gambá	14	Jambeiro
4	Bahú	15	Pantame
5	São Bento	16	Brumadinho
6	Santa Quitéria	17	Fazendão
7	Córrego do Sítio	18	Água-Quente
8	Gongo Soco	19	Pitangui
9	Luís Soares	20	Taquaril
10	Quebra Osso	21	Brucutu
11	Tanque Preto		

Folhas compiladas

Nº	Folha 1:25.000	Autor principal	Outros autores	Trabalhos básicos de compilação
1	Antonio dos Santos	Schorscher (1973)	Crocco-Rodrigues et al. (1989)	Dorr (1969)
2	Cocais	Schorscher (1973)	Crocco-Rodrigues et al. (1989)	Schorscher (1980c, 1988a, 1991, 1992)
3	Antonio dos Santos	Moore (1969)	Crocco-Rodrigues et al. (1989)	Projeto Rio das Velhas - DNPM/CPRM (1991)
4	Cocais	Simmons (1968)	Crocco-Rodrigues et al. (1989)	Harder & Chamberlain (1915)
5	S. Gonçalo do Rio Abaixo	Alves (1986)	Schorscher et al. (1997)	
6	João Monlevade	Reeves (1966)		
7	Gongo Soco	Simmons (1969)		
8	Santa Bárbara	Moore (1969)	São Bento Mineração Projeto Rio das Velhas (2000)	
9	Florália	Mothe F (1996)	Schorscher et al. (1983 e 1996) Abreu (1995)	
10	Rio Piracicaba	Reeves (1966)	Guba (1982)	
11	Conceição do R. Abaixo	Moore (1969)		
12	Catas Altas	Maxwell (1972)	Luchese (1991) Queiroga (1987)	
13	Bateias	Davies (1993)	Davies et al. (1994) Davies & Schorscher (1991)	
14	Capanema	Maxwell (1972)		
15	Sta. Rita do Durão	Maxwell (1972)		

ANEXO 01

Mapa Geológico Compilado (Borda NE do Quadrilátero Ferrífero) 1:100.000 (Schorcher e Abreu, in prep.)

Articulação das folhas

1	2	5	6
3	4		
7	8	9	10
11	12	13	
14	15		