

GEOLOGIA E IMPLICAÇÕES GEOTECTÔNICAS DO GREENSTONE BELT MORRO DO FERRO (FORTALEZA DE MINAS, MG)

NOEVALDO A. TEIXEIRA*, JOSÉ C. GASPAR*, THOMAS L. BRENNER*,
JOHN T. CHENEY** e CELINA M.L. MARCHETTO*

ABSTRACT The volcano-sedimentary rocks of the Morro do Ferro Greenstone Belt occur in linear or irregularly isolated strips within a sialic substrate. This is characterized by gneissic terrains cut by large shear zones, marking the boundary between the cratonic block (Paramirim) and the marginal mobile belt (Alfenas). The lower unit of the Morro do Ferro Greenstone Belt is composed of peridotite, pyroxenite and basaltic flows of komatiitic affinities, intercalated with siliceous chemical precipitates, tuffaceous material, and tholeiitic basalts. The metamorphic grade between greenschist and amphibolite facies, with 400-500°C and 3-5 kb. The peridotitic komatiite flows show a basal cumulate zone ($MgO \cong 30$) and an intermediate zone with spinifex textures ($CaO/Al_2O_3 \leq 1$, Al_2O_3/TiO_2 ratios 20). Such characteristics are comparable with those of the undepleted aluminium suites. To the SE of Morro do Ferro itself, in the Bom Jesus da Penha-Jacuí region, the metamorphic grade is markedly higher. Ultramafic flow are scarcer and sedimentary and tuffaceous rocks predominate, containing restricted basic volcanic components. The mineral association in magnesium rich and aluminium-rich rocks of this belt include: gedrite-antophyllite-tschermakitic hornblende-plagioclase (An_{33})-kyanite; hornblende-garnet-kyanite; muscovite-biotite-staurolite. Such mineral assemblages indicate that metamorphic conditions reached the upper limit of the amphibolite facies (600-700°C, 6-7 Kbar) which is an uncommon temperature and pressure condition for the Archaen. Two hypotheses can explain the distinct characteristics of the Bom Jesus da Penha-Jacuí belt and the Morro do Ferro Greenstone Belt: 1. The Morro do Ferro Greenstone Belt may have been more extensive than presently defined. It may have extended to the SE, where the rock units were dynamically metamorphosed during the same event that affected the larger Alfenas Mobile Belt; and 2. each belt originally evolved as a part of different crustal zones. The Morro do Ferro Greenstone Belt could represent low grade terrains from the upper crustal levels, whereas the Bom Jesus-Jacuí belt could represent supracrustal belts of high grade metamorphic terrains. Both of these hypotheses are consistent with a mechanism of crustal evolution capable of provoking strong tangential movements (overthrusting). In the suggested overthrusting and depth displacement scenery, high pressure zones would be developed as indicated by rocks containing kyanite and hornblende.

INTRODUÇÃO A BP Mineração vem desenvolvendo trabalhos de prospecção mineral há quatro anos na região sudoeste de Minas Gerais. Como consequência, descobriu o depósito Ni-Cu-Co de Fortaleza de Minas, ao mesmo tempo que um grande número de dados geológicos, de caráter tanto regional como local, foi acumulado. Pretende-se apresentar parte desses dados, acionando um programa de divulgação técnico-científica implementado pela empresa.

Embora a área aqui enfocada envolva todo o *Greenstone Belt* Morro do Ferro, dar-se-á ênfase maior a seu segmento sudeste (região de Bom Jesus da Penha). O mesmo, por apresentar intrigantes aspectos geológicos e particulares condições geotectônicas, impôs apreciação em separado.

TRABALHOS ANTERIORES As primeiras referências geológicas da região devem-se a Moraes (1935), sendo sucedido por trabalhos específicos da Mina Morro do Níquel Sativães (1965), Griffon & Richter (1976). Coube a Teixeira (1978) e Teixeira & Danni (1979) a caracterização do cinturão vulcano-sedimentar Morro do Ferro como a raiz de um *Greenstone Belt* encravado na porção sudoeste do substrato do Cráton do São Francisco. Tal caracterização fomentou o desenvolvimento de vários trabalhos de caráter mais específico, tais como Carvalho *et al.* (1982), Morales *et al.* (1983), Choudhuri *et al.* (1982), Marchetto *et al.*

(1984), Teixeira *et al.* (1984) e mais recentemente uma ampla regionalização com detalhamento petrológico da sequência Morro do Ferro por Schmidt (1983).

GEOLOGIA REGIONAL O segmento crustal corresponde à porção sudoeste do Cráton do São Francisco e pode ser dividido em sete grandes compartimentos (Fig. 1): 1. substrato cratônico; 2. zonas de cisalhamento lineares; 3. seqüências vulcano-sedimentares (*greenstone belts*); 4. diques e *stocks* metamáficos-metaultamáficos (Nepomuceno); 5. faixa móvel marginal (Cinturão Móvel Alfenas); 6. pequena bacia intracratônica restrita (Grupo Bambuí (?) na região de Carmo do Rio Claro); e 7. cinturão orogênico alóctone (Grupo Araxá na região de Passos).

Esta apreciação geológica restringir-se-á apenas aos terrenos arqueanos. O *Greenstone Belt* Morro do Ferro, objeto central deste trabalho, acha-se encravado nos amplos terrenos gnáissicos do substrato cratônico (compartimento 1) em contato com marcante zona de cisalhamento linear. Esta possui direção noroeste-sudeste sendo contínua por mais de 200 km e assume importante papel na estruturação das faixas das seqüências vulcano-sedimentares assim como na própria evolução do Cinturão Móvel Alfenas (Almeida *et al.* 1980).

* BP Mineração Ltda. Rua Martins Ferreira, 91, CEP 22271, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

** Dept. of Geology, Amherst College, Massachusetts, USA, 01002

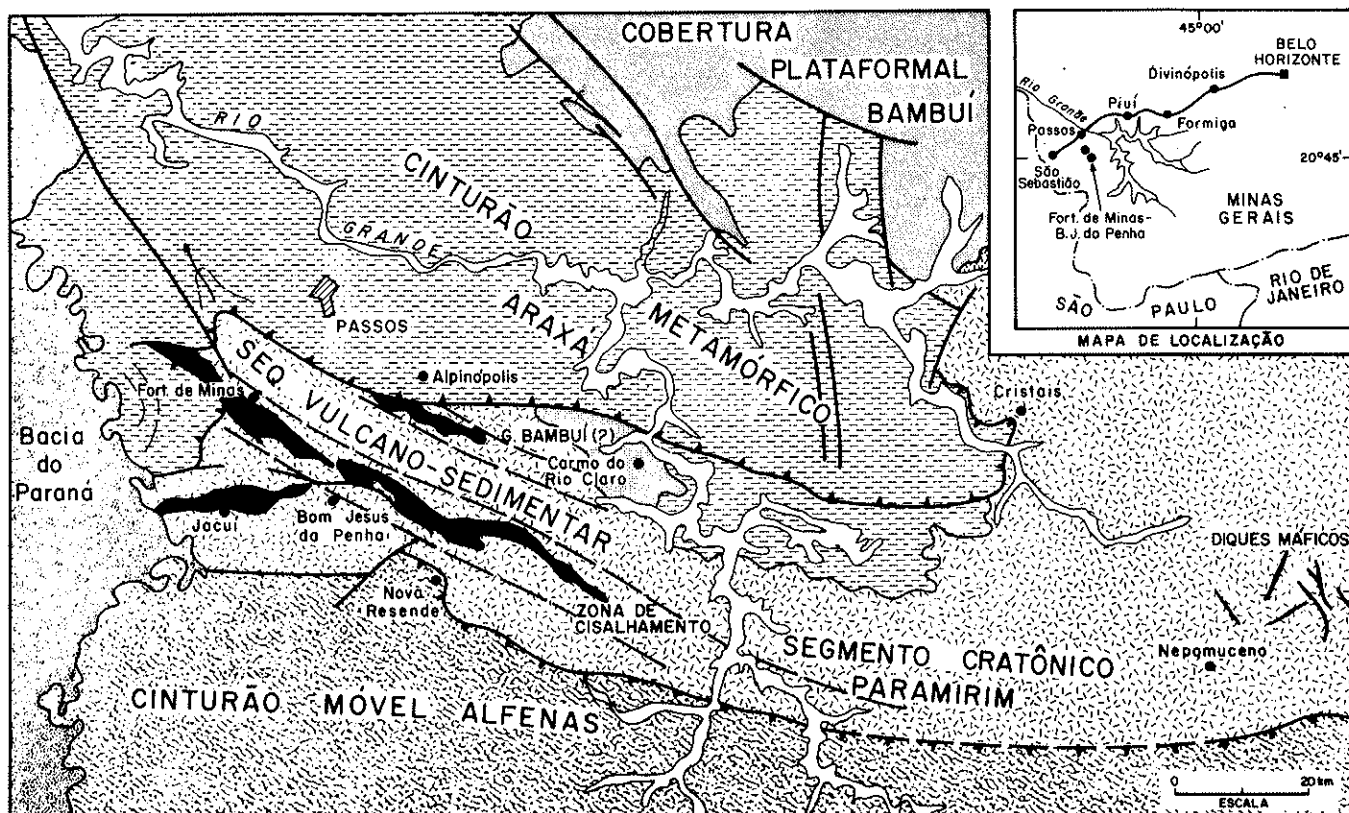


Figura 1 – Compartimentos geotectônicos

Substrato cratônico Seus domínios são caracterizados pela ocorrência de amplos e complexos terrenos gnáissicos aflorantes de maneira contínua por toda a porção central da área mapeada entre Fortaleza de Minas e Bom Jesus da Penha. Tais terrenos correspondem à infra-estrutura sobre a qual se alojaram os conjuntos vulcano-sedimentares arqueanos aflorantes na região de Fortaleza de Minas, Bom Jesus da Penha, Alpinópolis e subordinadamente Lavras.

Embora esses terrenos tenham sido genericamente caracterizados como gnáissicos, eles correspondem na verdade a um complexo mosaico formado por corpos granodioríticos, granitóides com fácies de migmatito do tipo *schlieren*, como os encontrados nas proximidades de Fortaleza de Minas, além de granitos potássicos (norte de Jacuí) e corpos tonalíticos (norte de Bom Jesus da Penha).

A nordeste de Bom Jesus da Penha a complexidade dos terrenos siálicos aumenta substancialmente. Há evidências que indicam com certeza a proveniência ortoderivada do substrato siálico na região de Fortaleza de Minas. O mesmo não pode ser dito em relação aos terrenos gnáissicos a nordeste de Bom Jesus da Penha (Carmo do Rio Claro-Conceição da Aparecida).

As relações de contato entre os terrenos siálicos e as demais unidades na área são sempre marcadas por zonas de intenso cisalhamento. Particularmente em relação às seqüências vulcano-sedimentares, o contato é sempre traçado pela ocorrência de milonitos, blastomilonitos e outros tipos de rochas cataclásticas. Duas grandes linhas de sutura estão individualizadas no mapa. Ambas possuem direção NW - SE, tendo dimensões em torno de 5 km de largura por 150 km de extensão. Estas duas suturas coincidem com a ocorrência das duas principais faixas de *Greenstone Belts* (Fortaleza de Minas e Alpinópolis).

Na porção sul do mapa, nas regiões de Nova Resende e

Jacuí, o substrato siálico faz contato com uma seqüência de gnaisses, quartzitos, xistos e subordinadamente anfibolitos. As relações entre os dois compartimentos (bloco cratônico e faixa móvel) são extremamente difíceis de ser estabelecidas. Às vezes tem-se a impressão de serem transicionais, em função da ocorrência de grandes zonas de cisalhamento que mascaram as relações primárias entre os componentes litológico dos dois compartimentos.

Zonas de cisalhamento lineares O substrato siálico apresenta-se como um mosaico recortado por zonas de falhamentos lineares. Dois conjuntos cataclásticos são mais notórios. O primeiro deles possui direção preferencial N30°W e marca o contato com o *Greenstone Belt* Morro do Ferro (Fig. 1).

A segunda mais importante zona de falhamento começa ao sul de Alpinópolis, prossegue com direção NNW e alcança seu desenvolvimento máximo na região de Três Barras, Serra da Pararaca. Nesta última localidade ocorre uma franja de pseudotaquilito contínua por mais de 10 km. Algumas dessas rochas têm sido confundidas com metavulcanitos (Foto 1).

Seqüências vulcano-sedimentares (*Greenstone Belt* Morro do Ferro) O cinturão vulcano-sedimentar Morro do Ferro aflora como unidades estreitas (± 3 km) e descontínuas por uma distância de 60 km ao longo do substrato siálico, entre Fortaleza de Minas e Bom Jesus da Penha (Figs. 2, 3 e 4). Tais segmentos vulcano-sedimentares correspondem à raízes de estruturas sinformais, ou fatias tectônicas, sendo as faixas Fortaleza de Minas e Alpinópolis as mais representativas. Entre essas duas localidades ocorrem inúmeros restos de rochas pertencentes ao *Greenstone* envolvidas ou associadas intimamente com rochas plutônicas siálicas

(Fazenda Mumbuca e Fazenda Vira).

Estas pequenas manchas vulcano-sedimentares, isoladas, apresentam-se normalmente com alto grau metamórfico, sem contudo mostrar eventuais efeitos de intrusão com os corpos siálicos. Tais feições, embora comuns nos terrenos arqueanos (por exemplo: Cinturão Tartog, descrito por Windley & Bridgwater 1971), não estão plenamente entendidas (por exemplo: Anhaeusser 1983). É possível que a forte interação tectônica desenvolvida durante os estágios iniciais de estruturação entre os terrenos gnáissicos e as seqüências vulcano-sedimentares seja a razão principal para tal configuração (Spray 1985).

Outro aspecto de fundamental importância no entendimento das faixas vulcano-sedimentares desta região é a possível paleogeografia da calha deposicional, sobre a qual essas faixas vulcano-sedimentares se edificaram. Em função da notória variação faciológica de NW-SE, assim como a distinção do grau metamórfico entre as seqüências aflorantes em Fortaleza de Minas e Bom Jesus da Penha, julgou-se conveniente individualizar as seguintes faixas: Faixa Fortaleza de Minas – composta pelas unidades Morro do Níquel e Morro do Ferro (foi suprimida a Unidade Córrego Salvador como originalmente definida por Teixeira 1978), Faixa Alpinópolis e Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí – com as unidades Colônia e Serra da Ibituruna.

ESTRATIGRAFIA **Faixa Fortaleza de Minas** **UNIDADE MORRO DO NÍQUEL** Corresponde ao segmento basal do *Greenstone Belt* Morro do Ferro. Ocorre em faixa de direção N40W, estendendo-se por 30 km desde a

extremidade noroeste do Morro do Ferro até as aproximações da Fazenda Nova (Fig. 2, 3 e 4).

A Unidade Morro do Níquel apresenta-se mais bem caracterizada ao sul de Fortaleza de Minas (Figs. 2 e 5), sendo representada por uma sucessão de derrames komatiíticos localizados e restritos derrames máficos de mesma filiação e incursões máficas de caráter toleítico. O arrefecimento do processo vulcânico é marcado pela intercalação de metatufos básicos finamente bandados com o pacote vulcânico máfico e, finalmente, pela deposição de estratos químicos silicosos (metacherts grafitosos e sulfetados, metacherts feríferos e silicáticos à base de grunerita-cumingtonita) bem como níveis finamente bandados que possivelmente representem metatufos básicos.

As manifestações komatiíticas ultramáficas são representadas com maior propriedade na borda NE, onde vários cordões de talco xistos contínuos por mais de 2 km se alternam com clorita-tremolita xistos, serpentina-clorita-tremolita xisto com textura *quench* e característicos níveis de metachert grafitoso e sulfetado.

Na borda sudoeste do cinturão vulcano-sedimentar a natureza das manifestações vulcânicas e sua própria filiação química são mais complexas, não estando ainda plenamente entendidas. De qualquer maneira, é possível caracterizar níveis serpentínicos métricos a decamétricos que se estendem lateralmente por grande extensão. Apresentam-se subverticalizados e subparalelos à estrutura NW-SE. Não mostram relações de contato discordantes e estão intimamente associados com pacotes de metapiroxi-nitos e metabasaltos toleíticos. As relações de contato entre

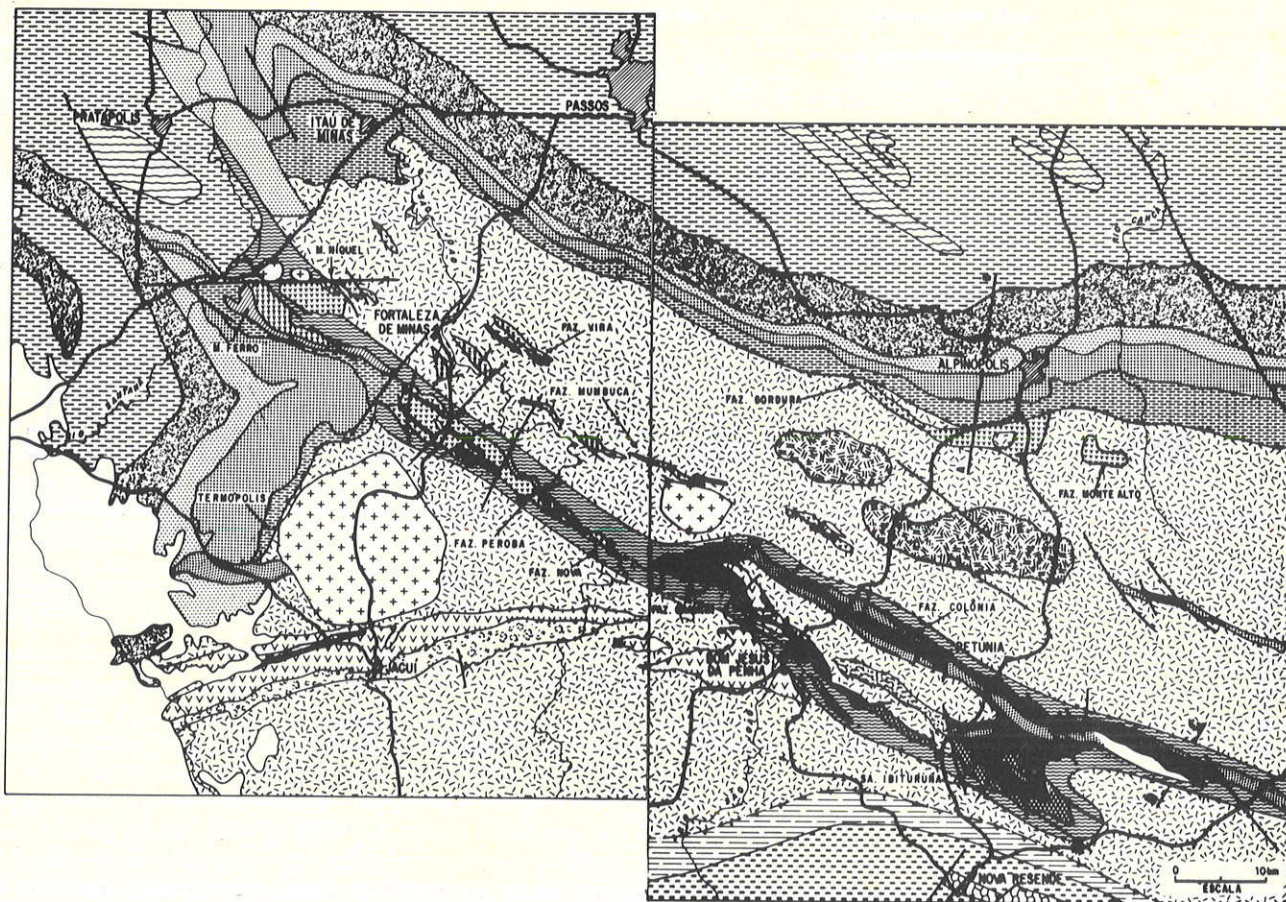


Figura 2 – Mapa geológico da Faixa Fortaleza de Minas e parte da Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí

os serpentinitos e os clinopiroxenitos são predominantemente bruscas.

As variações faciológicas são constantes no *Greenstone Belt* Morro do Ferro. De sudoeste para nordeste é possível constatar que as formações ferríferas fácies óxido-silicato comuns no limite SW cedem lugar a metacherts ferríferos grafitosos e sulfetados no centro e na extremidade nordeste,

sugerindo distintas condições de deposição.

Na extremidade sudeste da Unidade Morro do Níquel, na região da Fazenda Peroba, ocorre uma sequência ultramáfica extrusiva bastante diversificada, sendo freqüente sua associação com estratos sedimentares de proveniência detrítica (filitos, quartzitos com mica cromífera, quartzitos puros ou ferruginosos) e química (dominados

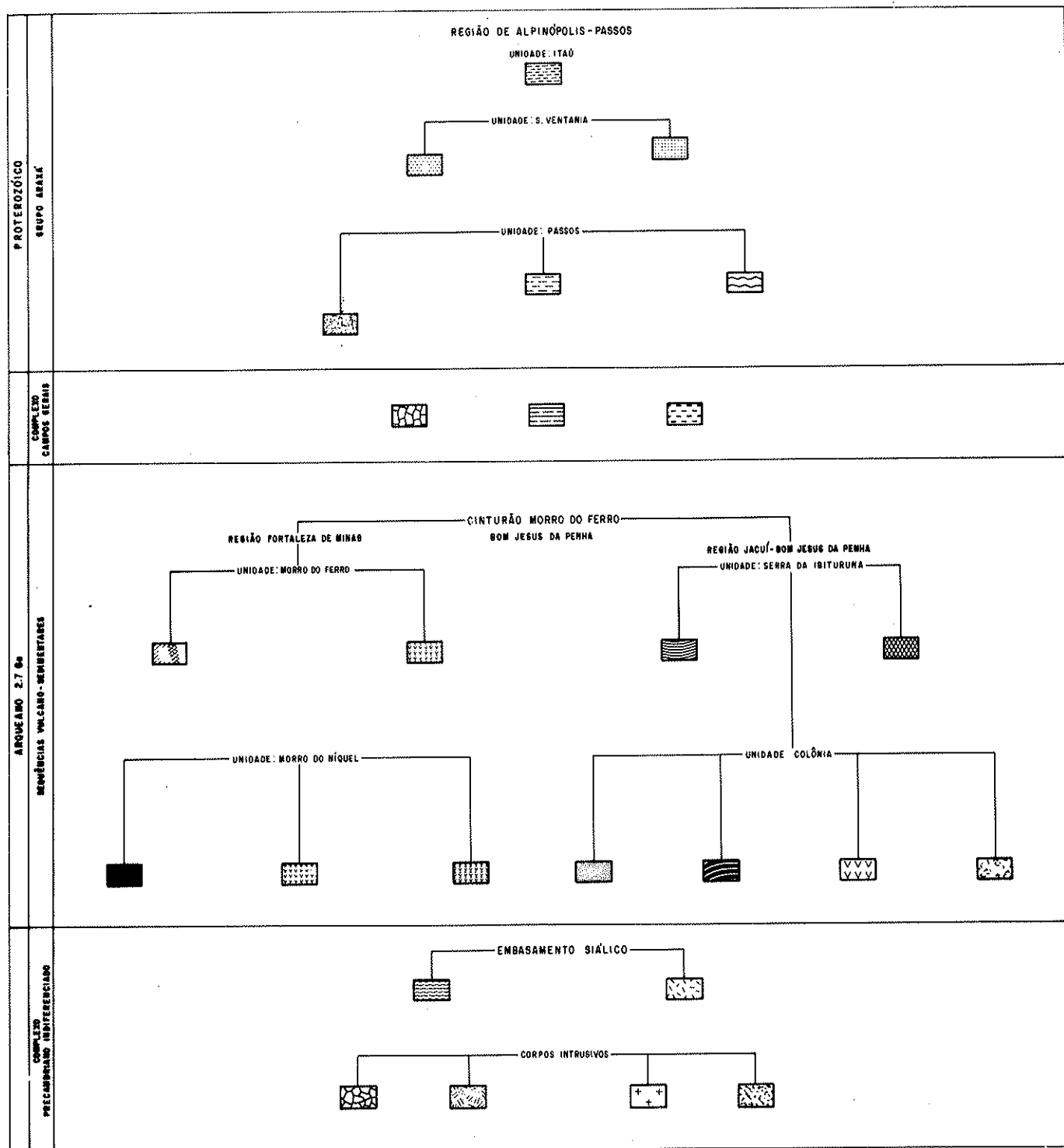


Figura 3 – Relações cronolitoestratigráficas correspondentes ao mapa geológico da Faixa Alpinópolis e parte da Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí

por metacherts grafitosos, cherts hematíticos e puros).

Intimamente associado com os metassedimentos acima descritos ocorrem dois tipos de corpos de serpentinito:

- Níveis de serpentinito em contato direto com tremolita-clorita-serpentina xisto. Estes níveis serpentiniticos mostram restos de textura cumulática (Foto 2), transicionando para rochas com textura *spinifex* bem desenvolvida (Fotos 3 e 4). Embora nem todas as porções do derrame possam ser reconstituídas, parece claro que se tratam de derrames fracionados. São constituídos *grosso modo* por uma zona basal cumulativa, formada por uma zona basal cumulática, formada por um adcumulato de olivina e uma porção média, à base de ripas de pseudomorfos de olivina e cristais esqueléticos de clinopiroxênio. A mineralogia primária é reconstituída a partir de pseudomorfos, pois os efeitos de recrystalização e neoformação metamórfica obstruíram totalmente os minerais primários. Schmidt (1983) refere-se a estes derrames como tendo em torno de 28% de MgO em sua composição original.

- Corpos de serpentinitos isolados, em contato com anfibólitos xistos. Pouco pode ser dito em relação ao posicionamento desses corpos de serpentinitos. Não há qualquer

feição textural preservada ao mesmo tempo que suas relações de contato não são diagnósticas. Podem tratar-se tanto de *sills* rasos como derrames maciços.

UNIDADE MORRO DO FERRO Corresponde à sequência aflorante ao longo das elevações do referido morro. É composta por diversificado conjunto vulcano-sedimentar cujo empilhamento estratigráfico ainda não se encontra definido. De qualquer maneira podem-se individualizar três unidades: 1. sericita-quartzito xisto (incluindo prováveis metatufos ácidos), clorita-sericita xisto, cloritóide-quartzito-muscovita xisto, metachert ferrífero fácies óxido e metachert grafitoso; 2. talco xisto e serpentinito, clorita-actinolita xisto, epidoto-actinolita-tremolita xisto; e 3. sericita xisto, quartzito-sericita xisto, mármore e filitos.

Lateralmente, no sentido sudeste, os níveis ferríferos adelgaçam, interdigitando-se com fácies de metachert grafitoso e níveis detríticos. Independente das eventuais variações faciológicas, a Unidade Morro do Ferro constitui um pacote onde os estratos químicos silicosos e sedimentos pe-

 SERICITA FILITO, CLORITA FILITO, LENTES DE META-CALCÁRIO.

 MUSCOVITA-QUARTZO XISTO INTERCALADO COM QUARTZITO.

 SERICITA QUARTZITO, QUARTZITO PURO, META-ARCOSEOS TUFÁCEO.

 SEDIMENTOS IMATUROS, CLASTOS DE FELDSPATO (METABRAUVAÇAS), XISTOS FELDSPÁTICOS, BIOTITA GNAISSES SUBORDINADAMENTE ANFIBÓLITO XISTOS.

 SEDIMENTOS PELÍTICOS HIPERALUMINOSOS E NÍVEIS LOCALIZADOS DE ROCHAS VULCÂNICAS BÁSICAS, CIANITA-BRANADA-MUSCOVITA XISTO, BIOTITA-BRANADA-MUSCOVITA XISTO, CIANITA XISTO, ZONAS COM ANFIBOLITO LENTES DE ROCHA CALCOSILICADA.

 SEDIMENTOS ARCOSEOS OU VULCÂNICAS ÁCIDAS, GNAISSES.

 PREDOMINÂNCIA DE ANFIBOLITOS INTERCALADOS COM BIOTITA-BRANADA GNAISSE CATACLÁSTICO.

 BIOTITA-MAGNETITA GNAISSE.

 BIOTITA-BRANADA GNAISSE.

 SEQUÊNCIA DE PELITOS E TUFO FINOS DEPOSITADOS EM AMBIENTE REDUTOR, ZONAS COM ROCHAS VULCÂNICAS RETRABALHADAS, PRECIPITADOS QUÍMICOS SILICOSOS, BIF (MAGNETITA E HEMATITA), FÁCIES REDUTORAS (METACHERT COM GRAFITE), SERICITA FILITO, CLORITA-SERICITA XISTO, QUARTZO-MUSCOVITA XISTO, SERICITA FILITA COM GRAFITA, CLORITA-CLORITÓIDE XISTO, MAGNETITA, METACHERT, MAGNETITA-HEMATITA-METACHERT, GRAFITA METACHERT, FUCSITA METACHERT.

 DERRAMES BASÁLTICOS TOLEÍTICOS BAIXO $MgO \approx 7,5\%$ E ALTO $TiO_2 \approx 1,4\%$. RES-TRITA OCORRÊNCIA DE VOLCANISMO ULTRAMÁFICO, ATIVIDADE PIROCLÁSTICA REPRESENTADA POR TUFO BÁSICO, ALBITA-CLORITA-ACTINOLITA XISTO, TALCO XISTO, MAGNETITA-TALCO XISTO, CLORITA-TALCO XISTO, CLORITA-ACTINOLITA XISTO, SERICITA-CLORITA XISTO.

 ZONA PELÍTICA HIPERALUMINOSA, SEDIMENTOS CLÁSTICOS ARENOSOS E QUÍMICOS SILICOSOS, VULCÂNICAS BÁSICAS E TUFO, PACOTE ESSENCIALMENTE SEDIMENTAR, CIANITA-BRANADA-MUSCOVITA-BIOTITA XISTO, LOCALMENTE FELDSPÁTICO E GRAFÍTICO, INTERCALAÇÕES DE BIOTITA GNAISSE, QUARTZO ANFIBOLITO, ACTINOLITA XISTO, MUSCOVITA QUARTZO XISTO, METACHERT FERRUGINOSO, META-CHERT MANGANESIFERO.

 PACOTE SEDIMENTAR ARENOSO COM INTERCALAÇÕES PELÍTICAS, QUARTZITO E MUSCOVITA-QUARTZO XISTO.

 DERRAMES PERIDOTÍTICOS, CORPOS DUNITICOS EM FORMA DE SILL, SERPENTINITO, TALCO XISTO.

 DERRAMES DE OLIVINA PERIDOTITO INTERCALADO COM BASALTOS KOMATÍTICOS ($MgO \approx 10\%$) BIF (FÁCIES SULFATO E SILICATO) PRESENÇA DE PIROXENITOS, DERRAMES BASÁLTICOS TOLEÍTICOS BAIXO $MgO \approx 7,5\%$ E ALTO $TiO_2 \approx 1,4\%$, PERÍODOS DE BAIXA ATIVIDADE VULCÂNICA REPRESENTADA POR NÍVEIS QUÍMICOS SILICOSOS, SERPENTINITO, TREMOLITA-SERPENTINA XISTO, METAPIROXENITO, GRUNERITA-MAGNETITA METACHERT, METACHERT CARBONOSO, METACHERT COM SULFETO, ALBITA-CLORITA-ACTINOLITA XISTO, TALCO XISTO, MAGNETITA-TALCO XISTO, CLORITA-TALCO XISTO, CLORITA-ACTINOLITA XISTO.

 MEGA XENÓLITOS INCLuíDOS NO EMBASAMENTO, SEQUÊNCIA ESTREITA DE DERRAMES PERIDOTÍTICOS BASALTOS MAGNESIANOS E CORPOS DE PERIDOTITO INTRUSIVOS CONCORDANTEMENTE, CLORITA-CUMINGTONITA XISTO, ANTOFILITA-CUMINGTONITA XISTO, ANFIBOLITO, CUMINGTONITA-ACTINOLITA XISTO, DIOPSÍDIO ANFIBOLITO, METACHERT COM FUCSITA, CORPOS DE METABAS-BURNITO (OLIVINA, ANTOFILITO-HIPERSTENO, CUMINGTONITA), ZONAS DE METACHERT FERRUGINOSAS.

 PREDOMINÂNCIA DE ROCHAS VULCÂNICAS BÁSICAS COM DERRAMES ULTRABÁSICOS SUBORDINADOS, ROCHAS COM PARAGÊNESE COMPLEXA (RICAS EM AL E M) PROVÁVEIS TUFO BÁSICO ASOCIADOS COM ROCHAS ALUMINOSAS EPICLÁSTICAS, CLORITA-CUMINGTONITA-ACTINOLITA XISTO, ACTINOLITA-CUMINGTONITA XISTO, TALCO-ACTINOLITA XISTO, HORBLANDA ANFIBOLITO, BRANADA-CIANITA-FLOSOPIA ANFIBOLITO, ANFIBOLITO METACHERT, METACHERT MANGANESIFEROS.

 SEQUÊNCIA PELÍTICA ALUMINOSA COM MARGAS ASSOCIADAS, POSSÍVEIS ESTRATOS EVAPORÍTICOS, ROCHAS COM ANFIBOLITO MAGNESIANO E CIANITA EM EQUILÍBRIO, MUSCOVITA-BIOTITA GNAISSE, CIANITA-SEDITA ANFIBOLITO, ESCAPOLITA MÁRMORE, CIANITA-BRANADA-MUSCOVITA-BIOTITA XISTO.

 SEQUÊNCIA COMPLEXA, PROVÁVEL OCORRÊNCIA DE VULCÂNICAS BÁSICAS E ULTRABÁSICAS INTERCALADAS COM MATERIAIS QUARTZO-FELDSPÁTICOS, MAGNETITA-CLORITA-TALCO-ACTINOLITA XISTO, SERPENTINITO (SUBORDINADO), ACTINOLITA XISTO, ACTINOLITA-CUMINGTONITA XISTO, CUMINGTONITA-ANTOFILITA XISTO, CLORITA-ANTOFILITA XISTO, ANFIBOLITO METACHERT (SUBORDINADO), GNAISSE FINO.

 ZONA DE TRANSIÇÃO DA SEQUÊNCIA COM O EMBASAMENTO, INJEÇÕES DE ROCHAS MÁFICAS E ULTRAMÁFICAS NO EMBASAMENTO SIÁLICO, CLORITA-ANTOFILITA XISTO, ACTINOLITA XISTO, CUMINGTONITA ANTOFILITA XISTO, POSSÍVEL ASSOCIAÇÃO COM BRANADA BIOTITA GNAISSE, LOCALMENTE PORFIROBLÁSTICO.

 SUÍTE CATACLÁSTICA: MILONITO GNAISSE, CATACLÁSTICO PROTOMILONITO BLASTOMILONITO, FILONITO.

 ORTOGNAISSE TONALÍTICO, GRANODIORÍTICO, MIGMATITO COM ESTRUTURA NEBULÍTICA DE DIQUES DE ANFIBOLITOS.

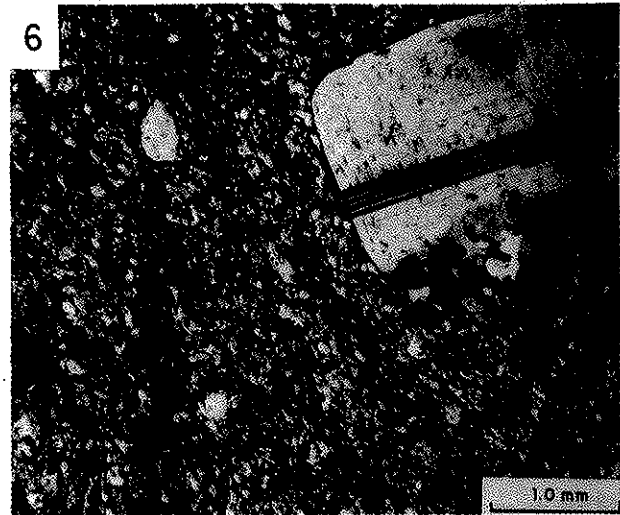
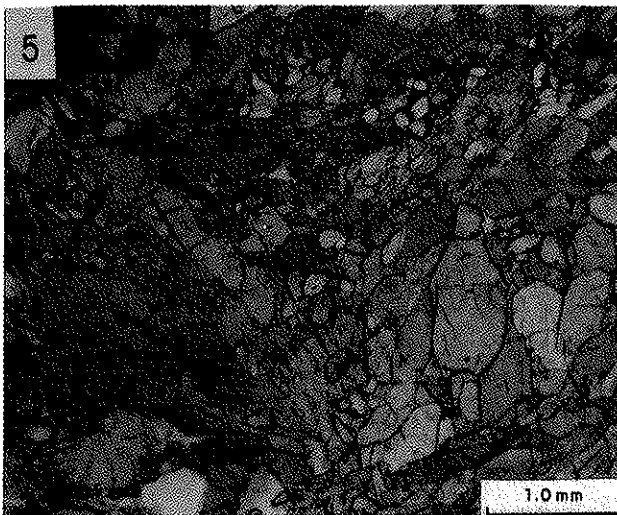
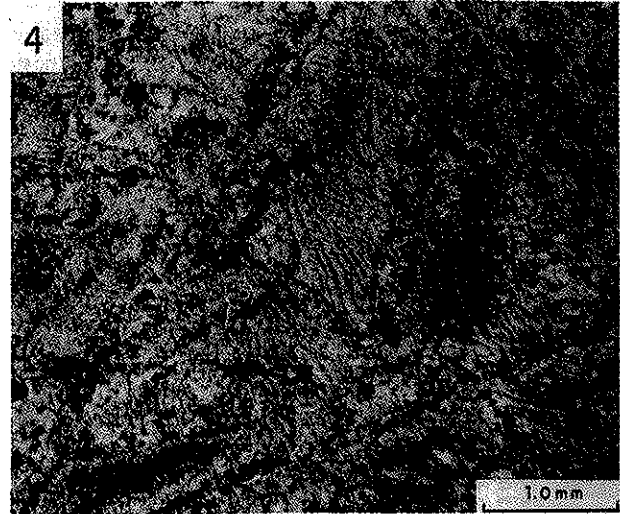
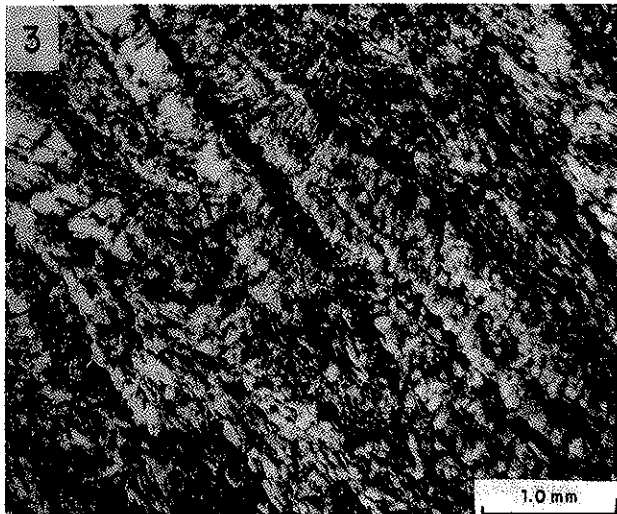
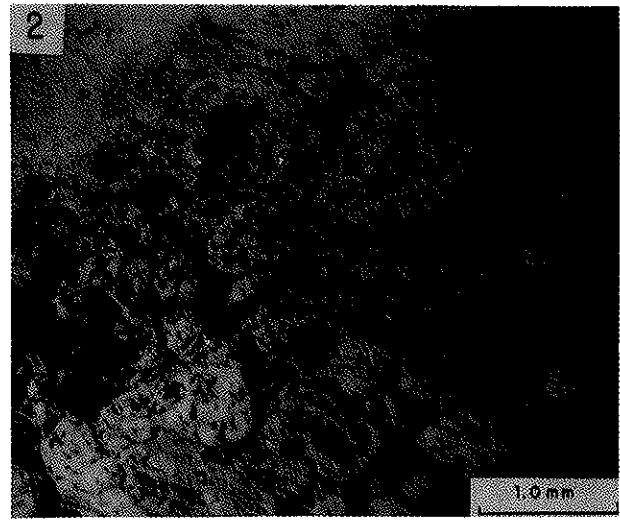
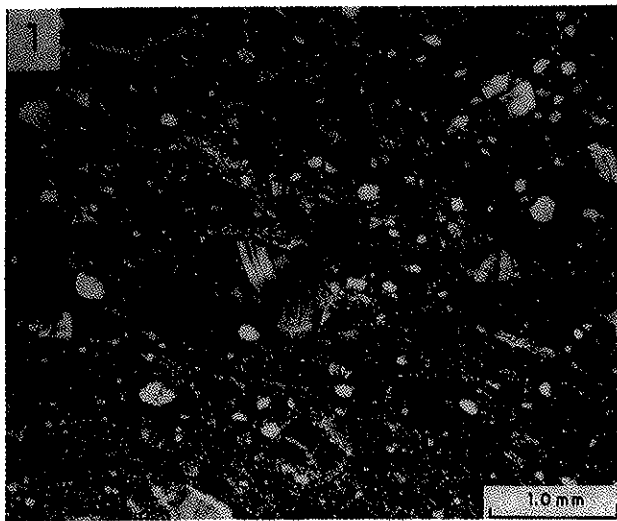
 PERIDOTITO DUNITO

 HORBLANDA-MAGNETITA TONALITO

 BIOTITA BRANITO

 ANFIBOLITO METABASITO

Figura 4 – Legenda referente às figuras 2 e 3



Prancha 1 – Fotomicrografias. 1 – Milonito de rochas do embasamento plutônico ácido. Porfiroclastos de feldspato com geminações mecânicas em matriz fina resultante de moagem cataclástica. N.X.; Fotos 2, 3 e 4 – Rocha de derrame de komatiito peridotítico diferenciado. 2 – Parte basal. Denso acúmulo de pseudomorfos de olivina envolvidos por óxidos de ferro. N.P.; 3 – Rocha de porção média. Lâminas originais de olivina substituídas por serpentina e tremolita; entre os pseudomorfos de olivina há clorita e tremolita. N.X.; 4 – Rocha de porção superior, com textura spinifex fina. Pseudomorfos de olivina e clinopiroxênio substituídos por serpentina e tremolita, respectivamente, N.X.; 5 – Cianita anfibolito. Cianita em contato com hornblenda. N.P.; 6 – Clorita-epídoto-actinolita xisto feldspático (metandesito). Antigo fenocristal de plagioclásio parcialmente digerido pela “matriz” possui formato e padrão de germinação sugestivos de cristalização magmática. N.X.

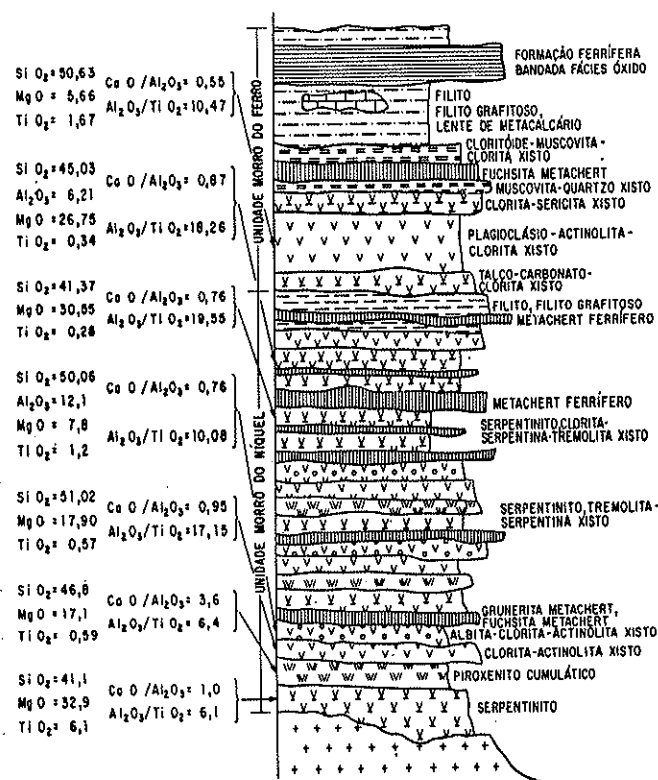


Figura 5 – Coluna estratigráfica esquemática: Greenstone Belt Morro do Ferro (área Fortaleza de Minas) (óxidos em %)

Líticos se manifestam mais intensamente ao longo de todo o cinturão vulcano-sedimentar, sugerindo que este patamar estratigráfico se situa na porção superior em relação às faixas komatíticas basais.

Faixa Alpinópolis A sul de Alpinópolis (Figs. 2 e 6) ocorre uma faixa de derrames peridotíticos komatiíticos associados com metabasaltos e raros níveis de metachert. Em vários pontos foram identificados texturas *spinifex* (Choudhuri *et al.* 1982). Os derrames são preferencialmente do tipo fracionado em que uma zona cumulática (serpentinito) é imediatamente sucedida por zona com textura *spinifex* (serpentina-tremolita-clorita xisto).

Além dos derrames komatiíticos claramente estabelecidos, ocorrem corpos de serpentinitos, os quais não possuem posicionamento claramente definido. Os mesmos parecem associados com derrames peridotíticos de baixo magnésio, bancos de metassedimentos silicosos e metabasaltos.

Em direção sudeste, a seqüência vulcano-sedimentar é interrompida e retorna nas proximidades da Fazenda Monte Alto. Nesta localidade a mesma é representada por um pacote de olivina peridotitos, peridotitos, metachert, clinopiroxenitos, metabasalto, calciossilicatada e hornblendito.

Schmidt (1983), em seu mapeamento, estendeu a sequência do *greenstone* de Alpinópolis até a porção sul de Carmo do Rio Claro. Particularmente na Serra da Pararaca e Serra da Cachoeira, o referido autor caracteriza um conjunto vulcano-sedimentar correlato à Unidade Morro do Ferro. A faixa vulcânica ultramáfica, que se inicia na Fazenda Gordura, interrompe-se logo ao sul de Alpinópolis e reaparece descontinuamente na Fazenda Monte Alto, descharacterizando assim sua continuidade para sudeste. Na Ser-

ra da Cachoeira não foi possível constatar a presença dos estratos, claramente vulcanogênicos, descritos pelo citado autor.

Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí A partir das imediações da Fazenda Nova, no sentido sudeste, ocorre uma notória mudança no conteúdo litológico (Fig. 2). Os derrames ultramáficos da Unidade Morro do Níquel afinam progressivamente e desaparecem entre os gnaisses do embasamento. As rochas metaultramáficas reaparecem em Bom Jesus da Penha, associadas com materiais sedimentares aluminosos, metavulcânicas básicas e marcantes níveis sedimentares detríticos. À medida que caminhamos no sentido da Serra da Ibituruna ao norte de Nova Resende, tais níveis detríticos arenosos tornam-se bem mais espessos. Em função de tal distinção no conteúdo litológico é que sugerimos a separação das faixas Fortaleza de Minas e Bom Jesus da Penha-Jacuí, a qual passamos a caracterizar.

UNIDADE COLÔNIA Corresponde a uma faixa de direção NW-SE, contínua desde a Fazenda Gravatá até a Serra de Ibituruna (Fig. 2). É fundamentalmente constituída por dois conjuntos litológicos.

O primeiro tem sua melhor área de ocorrência na porção noroeste da faixa. Caracteriza-se por um pacote de xistos magnesianos, vários tipos de anfibolito (com ou sem cianita, Foto 5), anfibólio-metachert e metachert manganífero. Tal conjunto litológico representa originalmente um pacote predominantemente máfico, com incursões localizadas de prováveis derrames ultramáficos, manifestações subvulcânicas ultramáficas e níveis químicos silicosos impuros (Figs. 7 e 8).

O segundo conjunto litológico desta unidade ocorre na porção central da área de Colônia, onde níveis estreitos de rochas feldspáticas finas se associam com estratos aluminosos (granada-cianita-muscovita-biotita xisto, cianita-gedrita anfibolito e escapolita mármore). A presença de rochas ricas em alumínio e magnésio (gedrita-cianita-flogopita, hornblenda-cianita) constitui ocorrência incomum em terrenos vulcano-sedimentares arqueanos, merecendo comentário específico (ver item Petrologia).

A partir da Fazenda Colônia, em direção sudeste, tornam-se muito mais freqüentes os níveis sedimentares. Em função disto, individualizou-se uma unidade em que este processo se desenvolveu em maior expressão, quando comparado com as manifestações vulcânicas. Na verdade, a Unidade Colônia possui o mesmo conteúdo litológico que a Unidade Serra da Ibituruna. A diferença básica entre ambas é a proporcionalidade dos tipos litológicos, que reflete uma distinta condição vulcânica e sedimentar.

Na porção sul da Serra do Chapadão, próximo a Jacuí, foram individualizados níveis vulcânicos predominantemente ácidos. Embora tenham sofrido metamorfismo no fácies xisto verde, é possível identificar feições vulcânicas reliquia-

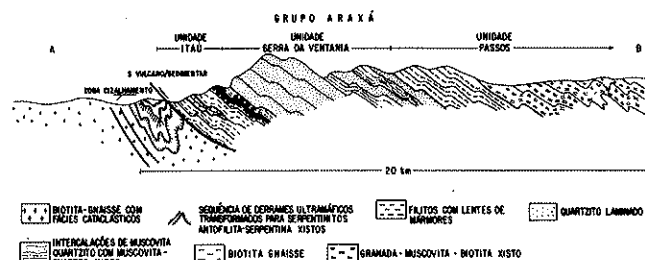


Figura 6 — Perfil geológico esquemático: sul de Alpinópolis

res. A preservação de fenocristais de feldspato constitui evidência inequívoca de uma cristalização magmática (Fotos 6 e 7). Foram reconstituídos metarriolito, metadacito, tufo de cristal, além de metassedimentos detríticos. O posicionamento estratigráfico deste conjunto litológico não está plenamente estabelecido.

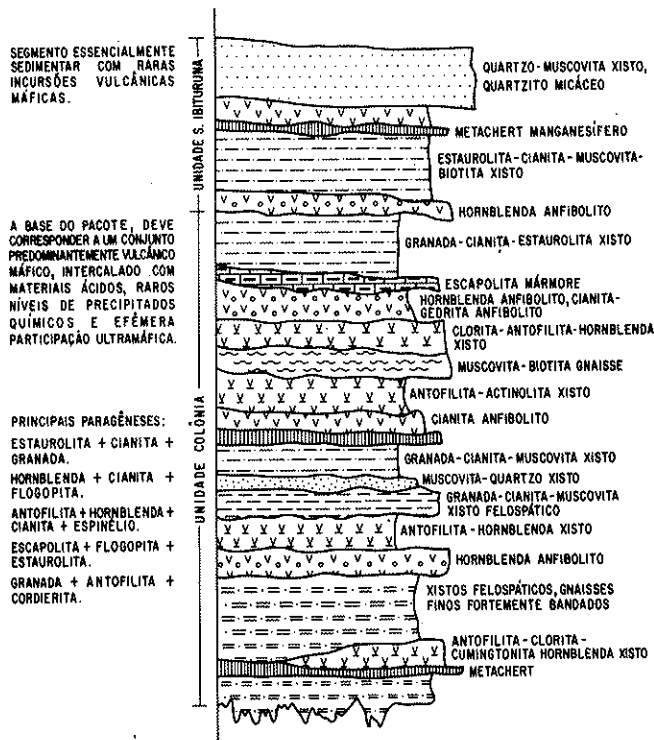


Figura 7 - Coluna estratigráfica esquemática: Greenstone Belt Morro do Ferro ou porção supracrustal de alto grau (Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí)

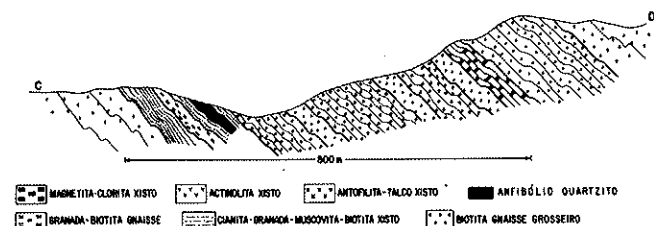


Figura 8 - Perfil geológico esquemático: Extremidade sudeste da faixa vulcano-sedimentar (Unidade Colônia)

UNIDADE SERRA DA IBITURUNA Dois conjuntos são individualizados em tal unidade. O primeiro, essencialmente pelítico, hiperaluminoso, com marcante presença de cianita-granada-muscovita-biotita xisto. Localmente transicionam para fácies feldspáticos (Fazenda Vera Cruz) ou grafitoso (Fazenda Gravatá). Intercalam-se subordinadamente com biotita gnaiss, quartzo anfibolito, actinolita-antofilita xisto, metacherts manganêsífero e ferrífero (Fig. 7).

Os estratos arenosos que compõem a Unidade Serra da Ibituruna foram individualizados em função de eles representarem uma brusca mudança no regime sedimentar de toda a sequência e mesmo por sua expressão cartográfica. Tem nos quartzitos muscovíticos ou muscovita-quartzo xis-

tos seus principais estratos. Constituem cristas alinhadas de direção NW-SE, quase sempre em posição marginal (geralmente em contato com o embasamento). Os estratos acima mencionados ocorrem a oeste de Jacuí e estendem-se da Fazenda Gravatá para sudeste, até alcançar em Serra da Ibituruna seu desenvolvimento máximo (Fig. 2).

PETROLOGIA O caráter komatiítico das lavas ultramáficas da Unidade Morro do Níquel foi preliminarmente estabelecido quando da caracterização geológica do *Greenstone Belt* Morro do Ferro (Teixeira & Danni 1979) (Tab. 1). Estudos posteriores (Schmidt 1983, Cheney 1985) têm ratificado a proposição inicial (Tab. 2). Aparentemente, a suíte komatiítica envolve termos peridotíticos, piroxeníticos e basálticos (Fig. 10). Associadas com a sequência komatiítica ocorrem manifestações toleíticas (Fig. 9). As relações espaciais e temporais entre as duas séries magmáticas ainda não se encontram perfeitamente estabelecidas. Todos os diagramas apresentados incluem análises de Teixeira & Danni (1979) e Schmidt (1983).

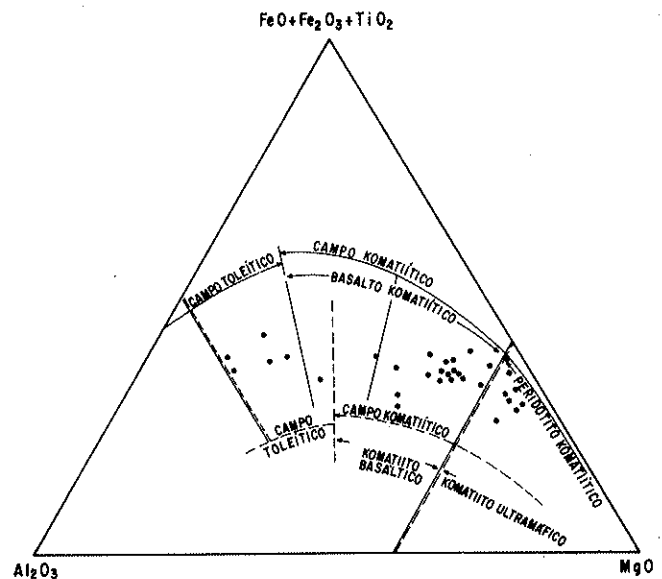


Figura 9 - Diagrama $(FeO + Fe_2O_3 + TiO_2) - Al_2O_3 - MgO$ das rochas metamáficas e metaultramáficas do cinturão vulcano sedimentar Morro do Ferro. Em todos os diagramas apresentados nas figuras de 9 a 13 estão plotadas análises de Teixeira & Danni (1979) e Schmidt (1983)

Aparentemente, há uma zonalidade vulcânica no belt na porção imediatamente ao sul de Fortaleza de Minas. O pacote vulcânico não apresenta características química claramente komatiítica. Os basaltos não são suficientemente magnesianos e os serpentinitos, por não apresentarem feições texturais apropriadas, não podem ser imediatamente classificados como derrames komatiíticos. Já na porção final da faixa (extremo sudeste), o caráter komatiítico é definitivamente estabelecido, seja pelo aspecto textural (textura *spinifex*, zona de topo brechado, zona basal cumulática), seja pelo caráter magnesiano e baixos teores em titânio e álcalis.

Os metakomatiitos peridotíticos (MgO 27%–30%) são representados por rochas constituídas por serpentina + magnetita ± tremolita ± clorita. As porções cumuláticas são mais magnesianas (MgO 30%–35%) e apresentam paragenese à base de serpentina + magnetita ± talco ± clorita ± magnesita ± tremolita.

Tabela 1 – Análises químicas do cinturão vulcano-sedimentar Morro do Ferro – Unidade Morro do Níquel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SiO ₂	47,95	51,77	51,76	51,11	51,33	51,86	43,96	51,42	54,04	54,35	53,81	56,08	50,14	50,15	52,19	51,58	50,61	50,01	49,92
Al ₂ O ₃	2,90	5,73	5,81	5,32	4,31	4,42	9,88	8,44	13,08	13,31	13,56	13,41	4,35	4,14	2,53	2,80	3,74	3,82	3,52
TiO ₂	0,69	0,65	0,70	0,72	0,65	0,69	1,29	1,13	1,12	1,23	1,22	1,64	0,62	0,67	0,43	0,45	0,72	0,67	0,57
Cr ₂ O ₃	0,32	0,35	0,33	0,32	0,37	0,25	0,24	0,14	0,02	0,01	0,01	0,01	0,46	0,27	0,32	0,45	0,47	0,20	0,26
MgO	18,68	16,97	16,08	17,11	16,19	15,54	20,10	13,37	7,56	6,55	5,71	3,78	17,50	17,10	16,42	17,63	17,36	16,33	16,95
FeO	12,73	10,87	10,65	10,40	10,42	10,35	15,66	12,28	11,63	10,76	12,62	8,53	11,47	11,09	8,49	7,10	12,06	10,51	10,81
Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
MnO	0,24	0,20	0,20	0,20	0,18	0,22	0,27	0,21	0,19	0,17	0,18	0,12	0,22	0,22	0,19	0,18	0,22	0,25	0,24
CaO	16,29	13,02	14,10	14,50	16,20	15,95	8,39	11,62	8,69	10,23	10,60	15,87	15,12	16,16	19,15	19,45	14,65	18,08	17,57
Na ₂ O	0,10	0,30	0,26	0,21	0,16	0,45	0,07	1,20	3,33	3,04	1,88	0,29	0,07	0,13	0,18	0,30	0,09	0,08	0,09
K ₂ O	0,01	0,06	0,06	0,05	0,04	0,08	0,02	0,08	0,22	0,23	0,28	0,09	0,00	0,02	0,02	0,05	0,02	0,00	0,01
P ₂ O ₅	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,19	0,05	0,05	0,06	0,00	0,05	0,06	0,05
CaO/Al ₂ O ₃	5,62	2,27	2,43	2,73	3,78	3,61	0,85	1,38	0,66	0,77	0,78	1,18	3,48	3,90	7,57	6,95	3,92	4,73	4,99
Al ₂ O ₃ /TiO ₂	4,20	8,82	8,30	7,39	6,73	6,41	7,66	7,47	11,68	10,82	11,11	8,18	0,62	6,18	5,88	6,22	5,19	5,70	6,18
Total	99,98	99,98	100,01	100,00	99,99	99,97	99,99	100,00	99,99	99,99	99,99	100,01	100,00	100,00	99,98	99,99	99,99	100,01	99,99

(Análises recalculadas sem água)

De 1 a 8 – Clorita-tremolita xisto (rochas da Unidade Morro do Níquel)

De 9 a 12 – Epidoto-actinolita xisto (rochas da Unidade Morro do Níquel)

De 13 a 19 – Metacalopiroxenito (rochas da Unidade Morro do Níquel)

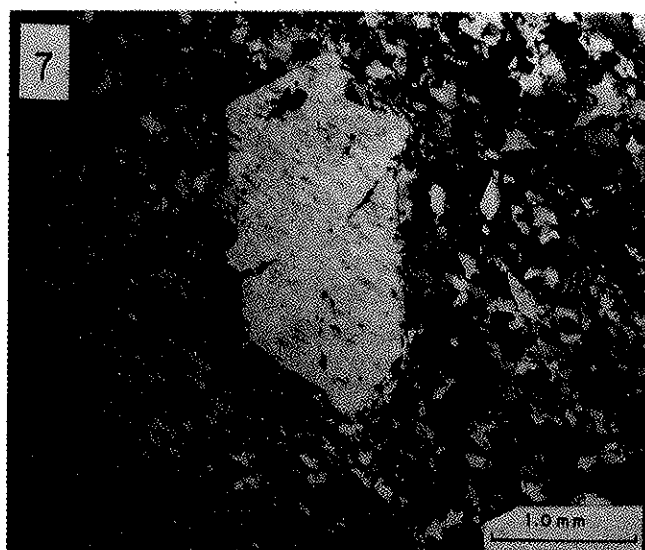
Os metapiroxenitos, frequentes na porção sul de Fortaleza de Minas, apresentam texturas de acumulação e quimismo bastante particular. Cristais de diopsídio com baixos teores de Al₂O₃, ocorrem na rocha, sempre envolvidos por actinolita e, subordinadamente, titanita ± magnetita ± calcita. O relacionamento desta rocha com as demais unidades máficas e ultramáficas da sequência vulcânica não se encontra ainda plenamente estabelecido.

Tabela 2 – Análises químicas de rochas da faixa de Bom Jesus da Penha

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	52,44	51,66	71,83	73,55	50,80	50,40	56,09	51,28
Al ₂ O ₃	11,31	11,94	15,38	15,35	16,66	20,28	17,07	13,45
TiO ₂	0,49	0,57	0,23	0,18	0,13	0,12	0,78	0,67
Al ₂ O ₃	0,24	0,17	0,08	0,06	0,11	0,10	0,09	0,09
MgO	12,75	12,45	0,68	0,35	12,19	9,74	4,37	7,07
FeO	7,37	7,02	0,65	0,58	6,99	6,84	5,98	7,19
Fe ₂ O ₃	2,47	2,86	1,62	0,88	1,42	0,72	1,35	1,37
MnO	0,17	0,16	0,02	0,02	0,17	0,15	0,10	0,19
CaO	10,28	10,00	1,21	1,12	9,85	10,34	8,85	12,31
Na ₂ O	2,36	3,06	6,27	5,89	1,52	1,22	3,85	6,38
K ₂ O	0,10	0,08	2,02	2,03	0,14	0,09	1,46	0,01
Total	99,98	99,97	99,99	100,00	99,98	100,00	99,99	100,00

(análise recalculadas sem água)

Anfibolito (1 e 2); gnaiss fino (3 e 4); cianita anfibolito (5 e 6); rochas cálcio-silicatada (7 e 8)



Fotomicrografia 7 – Fenocristal de K-feldspato preservado em quartzo-sericita xisto (rocha metavulcânica ácida). N.X.

Os metakomatiitos basálticos (MgO ± 12%) são representados por clorita-actinolita xistos, tendo ainda titanita ± magnetita ± calcita. Os metabasaltos toleíticos (MgO 7,0%–9,0%) petrograficamente diferem dos komatiitos pela presença de epidoto e albita (às vezes oligoclásio) em proporções significativas. A paragênese mais comum é actinolita + epidoto + albita + titanita ± quartzo ± magnetita ± clorita (Figs. 10 e 11).

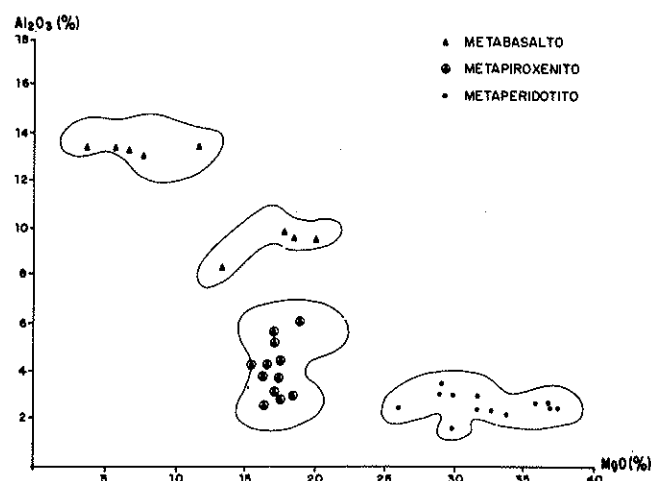


Figura 10 – Cinturão vulcano-sedimentar Morro do Ferro

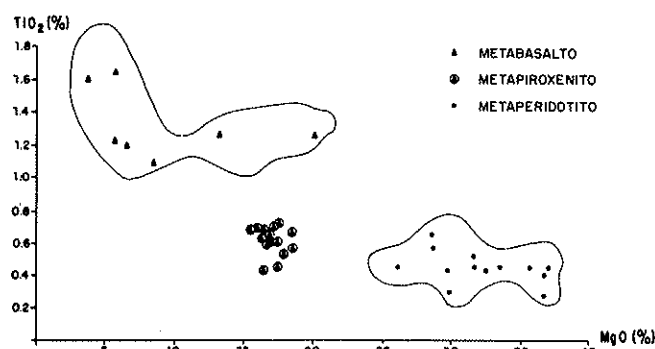


Figura 11 – Amostras do cinturão vulcano-sedimentar Morro do Ferro

Certamente o fato mais importante dos komatiitos da Unidade Morro do Níquel é sua similaridade química com

as suítes do bloco de Yilgarn e as lavas de Munro (*aluminium undepleted*), segundo classificação de Nesbitt *et al.* (1979). As lavas encontradas na extremidade sudeste do *Greenstone Belt* Morro do Ferro apresentam razões $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 1$ e altas razões $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2 \sim 20$. Quando comparadas com os clássicos komatiitos de Crixás em Goiás, constata-se notórias diferenças (Fig. 12).

Outro aspecto importante da petrologia do cinturão vulcano-sedimentar Morro do Ferro é a presença de um grupo de rochas quimicamente distinto em relação à série komatiítica (Cheney 1985). Este grupo de clinopiroxênitos apresenta-se em um campo bem definido e individualizado, sempre com baixo alumínio (Figs. 10 e 13). Como não sabemos ainda claramente como estas rochas se relacionam com as demais, sua filiação química ainda se acha indefinida.

As condições metamórficas atuantes na Faixa Fortaleza de Minas podem ser caracterizadas como sendo do limite superior do fácies xisto verde transicionando localmente para o fácies anfibolito, com temperaturas entre 400°C e 500°C e 3–5 kbar de pressão.

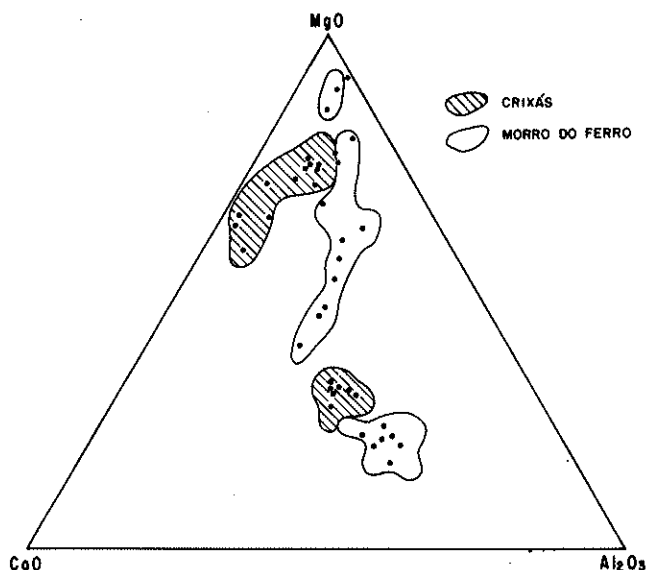


Figura 12 – Diagrama $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ de rochas basálticas e peridotíticas com textura ígnea parcialmente preservada. Cinturões vulcano-sedimentares Crixás e Morro do Ferro

A Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí possui distinção quanto ao conteúdo litológico e condições metamórficas em relação à Faixa Fortaleza de Minas. A área de Bom Jesus da Penha encontra-se no fácies anfibolito médio e alto como comprovam as paragéneses abaixo listadas: 1. estauroлита + cianita + granada; 2. hornblenda tschermakítica + plagioclásio (An_{33-40}) + cianita + granada + biotita a magnesiânica + quartzo + rutilo; 3. muscovita + biotita + estauroлита; 4. antofilita + granada + cordierita; 5. olivina + ortopiroxênio + espinélio (aluminoso) + hornblenda; e 6. antofilita + gedrita + cianita (Fig. 14).

Particularmente na região da Fazenda Colônia ocorre uma sequência litológica bastante particular: flogopita-cianita-hornblenda anfibolito; granada-cordierita-antofilita xisto; cianita-gedrita-hornblenda anfibolito, escapolita-gra-

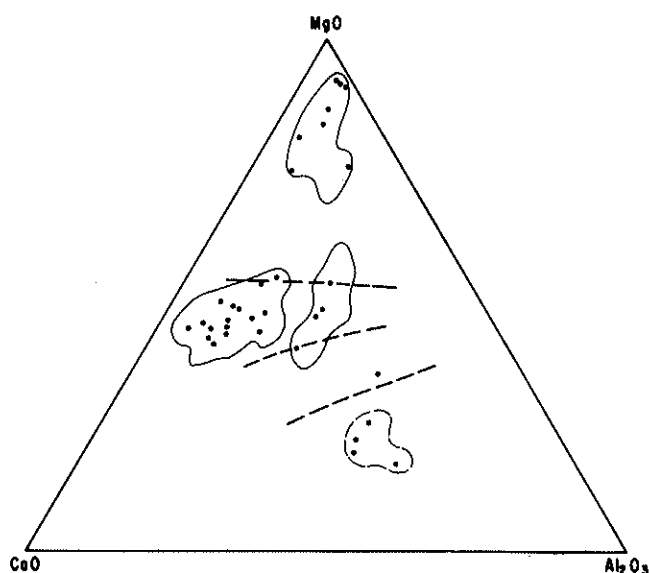


Figura 13 – Diagrama $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ para rochas metamáficas e metaultramáficas do cinturão vulcano-sedimentar Morro do Ferro

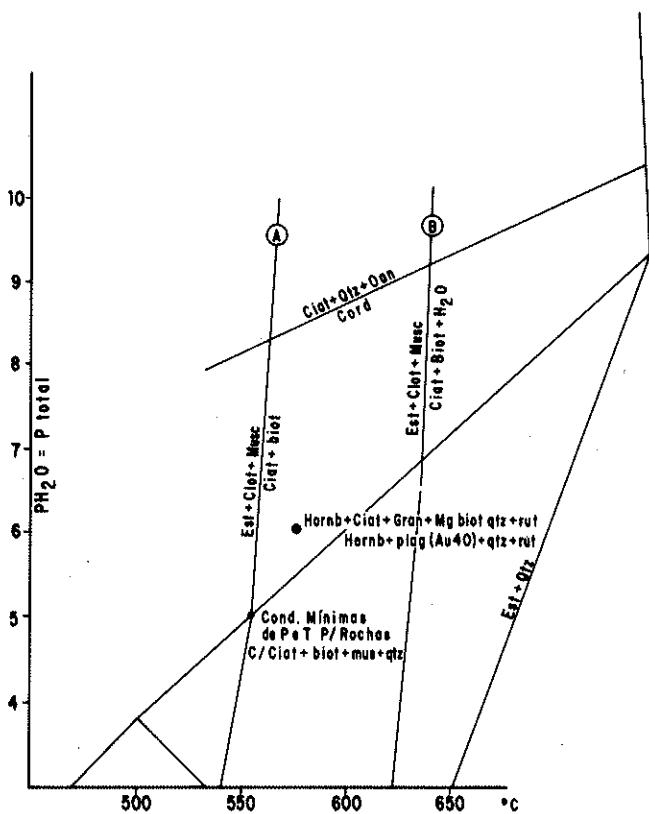


Figura 14 – Condições metamórficas preliminares para rochas da faixa de Bom Jesus da Penha-Jacuí

nada-hornblenda mármore; e estauroлита anfibolito. Além de estas associações minerais indicarem energias condições metamórficas, algumas mostram que seus materiais originais eram ricos em magnésio e alumínio (Tab. 2).

Três paragéneses (indicadoras de composições originais ricas em Mg-Al) são identificadas na região entre Fortaleza de Minas e Bom Jesus da Penha: 1. antofilita + granada + cordierita (Fazenda Mumbuca); 2. hornblenda + gedrita

+ cianita (Fazenda Colônia); e 3. hornblenda + cianita (Fazenda Colônia).

Tais produtos cálcio-magnésio-aluminosos estão intimamente associados a rochas calciossilicatadas e fazem parte de um contexto vulcano-sedimentar com rochas máficas, ultramáficas e estratos químicos e detríticos associados. A ausência de qualquer feição indicativa de metassomatismo sugere que as rochas cálcio-magnésio-aluminosas obtiveram suas composições adequadas antes dos processos metamórficos regionais. Por outro lado, não é comum o aparecimento das paragêneses acima listadas, por ação direta do metamorfismo regional isoquímico em pacotes litológicos normais. É possível que tais rochas tenham sofrido efeitos de alguma ação exalativa com lixiviação de elementos como álcalis, concentrando-se relativamente Mg e Al antes da ação metamórfica regional.

A escapolita, por sua composição química particular, tem servido como indicador de processos hidrotermais em que componentes salinos são originalmente envolvidos. Uma característica química que impede a imediata adoção da idéia de uma lixiviação por processos exalativos é a relativa quantidade de CaO em tais rochas. Normalmente as alterações hidrotermais responsáveis pelo enriquecimento de MgO e Al_2O_3 são também responsáveis pelo empobrecimento em CaO. Parte das rochas magnésio-aluminosas da região de Bom Jesus da Penha são razoavelmente ricas em CaO (9,85; 10,34% CaO), tendo até formado hornblenda em vez do ortoanfibólio. Também sua íntima associação com rochas calciossilicatadas tende a dificultar sua origem pelos processos metassomáticos.

O número ainda insuficiente de análises químicas de rocha e minerais impõe pelo menos duas outras possibilidades além da já mencionada para explicar as paragêneses listadas: a. ação metamórfica em estratos evaporíticos intercalados com argilas e margas; e b. metamorfismo em produtos vulcanoclásticos finos básicos intimamente associados com materiais epiclásticos aluminosos.

As duas possibilidades são, cada uma por si, suficientes para explicar a seqüência de rochas acima descrita, sendo que uma variante da hipótese sedimentar incluiria a ação metamórfica de estratos margosos.

Independente dos produtos originais destas rochas, o fato é que as mesmas foram submetidas a energéticas condições metamórficas, alcançando os patamares superiores de fácies anfibolito. Cálculos de P e T preliminares para a rocha, com cianita + granada + plagioclásio cálcico + quartzo + biotita + ortoanfibólio + hornblenda, indicam temperaturas de ordem de 600°C–700°C e pressão mínima de 6,5 kbar.

IMPLICAÇÕES GEOTECTÔNICAS O limite do Protocráton Paramirim (Almeida s.d.) em sua porção sul é marcado por uma mudança clara no padrão gravimétrico (passagem de baixos para altos gravimétricos). Tal feição coincide com uma faixa de rochas polimetamórficas de alto grau, fortemente reorientadas. A mesma possui direção este-oeste contínua desde Jacuí, passando imediatamente ao sul de Bom Jesus, norte de Nova Resende e prolongando-se em direção a Campos Gerais, Coqueiral e Nepomuceno, compondo o Cinturão Móvel Alfenas, definido por Almeida *et al.* (1980).

O estabelecimento do contato entre o bloco cratônico e o cinturão móvel não é uma tarefa fácil, pois o mesmo não se realiza bruscamente. Caracteriza-se por ampla zona de cisalhamento que se estende por mais de 200 km. O estágio avançado de recrystalização das rochas, assim como a pre-

sença do cordão granulítico de Guaxupé, Muzambinho e Arceburgo, permite indicar um alto grau metamórfico para o cinturão móvel.

As relações geotectônicas entre o cinturão móvel e *Greenstone Belt* Morro do Ferro são bastante problemáticas. Se estamos certos quanto à preservação do fragmento cratônico da região de Fortaleza de Minas, o mesmo não pode ser dito na região de Bom Jesus da Penha-Jacuí. Nestas regiões, a proximidade da faixa vulcano-sedimentar e o cinturão móvel é muito grande. Particularmente em Jacuí, a forte interação das rochas originalmente ultramáficas e máficas com gnaisses grossos sugere um retrabalhamento tectônico das raízes do cinturão vulcano-sedimentar durante a edificação do Cinturão Móvel Alfenas. Neste caso, o estabelecimento do limite dos dois segmentos é bastante temerário com o atual nível de conhecimento geológico.

Embora a caracterização das unidades vulcano-sedimentares da região de Bom Jesus da Penha-Jacuí como *greenstone belt* (prolongamento do cinturão Morro do Ferro) seja viável, a mesma impõe comentário adicional, em função das particularidades de cada seqüência.

Entre as diferenças das faixas vulcano-sedimentares de Fortaleza de Minas e Bom Jesus da Penha-Jacuí destacam-se:

1. Os derrames ultramáficos komatiíticos da Unidade Morro do Níquel diminuem sua espessura progressivamente no sentido sudeste e desaparecem a noroeste da área de Gravatá. Como consequência, não nos foi possível observar as relações de contato entre as Unidades Morro do Níquel (tipicamente um *greenstone belt*) e Colônia.
2. O conteúdo litológico da Faixa Fortaleza de Minas, difere acentuadamente da Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí, caracterizando-se a última por expressiva participação de metassedimentos (pelíticos, químico detríticos carbonáticos e arenosos), alguns níveis básicos e subordinadamente ultrabásicos. Alguns corpos ultrabásicos são provavelmente intrusivos, pois não apresentam intercalações sedimentares, além de possuírem granulação grossa com megacristais de anfibólio com até 10 cm de comprimento.
3. O *Greenstone Belt* Morro do Ferro apresenta contatos bruscos e bem definidos com os gnaisses do embasamento. Ao contrário, nas regiões de Bom Jesus da Penha e Jacuí ocorre íntima e complexa associação das rochas básicas e ultrabásicas com gnaisses, induzindo dúvidas quanto aos limites dos conjuntos vulcano-sedimentares com as rochas sílicas do possível substrato cratônico.
4. As condições metamórficas atuantes nas faixas Fortaleza de Minas e Bom Jesus da Penha-Jacuí são diferentes. A primeira caracteriza-se por metamorfismo desde a transição do fácies xisto verde-anfibolito (porção noroeste) até anfibolito alto (porção sudeste). A Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí teria evoluído segundo condições metamórficas muito mais energéticas, com estimativas preliminares indicando temperatura entre 600°C e 700°C e 6–9 kbar de pressão (Fig. 14). Para o desenvolvimento das últimas condições seria necessário uma espessura crustal de aproximadamente 25–30 km.

Tomando como base os modelos de evolução crustal arqueana, duas possibilidades são viáveis para explicar as distintas características da Faixa Bom Jesus da Penha-Jacuí e os típicos *greenstones belts*.

- O cinturão vulcano-sedimentar Morro do Ferro seria um segmento muito mais extenso do que foi originalmente definido, tendo sua continuidade sudeste na região de Bom Jesus da Penha e Jacuí sofrido efeitos tectono-metamórfi-

cos durante a evolução do Cinturão Móvel Alfenas.

• As duas áreas fariam parte de distintos compartimentos crustais cratônicos. A área de Fortaleza de Minas estaria inserida nos terrenos de baixo grau e nos níveis crustais superiores (típicos *greenstone belts*). Já a área de Bom Jesus da Penha-Jacuí comporia os terrenos dominados por faixas supracrustais de alto grau, como as descritas no oeste da Groenlândia por Windley & Bridgwater (1971) e escudos Ucrainiano e Aldaniano por Salop (1983).

De qualquer maneira, as altas condições metamórficas alcançadas pelos segmentos a norte de Bom Jesus da Penha têm de ser explicadas por algum tipo de envolvimento tectônico entre parte do bloco cratônico e o cinturão móvel. Provavelmente este último tenha cavalgado sobre o substrato síalico e imposto sobre o cinturão vulcano-sedimentar forte pressão confinante.

Há evidências de que os falhamentos desenvolvidos na borda do cratón possuíram baixo ângulo e propiciaram

assim o embricamento de fatias crustais e conseqüente desenvolvimento de faixas de metamorfismo de alta pressão. As rochas com cianita e hornblenda poderiam ter o mesmo significado genético que os xistos azuis. As altas temperaturas alcançadas pelas rochas de Bom Jesus da Penha poderiam ser explicadas por *thermal relaxation* seguido por cavalgamento de fatias crustais, desenvolvidas durante o Arqueano ou Proterozóico Inferior.

Agradecimentos À Diretoria de Exploração, pela forma intensa como tem incentivado a divulgação técnico-científica. Ao colega Sérgio Luiz Martini, pelas inúmeras sugestões e seu firme posicionamento contrário a muitas das idéias aqui apresentadas. Aos componentes do Setor de Desenho da BP Mineração particularmente Claudemiro da Silva Barabani, pela paciência e dedicação na elaboração das figuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de - s.d. - O Cratón do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In: SIMPÓSIO DO CRATÓN DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS. Salvador, 1979. SBG, Núcleo Salvador. (inédito).
- ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; DAVINO, A.; HARALYI, N.L.E. - 1980 - Informações geofísicas sobre o oeste mineiro e seu significado geotectônico. *An. Acad. bras. ciênc.*, 52(1):49-60.
- ANHAEUSER, G.R. - 1983 - *The geology of the schapenburg greenstone remnant and surrounding archaean granitic terrane south of Badplass, eastern Transvaal*. Geological Society of Africa. p. 31-44. (Spec. Public., 9).
- CARVALHO, S.G. de; CHOUDHURI, A.; FIORI, A.P.; OLIVEIRA, M.A.F. de; SOARES, P.C. - 1982 - Paragênese e possível origem dos xistos básicos e ultrabásicos em Fortaleza de Minas e arredores. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG, v. 2, p. 641-647.
- CHENEY, J.T. - 1985 - *Review of petrographic and whole rock chemical data for the O'Toole Sequence of Fortaleza de Minas*. Rio de Janeiro, BP Mineração. 6p. (Relatório interno).
- CHOUDHURI, A.; SZABÓ, G.J.A.; EBERT, H.D. - 1982 - Feições estruturais e texturais dos derrames ultramáficos a norte e nordeste de Petúnia, sul de Minas Gerais. *Ciências da Terra*, (7):18-20.
- GRIFFON, J.C. & RITCHER, H. - 1976 - Geologia, mineração e tratamento de minério de níquel do Morro do Níquel, MG. *Geol. e Metal.*, 40:387-405.
- MARCHETTO, C.M.L.; BRENNER, T.L.; FRANKE, N.D.; CHENEY, J.T.; TEIXEIRA, N.A.; MOREIRA, A.F.; PIMENTEL, R.C.; GALLO, C.B.M. - 1984 - Geologia e petrografia do segmento do Greenstone Belt Morro do Ferro a sul de Fortaleza de Minas. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Resumos...* Rio de Janeiro, SBG. p. 149.
- MORAES, L.J. - 1935 - *Níquel do Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM. 169 p. (Boletim 9).
- MORALES, N.; CARVALHO, S.G.; CHOUDHURI, A.; FIORI, A.P.; OLIVEIRA, M.A.F.; RODRIGUES, M.F.B.; SOARES, P.C.; ZARARDO, A. - 1983 - Geologia das folhas de Fortaleza de Minas, Alpinópolis, Jacuí e Nova Resende. In: SIMP. DE GEOL. DE MINAS GERAIS, 2, Belo Horizonte, 1983. *Atas...* Belo Horizonte, SBG, Bol. 3, p. 411-422.
- NESBITT, R.W.; SUN, S.S.; PURVIS, A.C. - 1979 - Komatiites: geochemistry and genesis. *Canadian Mineral.*, 17:165-186.
- SALOP, L.J. - 1983 - *Geological evolution of the earth during the precambrian*. New York, Springer-Verlag.
- SATIVANES, A.O. - 1965 - As coberturas serpentinas níquelíferas do Morro do Níquel em Pratápolis, Minas Gerais. *Engenharia Mineração e Metalurgia*, 42(248):61-64.
- SCHMIDT, W. - 1983 - *Die Geologie der Araxá Gruppe in Sudwest Minas Gerais, Brasilien unter besonderer berucksichtigung des Grunsteingurtels von Fortaleza de Minas*. Freiburg 134 p. (Tese de Doutorado, Universidade de Freiburg).
- SPRAY, J.G. - 1985 - Dynamothermal transition zone between archaean greenstone and granitoid gneiss at Lake Dundas, Western Australia. *J. of Structural Geology*, 7(2):187-203.
- TEIXEIRA, N.A. - 1978 - *Geologia, petrologia e prospecção geoquímica da sequência vulcano-sedimentar Morro do Ferro, Fortaleza de Minas (MG)*. Brasília. 202 p. (Dissertação de Mestrado, Departamento de Geociências da Universidade de Brasília).
- TEIXEIRA, N.A. & DANNI, J.C.M. - 1979 - Petrologia das lavas ultrabásicas e básicas da sequência vulcano-sedimentar Morro do Ferro, Fortaleza de Minas (MG). *Rev. Bras. Geoc.* 9(2):151-158.
- TEIXEIRA, N.A.; MARCHETTO, C.M.L.; CHENEY, J.T.; DAL-COMO, M.T.; MARTINI, S.L.; MATSUI, J. - 1984 - Considerações petrológicas e implicações geotectônicas do Greenstone Belt Morro do Ferro. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, Rio de Janeiro, 1984. *Resumos...* Rio de Janeiro, SBG. p. 150.
- WINDLEY, B.F. & BRIDGWATER, D. - 1971 - *The evolution of archaean low and high-grade terrains*. Geological Society of Australia. (Spec. Public., 3).

MANUSCRITO 373

Recebido em 11 de julho de 1986

Revisão aceita em 23 de outubro de 1986