

syms = 0842665

ROTEIRO DE EXCURSÃO

Volume 9

Quadrilátero Ferrífero e Espinhaço
Meridional, Johann Hans Daniel Schorscher

Roteiros das Excursões do
37º Congresso Brasileiro de Geologia

558.106
C749
37.r
v.9

1992, 9 a 15 de dezembro de 1992

CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA



USP-IGc

MONOGRAFIAS

ROTEIRO DE EXCURSÕES DO 37. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, SÃO PAULO, 9-15 DE D



10157

QUADRILÁTERO FERRÍFERO E ESPINHAÇO MERIDIONAL*

Johann Hans Daniel Schorscher*



*Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 20.899, CEP 01498-970, São Paulo, SP, Brasil.

*Este texto é uma reimpressão do Roteiro de Excursão já apresentado no III Congresso Brasileiro de Geoquímica e I Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, 1991, São Paulo, SP, Brasil.

QUADRILÁTERO FERRÍFERO E ESPINHAÇO MERIDIONAL

J.H.D.Schorscher

INTRODUÇÃO

A região da excursão situa-se na borda SE do Cráton São Francisco no Brasil Oriental, Estado de Minas Gerais (Fig. 1). É constituída de rochas arqueanas e proterozóicas, incluindo partes meridionais da Serra do Espinhaço, o Quadrilátero Ferrífero, a Bacia do São Francisco e terrenos de gnaisses polimetamórficos de alto grau, adjacentes, a leste da cordilheira (Fig. 2). Estas são áreas clássicas da geologia precambriana do Brasil, estudadas continuamente há cerca de 200 anos e, mesmo assim, ainda não completamente conhecidas.

A região da excursão abrange a principal província mineral do Brasil em plena atividade. Durante a época colonial, a produção de ouro do Quadrilátero Ferrífero financiou substancialmente a expansão global do Império Português, e as cidades históricas, então ricas, promoveram o desenvolvimento das famosas obras de arte e arquitetura do Barroco Mineiro, a exemplo de Congonhas do Campo, Mariana e Ouro Preto, esta última hoje tombada como Patrimônio Cultural da Humanidade.

Minérios de ferro, ouro e diamantes são atualmente os principais produtos minerais. A província abriga ainda ocorrências e jazidas de Mn, Cr, Pt, U, Al, Sb, Hg, W, minerais-gemas (esmeraldas, topázio, alexandrita, águas-marinhas, entre outros) e minerais industriais não metálicos (mica, quartzo, feldspato/caulim, cianita, pirofilita, asbesto, rocha magnesiana, entre outros). Entretanto, foi a produção industrial regional de minério de ferro que beneficiou praticamente toda a região, com a implantação de novas infraestruturas de transportes, econômicas, culturais e administrativas.

Durante a excursão, serão abordados os aspectos fundamentais da evolução crustal regional (petrogenéticos, metalogenéticos e geotectônicos, arqueanos a fanerozóicos) e serão visitados alguns dos principais sítios históricos-culturais do Quadrilátero Ferrífero.

GEOLOGIA REGIONAL

A margem SE do Cráton do São Francisco constituiu-se num bloco continental siálico no final do arqueano. Posteriormente, sofreu retrabalhamentos consecutivos pelo desenvolvimento proterozóico de faixas móveis periféricas e a deposição de coberturas intracratônicas (Fig. 1) (ALMEIDA 1967, 1977, ALMEIDA & HASUI 1984, PFLUG 1965a, b, 1967, PFLUG & RENGER 1973, SCHORSCHER 1975a, 1976a, 1978, SCHORSCHER *et al.* 1982, INDA *et al.* 1984).

A constituição fundamental é representada pelo complexo arqueano "granito-greenstone belt" contínuo por toda a área. As coberturas proterozóicas pertencem aos SGrs. Minas, Espinhaço e São Francisco (Figs. 2 e 3).

Arqueano

Nos terrenos de rochas *s.l.* graníticas arqueanas, distinguem-se conjuntos TTG e os granitóides Borrachudos (Fig. 3).

Os primeiros predominam. São associações de gnaisses, migmatitos e granitóides (intrusivos em corpos menores) de composições tonalíticas, trondjemíticas e granodioríticas. De terrenos deste tipo, foram descritas (em outras partes do mundo) as rochas mais antigas da crosta terrestre.

Na região da excursão, os contatos dos complexos TTG com as seqüências supracrustais *greenstone belt* são tectônicos por soerguimentos de portes desconhecidos e erosão dos complexos TTG. Estes processos obliteraram as configurações estratigráfico-estruturais originais e os padrões de idades radiométricas. Ainda assim, os complexos TTG são considerados mais antigos, embasamentais, em relação às seqüências *greenstone belt*.

Nos terrenos TTG foram encontrados núcleos granulíticos raros e restritos, ultramáficos e ácidos, além de corpos

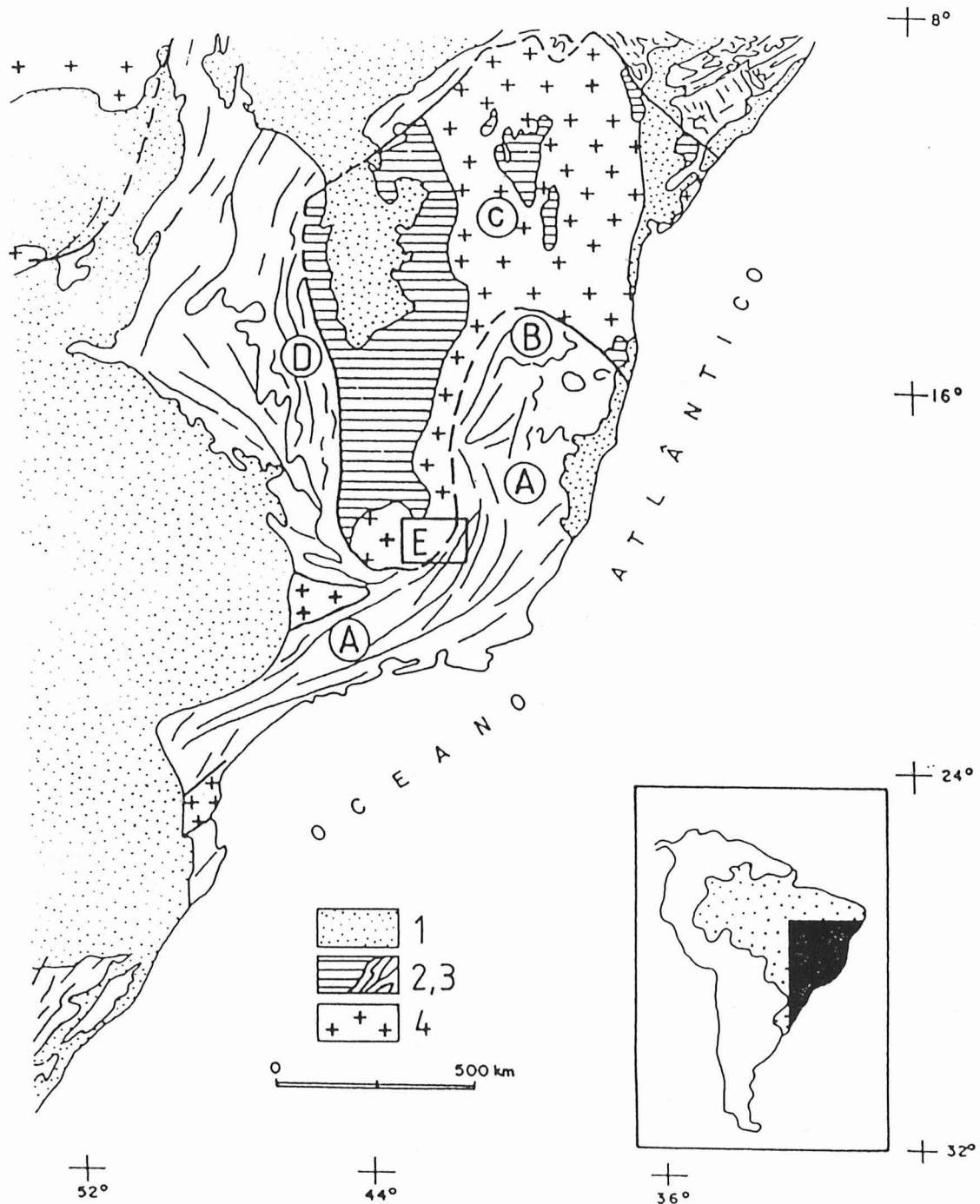


Figura 1 - A área da excursão (E) no quadro geotectônico do Brasil Oriental. 1 - Coberturas fanerozóicas; 2 - Coberturas intracratônicas (SGr. São Francisco) e 3 - faixas móveis: Ribeira (A); Araçuaí (B); Brasília (D), correlacionadas ao Ciclo Brasiliano (Proterozóico Superior); 4 - Crátons pré-Brasilianos: Cráton do São Francisco (C); (modificado de SCHOBENHAUS & CAMPOS 1984).

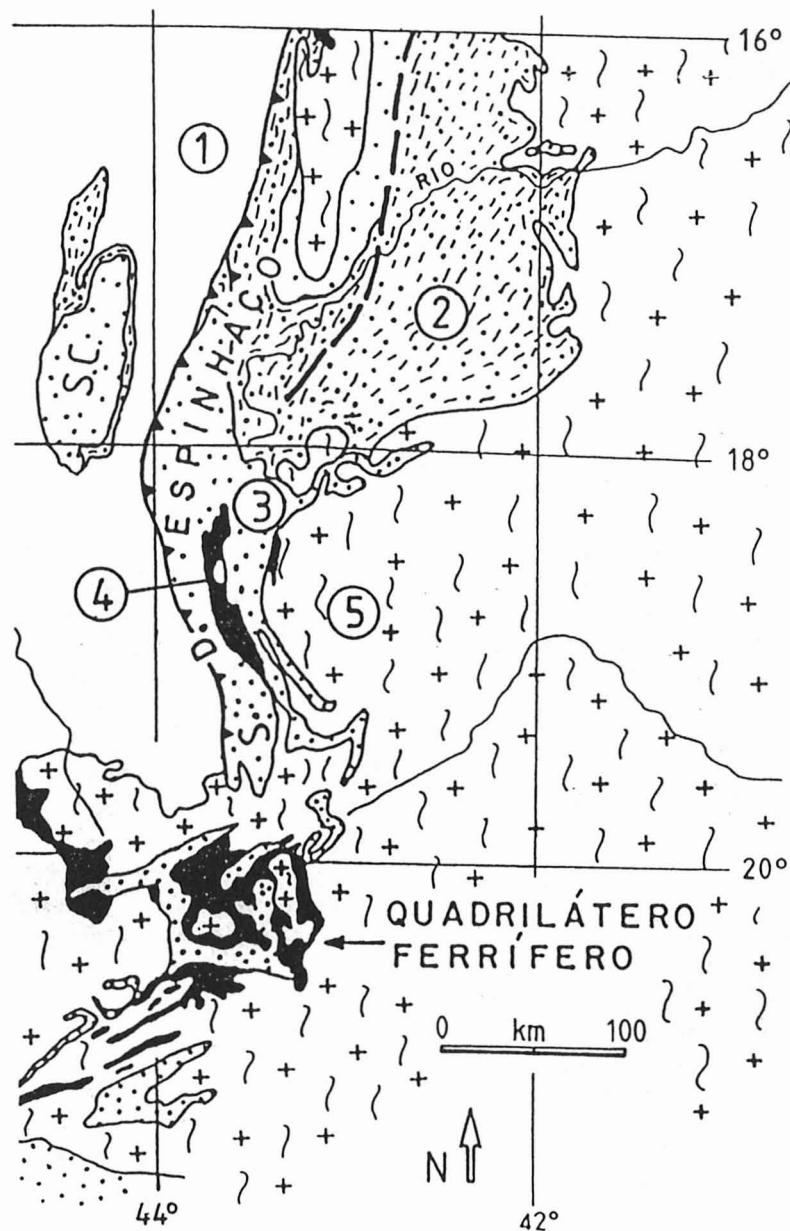


Figura 2 - Esboço geológico da borda SE do Cráton do São Francisco. (1) - Coberturas intracratônicas sedimentares do Proterozóico Superior, Gr. Bambuí/SGr. São Francisco; (2) - Gr. Macaúbas/SGr. São Francisco, a W, e séries metamórficas da faixa Araçuaí, na região ENE; (3) - Coberturas metassedimentares do Proterozóico Médio e Inferior: SGrs. Espinhaço e Minas nas serras do Cabral (S.C.), Espinhaço e no Quadrilátero Ferrífero, e Grs. São João Del Rei e Andrelândia a S do Quadrilátero Ferrífero; (4) - Seqüências vulcânicas e sedimentares (*greenstone belts*) arqueanas; (5) - Terrenos graníticos-migmatíticos arqueanos e proterozóicos, policíclicos; incluem granulitos e unidades supracrustais, metamórficas (modificado de INDA *et al.* 1984).

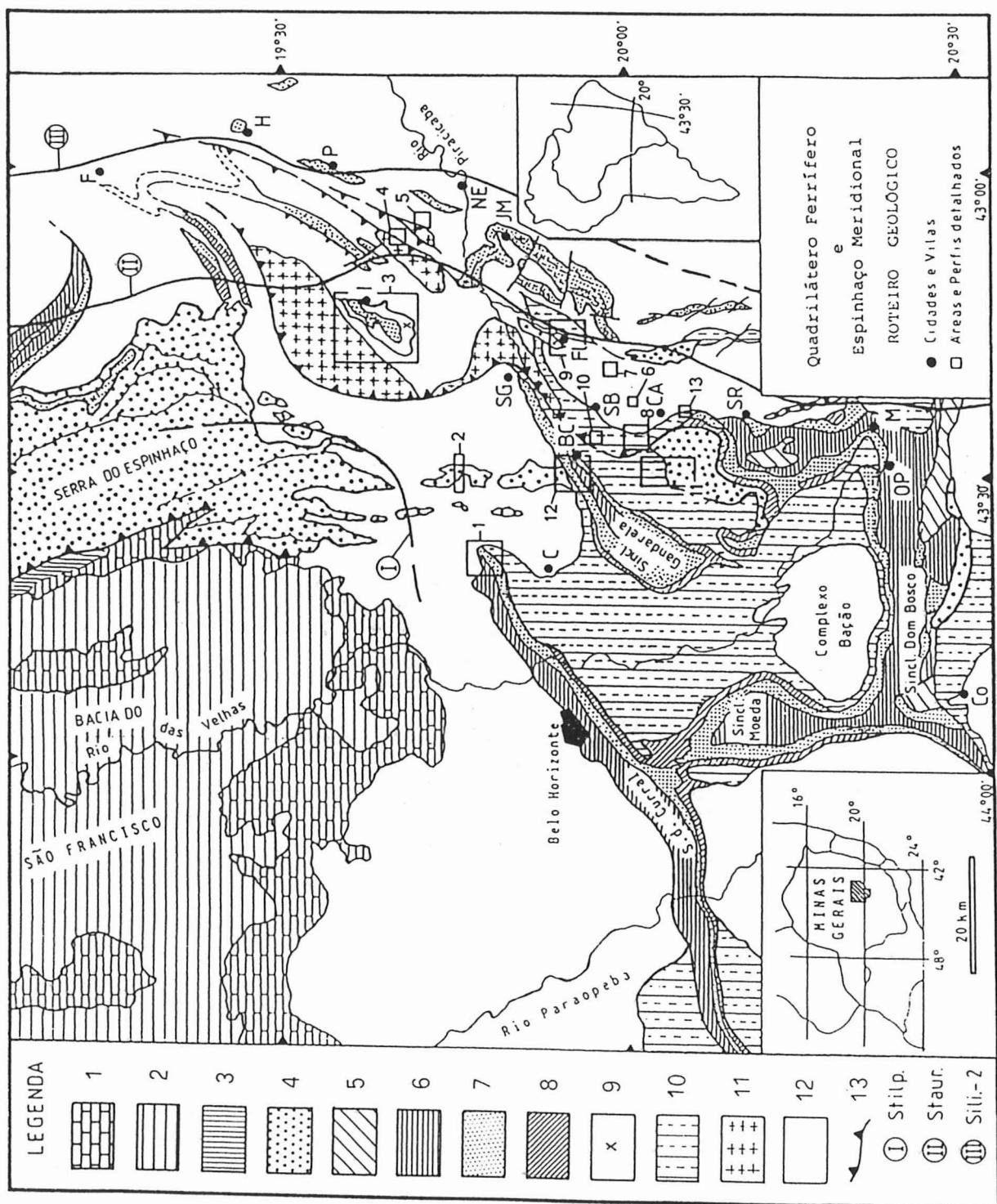


Figura 3 - Mapa geológico esquemático da região da excursão: Serra do Espinhaço meridional, Quadrilátero Ferrífero e regiões adjacentes (modificado de SCHORSCHER 1988 e SCHORSCHER *et al.* 1982).

Legenda: 1 - rochas carbonáticas e 2 - pelíticas e metapelíticas, Gr. Bambuí; 3 - metagrauvacas, metasiltitos e ritmitos, Gr. Macaúbas (1-3: SGr. São Francisco); 4 - quartzitos e metaconglomerados (SGr. Espinhaço); 5 - quartzitos e metaconglomerados, Gr. Itacolomi; 6 - quartzitos, filitos, metagrauvacas, Gr. Piracicaba; 7 - itabiritos e rochas carbonáticas, Gr. Itabira; 8 - quartzitos, metaconglomerados e xistos, Gr. Caraça; 9 - xistos maficos e pelíticos, Seqüência de Xistos Verdes (5-9: SGr. Minas); 10 - seqüência vulcana-sedimentar do *greenstone belt* - Rio das Velhas (SGr. Rio das Velhas); 11 - granitóides Borrachudos; 12 - terrenos graníticos-migmatíticos arqueanos e proterozóicos policíclicos; incluem para-gnaisses e restos de seqüências vulcana-sedimentares; 13 - falhas de empurrão; zonas metamórficas: I - limite superior de estabilidade do estilpnomelano; II - aparecimento da estaurolita; III - aparecimento de sillimanita + feldspato potássico.

Áreas e perfis detalhados: 1 - Santuário da Piedade; 2 - SGr. Espinhaço; 3 - Distrito Ferrífero de Itabira; 4 - Mina de Esmeraldas Belmont; 5 - Garimpo de Esmeraldas Capoeirana; 6 e 7 - Domo TTG de Santa Bárbara; 8 - Vale do Córrego Quebra Osso e Serra da Boa Vista; 9 - Distrito de Florália; 10 - Mina São Bento; 11 - Perfil da Serra/Colégio do Caraça; 12 - Perfil do Sinclinal Gandarela - Serra das Cambotas; 13 - Garimpo de ouro do Morro da Água Quente.

Cidades e Vilas: BC - Barão de Cocais; C - Caeté; CA - Catas Altas; Co - Congonhas; F - Ferros; Fl - Florália; H - Hematita; I - Itabira; JM - João Monlevade; M - Mariana; NE - Nova Era; OP - Ouro Preto; P - Piçarrão; SB - Santa Bárbara; SG - São Gonçalo do Rio Abaixo; SR - Santa Rita Durão.

esporádicos de anfíbolitos básicos e ultramáficos polimetamórficos (retrometamorfizados a partir do grau alto). ROESER (1977) apresentou dados geoquímicos de anfíbolitos básicos, polimetamórficos da região SE do Quadrilátero Ferrífero, atribuindo-lhe origens toleíticas.

Os granítóides Borrachudos, assim denominados por DORR & BARBOSA (1963), são rochas arqueanas tardias da evolução regional "granito - greenstone belt" (Fig. 3). Têm composições de álcali-feldspato granitos, ricos em elementos incompatíveis. Dados geoquímicos dos granítóides Borrachudos, em comparação às rochas TTG e equivalentes, retrabalhados com feldspatização potássica, encontram-se na Tabela 1.

A principal seqüência vulcano-sedimentar é representada pelo SGr. Rio das Velhas (Tabela 2, Fig. 3) (SCHORSCHER 1976a, 1979), que hospeda as mais importantes jazidas de ouro de Minas Gerais. Regionalmente, ocorrem outras mais ou menos bem conservadas e confirmadas, a exemplo do SGr. Rio Paraúna (FOGAÇA *et al.* 1984) e das seqüências vulcano-sedimentares de Serro (UHLEIN 1982, UHLEIN *et al.* 1983) a N, e de Conselheiro Lafaiete a Lavras (PIRES 1977, 1979), a SW da região da excursão (Figs. 2 e 3) (INDA *et al.* 1984). Estas também hospedam mineralizações de ouro.

Na região da excursão ocorrem ainda restos de erosão menores de associações vulcano-sedimentares de metamorfismo mais elevado, por exemplo, na região de Itabira, Nova Era e os "gneisses Monlevade" (REEVES 1966). Estes, por analogias litológicas e estruturais, poderiam representar continuações do *greenstone belt* Rio das Velhas, mais fortemente afetados pelo principal evento metamórfico regional progressivo proterozóico.

Proterozóico e Fanerozóico

Os conjuntos metassedimentares proterozóicos incluem os SGrs. Minas, Espinhaço e a Seqüência da Serra da Boa Vista. O SGr. Minas é constituído por rochas típicas do Proterozóico Inferior (Tabela 3) e inclui, com os itabiritos do Gr. Itabira, a principal reserva de ferro da região sudeste do Brasil, além de importantes jazidas de ouro (FREYBERG 1934, MORAES & BARBOSA 1939, DORR 1969, 1973, LADEIRA 1988). As estruturas ferríferas regionais conferiram o nome ao Quadrilátero Ferrífero (Fig. 3).

A idade do SGr. Espinhaço é menos definida. Alguns autores atribuem-na ao Proterozóico Inferior, como base ou equivalente lateral de fácies penecontemporânea do SGr. Minas (HARDER & CHAMBERLIN 1915, DORR 1969, PFLUG 1965a, b, 1968, PFLUG & RENGER 1973, INDA *et al.* 1984); outros preferem uma idade do Proterozóico Médio (DERBY 1906, ALMEIDA 1977, BRITO NEVES *et al.* 1979, MACHADO *et al.* 1989b), posterior, e ainda outros, uma idade anterior ao SGr. Minas (SIMMONS & MAXWELL 1961, LOCZY & LADEIRA 1976, COSTA & ROMANO 1976). O SGr. Espinhaço é famoso pelos metaconglomerados diamantíferos da Fm. Sopa Brumadinho (Tabela 4).

A Seqüência da Serra da Boa Vista inclui mineralizações de ouro e representa uma variação de fácies, regionalmente restrita, do SGr. Espinhaço (Tabela 5) (LUCHESSI & SCHORSCHER 1990, LUCHESSI 1991).

Os contatos entre os SGrs. Minas e Espinhaço são sempre tectônicos, com o SGr. Minas empurrado sobre o SGr. Espinhaço. Para explicar estas relações foram propostos modelos tectônicos autóctones e alóctones (DORR 1969, LADEIRA 1980, LADEIRA & VIVEIROS 1984, SCHORSCHER 1975a, 1976a, b, 1980a, b, 1988, SCHORSCHER *et al.* 1982, PERICÓN & QUEMENEUR 1982, INDA *et al.* 1984; entre outros).

O SGr. São Francisco (SCHÖLL 1972, PFLUG & REUGER 1973, HETTICH 1977, INDA *et al.* 1984, KARFUNKEL *et al.* 1985, KARFUNKEL & HOPPE 1987, ALKMIM *et al.* 1989, entre outros) tem idades de sedimentação do Proterozóico Superior, com o início possivelmente no Proterozóico Médio. Subdivide-se em dois grupos: Macaúbas e Bambuí. O primeiro jaz com discordância erosiva e localmente angular e metamórfica sobre o Gr. Espinhaço, e inclui, na parte basal, depósitos glaciais. O Macaúbas grada, a leste da Serra do Espinhaço, para as séries metamórficas da faixa dobrada Araçuaí (Fig. 2). Para W, interdigita-se lateral e verticalmente com metassedimentos clásticos e carbonáticos, com estromatólitos (MOERI 1972, CLOUD & DARDEENNE 1973) do Gr. Bambuí. Estes recobrem as partes internas do Cráton do São Francisco (Figs. 1 e 2). Os contatos entre os SGrs. São Francisco e Espinhaço na parte meridional da Serra são tectônicos, por empurrão do SGr. Espinhaço, para W, sobre o SGr. São Francisco (Figs. 2 e 3).

Rochas metabásicas, originalmente descritas como "anfíbolitos diabasóides" (GUIMARÃES 1933), ocorrem por toda área num enxame de diques muito numerosos e cortam o embasamento arqueano e o SGr. Espinhaço. São rochas progressivamente metamórficas e deformadas pelo último evento regional proterozóico. Os "anfíbolitos diabasóides" não foram encontrados intrusivos, nem nas unidades do SGr. Minas, nem no SGr. São Francisco.

Um segundo grupo de rochas metabásicas forma um enxame de diques igualmente regional, apenas menos numeroso. São toleítos continentais, intrusivos abissais, de granulação grossa, textura ofítica a subofítica, mineralogicamente caracterizados pela associação ortopiroxênio + pigeonita. Estas rochas evidenciam termometamorfismo não acompanhado de deformação: coronitização complexa, variável, com anfibólio e granada, entre outros (SCHORSCHER 1975a, 1988).

M.E.	A (39) Na ₂ O/ K ₂ O > 1,50	B (43) Na ₂ O/ K ₂ O 1,50-0,75	C (15) Na ₂ O/ K ₂ O ≤ 0,75	BG (46)
SiO ₂	72,08	71,99	71,71	75,04
TiO ₂	0,34	0,28	0,32	0,18
Al ₂ O ₃	15,67	14,20	13,86	12,30
Fe ₂ O ₃ Tot.	2,52	1,48	2,61	2,27
MnO	0,04	0,03	0,04	0,03
MgO	0,87	0,68	0,74	0,12
CaO	2,35	1,34	0,92	0,31
Na ₂ O	4,88	3,89	3,00	3,27
K ₂ O	2,13	3,92	5,22	5,23
F	0,09	0,05	0,09	0,16

T.E.(ppm)	A (39)	B (43)	C (15)	BG (46)
Ba	499	827	790	346
Rb	96	161	241	297
Sr	394	256	155	42,6
Pb	24,3	36,2	38	48,3
Th	9,1	23,5	33,1	44,1
U	2,7	7,6	8,3	5,0
Nb	13,9	16,3	18,7	66,4
La	34,3	46,6	49,5	214
Ce	68,3	64,2	97	278
Y	23,7	35	31	156
Zr	154,4	160,5	183	424
V	43,5	30,5	28,7	8,1
Cr	10,6	10,3	13,3	<5
Ni	22,3	15,5	9,9	5,4
Co	60,5	62	48	66,3
Cu	11,3	9,9	7,2	9,2
Li	37 *	41,4 *	25 *	13,7 *
Cs	n.a.	n.a.	n.a.	2,0 *

Ratios				
Na ₂ O/K ₂ O	2,29	0,99	0,57	0,62
K/Rb	184	202	180	146
K/Ba	35	39	55	125
K/Sr	45	127	280	1019
Rb/Sr	0,24	0,63	1,55	6,97

Tabela 1 - Dados geoquímicos de rochas *s.l.* graníticas arqueanas; elementos maiores (M.E.) em % em peso e elementos traços (T.E.) em ppm, por grupos:

A - rochas TTG típicas; B e C - rochas TTG retrabalhadas com feldspatização potássica progressiva; BG - granitóides Borrachudos.

Número de análises por grupo entre parênteses (..); os dados com * para Li e Cs são médias de 8 análises; n.a. = não analisado (SCHORSCHER 1988).

SUPER- GRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIA	AMBIENTE DEPO- SICIONAL	ESPESSURA APROX EM METROS
CINTURÃO DE ROCHAS VERDES ('GREENSTONE BELT') RIO DAS VELHAS	MAQUINÉ	CASA FORTE	QUARTZITOS MACIOS E XISTOSOS SERICÍTICOS E CLORÍTICOS COM NÍVEIS INTERCALADOS DE SERÍCITA E CLORITA-XISTOS E FILITOS. QUARTZITOS, EM PARTE CLORÍTICOS E SERÍCITICOS COM LENTES DE CONGLOMERADOS INTRAFORMACIONAIS MONO- E POLIMÍTICOS (SEIXOS DE 'METACHERT', BF-FÁCIES CARBONÁTICA, QUARTZO DE VEIO, QUARTZITO, XISTOS, FILITOS, METAMÁFICAS E (?) METAUTRAMÁFICAS) COM PIRITAS DETRÍTICAS E ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA DE PORTA DECÍMETRICO	DEPÓSITOS TIPO MOLASSA	>600
	PALMITAL		SERÍCITA-QUARTZO-XISTOS E FILITOS COM MÍCAS VERDES (CROMIFERAS) ÀS VÉZES GRAFITOSOS E SUBORDINADAMENTE COM PIRITA E MAGNETITA LENTES DE QUARTZITOS E GRAUVAÇAS		~600 A AUSENTE ~1400 MÁX
NOVA LIMA	INDIVISO	LOCAL	FILITOS EM GRANDE PARTE CLORÍTICOS, CLORITA-XISTOS, SERÍCITA-XISTOS, METAPILITOS EM GERAL, METAGRAUVAÇAS MÁFICAS, METAMÁFICAS DE ORIGEM VULCÂNICA E SUB-VULCÂNICA, METAUTRAMÁFICAS, INTERCALAÇÕES DE FORMAÇÕES FERRÍFERAS (BIF. TIPO 'ALGOMA') DE FÁCIES CARBONÁTICA, SULFETADA, OXÍDICA E SILICÁTICA, FORMAÇÕES MANGANESE-FERAS, 'METACHERT', FERRUGINOSO, XISTOS GRAFITOSOS, DOLOMITOS, QUARTZITOS RAROS CONGLOMERADOS BIMODAIS COM SEIXOS E BLOCOS DE FORMAÇÃO FERRÍFERA EM MATRIZ METAPELÍTICA. ESTRUTURAS DE DEFORMAÇÃO GRAVITACIONAL ('SLUMPING' E 'SLIDING')	PREDOMINAM COM DICÕES DE ÁGUAS PROFUNDAS, DEPÓSITOS TIPO 'PLISCH', SEDIMENTOS QUÍMICOS E ATIVIDADES VULCÂNICA E PÓS-VULCÂNICA (HORO-TERMAL-EXALATIVA) SUBAQUÁTICA	>4000
QUEBRA OSSO	INDIVISO		ULTRAMÁFICAS (KOMATITOS PERIDÓTICOS) A MÁFICAS EFUSIVAS E COM TEXTURAS MACICAS METAMÓRIFICAS (F. XISTOS VERDES MÉDIO A ANFIBOLITO INFERIOR) C/ RARAS INTERCALAÇÕES DE FORMAÇÕES FERRÍFERAS (BIF TIPO 'ALGOMA') E 'METACHERT' PREDOMINAM DERRAMES MACICOS COM DISJUNÇÃO POLIEDRAL, 'GURLANDAS' DE 'SPINIFEX' E BRECHACÃO NAS PARTES BASAL E TOPO, ELAVAS BRECHADAS OCORREM LAVAS ALMofADADAS, 'SPINIFEX' E ROCHAS ULTRAMÁFICAS PIROCLÁSTICAS E AFANÍTICAS (EX-HIALINAS ?)	VULCANISMO ULTRAMÁFICO A MÁFICO SUBAQUÁTICO	>600 MÁX
CONTATO BASAL (?) TECTÔNICO COM AS LITOLOGIAS DO COMPLEXO MIGMATITO GRANULÍTICO DE MINAS GERAIS					

Tabela 2 - Coluna estratigráfica simplificada e litologias principais do SGr. Rio das Velhas seg. Schorscher com dados de DORR (1969) e LADEIRA (1980); (INDA *et al.* 1984).

A		MINAS									
GRANULITICO DE MG		INDIFFERENCIA DO					INDIFFERENCIA DO				
GRANULITICO DE MG		PARAGNAISES					SEDO DE				
LITOLOGIA	AMBIENTE DEPO- SICIONAL	PIRA CICABA	FECHO DO FUNDI	RELA -DINHO	CERCA -DINHO	ITABIRIA	CARAC A	INDIFEREN -CIAO	INDIFEREN -CIAO	INDIFEREN -CIAO	INDIFEREN -CIAO
SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	ITACOLOMI	TABOES	BARREIRO	SABA RA	INDIFE -CIAO	ITABIRIA	INDIFEREN -CIAO	INDIFEREN -CIAO	INDIFEREN -CIAO	INDIFEREN -CIAO
GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO
GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG

B		MINAS									
COMPLEXO MIGMATITO		INDIFFERENCIA DO					INDIFFERENCIA DO				
COMPLEXO MIGMATITO		PARAGNAISES					SEDO DE				
LITOLOGIA	AMBIENTE DEPO- SICIONAL	PIRA CICABA	FECHO DO FUNDI	RELA -DINHO	CERCA -DINHO	ITABIRIA	CARAC A	INDIFEREN -CIAO	INDIFEREN -CIAO	INDIFEREN -CIAO	INDIFEREN -CIAO
SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO	SUPER- GRUPO
GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO
GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG	GRANULITICO DE MG

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

田 COM PIRITAS DETRITICAS.

田 COM BRECHAS INTRAFORMACIONAIS

Tabela 3 - Colunas estratigráficas simplificadas e litologias principais do SGr. Minas: A - no Quadrilátero Ferrífero, see- Dorr (1969) com modificações; B - no Distrito Ferrífero de Itabira, seg. SCHORSCHER (1975a) e SCHORSCHER & GUTMARAES (1976); (INDA *et al.* 1984).

Tabela 4 - Coluna estratigráfica simplificada e litologias principais do SGr. Espinhaço: A - na região de Diamantina, seg. PFFLUG (1968); B - das extremidades meridionais da Serra do Espinhaço (Serra do Cipó), seg. SCHORSCHER (1975a) (modificado de: INDA *et al.* 1984).

UNIDADE		LITOLOGIA	AMBIENTE DEPOSICIONAL	ESPESSURA
S E Q U E N C I	Quartzitos Serra da Boa Vista	Quartzitos puros brancos, quartzitos microconglomeráticos \pm sericíticos, quartzitos ferruginosos, quartzo-mica-xistos. Níveis com estratificação cruzada decimétrica. Níveis filíticos mais freqüentes na porção sul da Serra da Boa Vista.	Subaquático Raso	~ 300m
A S E R R A	Metaconglomerados E/W	Metaconglomerado W em lentes descontínuas com estratificação gradacional normal; metaconglomerado E em nível contínuo. Seixos de metachert, matriz quartzo-sericita-moscovita. Pírita localmente abundante, detritica. Minerais pesados: rutilo e zircão.	Braided Alluvium	W: Ausente a 60m E: 20 a 80m
D A	Unidade Aurífera da Mina Quebra Osso	Quartzitos micáceos, quartzo-mica-xistos, filitos com intercalações centimétricas de metachert e BIF's pobres; presença de pírita abundante em parte oxidata, grafita e fuchsite; unidade descontínua.	Distal, Redutor	Máximo: 30m
B O A V I	Metaconglomerado Basal	Metaconglomerado lenticular, descontínuo; seixos de metachert; matriz quartzo-sericita, localmente com fuchsite. Presença de pírita. Aspecto milonítico.	Fan Aluvial	Ausente a ~ 10m
S T A	Quartzito/ Filonitos do Contato	Quartzito, quartzito sacaroidal e ferruginoso \pm micáceo; descontínuos no contato W; equivalentes a filonitos no contato E.	Proximal e Distal	0,5-8m
Contato tectonizado com Grupo Quebra Osso na porção W e contato tectônico por falha de empurrão inversa, de alto ângulo, na porção E.				

Tabela 5 - Coluna estratigráfica simplificada e litologias principais da Seqüência da Serra da Boa Vista (Proterozóico Inferior) na parte leste do Quadrilátero Ferrífero, seg. LUCHESI & SCHORSCHER (1990), LUCHESI (1991).

No Fanerozóico, ocorreu uma fase de magmatismo basáltico, produzindo rochas com tendências alcalinas, potássicas, em corpos subvulcânicos rasos. Estes associam-se aos basaltos termometamórficos nas mesmas fraturas regionais. Dados geoquímicos dos diversos grupos de rochas maficas encontram-se na Tabela 6.

Os processos petrogenéticos mais recentes incluíram a formação de pequenas bacias sedimentares, no Terciário (Fonseca e Gandarela no Quadrilátero Ferrífero), e de produtos de intemperismo laterítico, incluindo depósitos de bauxita (DORR 1969, INDA *et al.* 1984, VARAJÃO *et al.* 1989).

Evolução geotectônica e metamórfica regional

- O evento mais antigo inclui processos metamórficos regionais de alto grau e magmáticos, que constituíram os terrenos TTG arqueanos;

- seguiu-se a evolução do *greenstone belt* Rio das Velhas com deformação tectônica específica, granitogênese metassomática (granitóides Borrachudos), mas sem evidenciar metamorfismo próprio da evolução arqueana. Se tal evento ocorreu, deve ter sido extinto pelo principal evento metamórfico regional proterozóico, posterior;

- a bacia de deposição do SGr. Espinhaço, formada no Proterozóico Inferior, foi afetada pela intrusão das rochas básicas originais dos "anfibolitos diabasóides" em estágios sinsedimentares tardios;

- inexistem evidências sobre a área de deposição exata do SGr. Minas a leste da Serra do Espinhaço ou de um evento metamórfico próprio, distinto daquele do SGr. Espinhaço. A tectônica de nappes das estruturas Minas do Quadrilátero Ferrífero ocorreu posteriormente às intrusões básicas e à erosão parcial do SGr. Espinhaço, em estágio pré a sinmetamórfico do evento regional principal;

- o principal evento metamórfico regional, dínamo-termal proterozóico, afetou toda a região (inclusive os SGrs. Minas, Espinhaço e as intrusivas básicas), com características plurifaciais e intensidades crescentes de W para E (evento Minas/Espinhaço). As condições P-T variaram sistematicamente desde a fácie xisto verde inferior até anfibolito superior/hidrogranulito, com progressão rápida na parte centro-leste da região (Fig. 3). Nas partes central e W, os efeitos metamórficos foram apenas fracos e parcialmente obliterados por processos termais posteriores, que causaram metamorfismo de contato nas mais diversas litologias. Nas rochas *s.l.* graníticas arqueanas, o evento Minas/Espinhaço causou desde retrometamorfismo a remigmatização e efeitos de potassificação metassomática;

- a deposição do SGr. São Francisco, a W da cordilheira Espinhaço, foi posterior às intrusões básicas. Seu metamorfismo mostra também intensidades crescentes em direção geral E-SE (por exemplo, SCHÖLL 1972, 1973a, b);

- ao evento regional Minas/Espinhaço, seguiu-se tectônica distensional e a intrusão de toleitos continentais abissais. Estes foram localmente termometamorfizados sem evidências de deformação. O termometamorfismo e os rejuvenescimentos radiométricos das rochas graníticas regionais associadas são atribuídos a estágios finais do Ciclo Brasiliano;

- no Fanerozóico, ocorreram a reativação das fraturas precambrianas e magmatismo basáltico associado, como reflexos intracontinentais dos movimentos de placas relacionados à abertura do Oceano Atlântico moderno.

Os estudos de datações radiométricas principais sobre a região devem-se a HERZ (1970, 1978), BRITO NEVES *et al.* (1979), CORDANI *et al.* (1980, 1985), TEIXEIRA (1982, 1985), PARENTI COUTO *et al.* (1983), THORPE *et al.* (1984), SIGA Jr. (1986), SIGA Jr. *et al.* (1987), MACHADO *et al.* (1989a, b), entre outros. Estes trabalhos confirmaram idades arqueanas com retrabalhamentos proterozóicos para algumas rochas *s.l.* graníticas e idades arqueanas para o SGr. Rio das Velhas e Rio Paraúna. Os dados sobre rochas do SGr. Minas, Espinhaço e os "anfibolitos diabasóides" são ainda escassos e pouco conclusivos; citam-se idades em torno de 2.1 Ga para a sedimentação da Fm. Sabará (MACHADO *et al.* 1989a) e de 1.7 Ga para bordas de zircões de rochas subvulcânicas ácidas do SGr. Espinhaço (MACHADO *et al.* 1989b). O último evento regional datado é do Ciclo Brasiliano. Uma ocorrência de basalto fanerozóico da Bacia São Francisco apresentou idades em torno de 90 Ma (PARENTI COUTO *et al.* 1983).

ROTEIRO DA EXCURSÃO

Introdução e Programação

O roteiro geológico será descrito a partir de Belo Horizonte até seu encerramento na região de Ouro Preto (Fig. 3, Anexo 1).

Parte do roteiro será dedicada à geologia do Distrito Ferrífero de Itabira e a mina de esmeraldas "Belmont" (e/ou o garimpo de esmeraldas "Capoeirana").

Serão visitados afloramentos e perfis-chave para a evolução crustal, petrogênese e metalogênese arqueana e

proterozóica do Quadrilátero Ferrífero, dos arredores de Santa Bárbara até Ouro Preto.

Trecho Belo Horizonte - Santuário da Piedade - Itabira

O roteiro segue pela BR-262 (Anexo 1), que neste trecho corta partes do Complexo TTG arqueano, a zona tectônica de contato e os metassedimentos do SGr. Minas do Sinclinal da Serra do Curral, além de metassedimentos do SGr. Espinhaço (Fig. 3). Os mapeamentos regionais e estudos petrográficos e geocronológicos devem-se a ALVES (1961), GAIR (1962), POMERENE (1964), SIMMONS (1964a), ALVES, ASHLEY, GAIP, e POMERENE (il. DGRP 1969), HERZ (1970), SCHÖLL (1972), KEHRER (1972), SCHORSCHER (1975a), SPERBER (1977), entre outros.

Rochas s.l. graníticas arqueanas

Predominam as rochas TTG arqueanas em associações típicas. São polimetamórficas-retrometamórficas em condições P-T da fácie dos xistos verdes inferior a média, caracterizadas pela saussuritização dos plagioclásios, cloritização dos minerais máficos primários (principalmente a biotita) e, ocasionalmente, pela neoformação de estilpnometano.

Com bastante freqüência ocorrem zonas miloníticas de alto ângulo (N-S/E) e espessuras variáveis de poucos metros até cerca de 300 metros. Nestas, o retrometamorfismo das rochas TTG transformadas em milonito-gnaisses é mais intenso. Ocorrem também efeitos de feldspatização potássica, de intensidade variável, com o crescimento tardio a pós-tectônico de microclínio pertítico, hipidiomórfico-poiquilitico, de granulação grossa.

SGr. Minas na Serra do Curral e Estruturação Regional

O contato tectônico entre o Complexo TTG e os metassedimentos Minas do sinclinal da Serra do Curral é regionalmente caracterizado por espessa zona de milonitização, de várias centenas de metros. As foliações miloníticas paralelizam a direção geral NE do contato, predominando caiamentos de ângulos baixos a médios para SE. A intensidade da milonitização e do retrometamorfismo nas rochas TTG crescem em direção às unidades Minas. Nos milonitos ocorrem freqüentes dobras de arraste e cavalgamentos, métricos a decamétricos, vergentes para NW.

A subida para o Santuário da Piedade (Fig. 3, área 1), a partir do trevo da BR-262, que dá acesso à cidade de Caeté (Anexo 1), compreende a passagem do Complexo TTG para o SGr. Minas. O contato é constituído por milonito-gnaisses, milonito-xistos e filonitos metasedimentares, incluindo filitos prateados, quartzo-sericíticos da Fm. Cercadinho, itabiritos hematíticos da Fm. Cauê e xistos máficos da Fm. Sabará (Tabela 3). Entre os litotipos máficos podem estar presentes também xistos Nova Lima (Tabela 2). Estes ocorrem ao longo da aba SE do Sinclinal e são, devido à intensa deformação e ao intemperismo, indistinguíveis dos xistos Sabará.

Até o topo da Serra, seguem-se repetições de itabiritos (Gr. Itabira), com deformações espetaculares: dobras de arraste, em bainha, convolutas e disarmônicas, *kinks* e empurrões de escala centimétricas a decamétricas. Apesar da deformação intensa, encontram-se neste perfil os itabiritos de mais baixo grau metamórfico conhecidos do Quadrilátero Ferrífero, preservados em estado de jaspilitos. Detalhes adicionais sobre a geologia da parte NE da Serra do Curral foram descritos por BRAUN (1982).

Do alto do Santuário da Piedade observam-se as relações morfológico-estruturais fortemente discordantes das unidades itabiríticas Minas (dos sinclinais da Serra do Curral e Gandarela) com as seqüências quartzíticas Espinhaço nas extremidades meridionais da serra (Fig. 3). As últimas formam homoclinais de direção N-S com caiamentos, em geral, suaves para E, enquanto que as primeiras estão relacionadas a megadobras isoclinais de direção NE, invertidas para NW.

Os perfis do Santuário da Piedade e dos rios das Velhas e Paraopeba (Fig. 3) caracterizam a Serra do Curral como uma dobra sinformal de arraste regional assimétrica-invertida. A aba inferior (NW), de posição normal, falta por motivos tectônicos por quase toda a extensão. Encontram-se, assim, as unidades Minas estratigráficamente mais elevadas do Gr. Piracicaba, em contato milonítico com o complexo arqueano, na delimitação NW da Serra.

Seguem-se para SE, em posição invertida, as rochas estratigráficamente inferiores dos Grs. Itabira e Caraça. Estas formam o corpo da Serra e a aba superior da dobra.

As relações estratigráfico-estruturais regionais e as deformações internas do SGr. Minas, na Serra do Curral, são típicas de unidades alóctones, originadas por tectônica de nappes.

A idade do transporte tectônico do SGr. Minas da Serra do Curral é desconhecida. Algumas unidades apresentam localmente metamorfismo de contato, como os itabiritos dolomíticos (Gr. Itabira) e xistos Sabará (cf. GAIR 1962) da borda NW da Serra. Estes efeitos coincidem regionalmente com domos termais e intrusões graníticas em pequenas apófises, que causaram rejuvenescimentos radiométricos brasileiros nas rochas TTG (HERZ 1970), e afetaram também o SGr. São Francisco (SCHÖLL 1972, 1973, BONHOMME 1967), e basaltos não deformados (SPERBER 1975, 1977, SCHORSCHER 1975, 1988).

SGr. Espinhaço

Prosseguindo para Itabira (Anexo 1), continua-se essencialmente nas rochas do Complexo TTG, com exceção do SGr. Espinhaço nas extremidades meridionais da Serra, preservado em restos de erosão (Fig. 3, área 2). Estas configuram morros alinhados na direção N-S em faixas discontinuas subparalelas, controladas por falhas de empurrão de alto ângulo (N-S/E), escalonadas (*en échelon*).

A preservação apenas reliquiar do SGr. Espinhaço nesta região é atribuída a soerguimentos mais acentuados, aliados, possivelmente, a uma redução primária da espessura dos depósitos sedimentares. A estratigrafia do SGr. Espinhaço nesta região compreende apenas as quatro formações inferiores (Tabela 4).

Rochas Metabásicas

O embasamento arqueano e o SGr. Espinhaço foram intrudidos por duas gerações de rochas metabásicas. As mais antigas são rochas metamórficas e deformadas, "anfibolitos diabásoides" (GUIMARÃES 1933). Estas não foram encontradas nas unidades Minas, alóctones, da Serra do Curral.

O segundo grupo de metabasitos são rochas abissais termometamórficas, não deformadas, posteriores ao metamorfismo regional Minas/Espinhaço e anteriores aos processos termais finais do Ciclo Brasiliano.

Dados geoquímicos comparativos das rochas metabásicas encontram-se na Tabela 6.

Distrito Ferrífero de Itabira

O Distrito Ferrífero de Itabira abriga uma das maiores reservas individuais de minérios de ferro do país (Fig. 3, área 3; Fig. 4). Foi mapeado por DORR & BARBOSA (1963), SCHORSCHER (1973a, 1975a) e CHEMALE Jr. (1987). Detalhamentos das jazidas de minérios de ferro devem-se aos geólogos da CVRD (cit. in: SCHORSCHER *et al.* 1982 e SCHORSCHER 1988, VAZ de MELO *et al.* 1986, SOUZA FILHO *et al.* 1989, CARBONARI *et al.* 1989).

O Distrito é constituído por rochas *s.l.* graníticas arqueanas, por rochas metamórficas supracrustais e ainda por rochas metatramáticas, metabásicas e basaltos não metamórficos.

Rochas *s.l.* graníticas arqueanas

Estas compreendem gnaisses metatáticos, migmatitos e granitóides polimetamórficos de grupamentos genéticos e de idade distintos. Os gnaisses metatáticos e os migmatitos pertencem ao Complexo TTG arqueano.

Os granitóides Borrachudos (DORR & BARBOSA 1963, HERZ 1970), encaixados em zona de cisalhamento regional (Figs. 3 e 4), não causaram metamorfismo de contato e são isentos de xenólitos. São rochas leucocráticas a hololeucocráticas de granulação média a grossa. Têm estruturas típicas devido à concentração dos minerais máficos em agregados lineares e texturas blastomiloníticas. As composições mineralógicas de álcali-feldspato granitos são caracterizadas por pertitas de substituição ricas em inclusões fluidas e fluorita; as composições químicas são silícicas, ricas em álcalis e elementos incompatíveis (Tabela 1).

Os granitóides Borrachudos foram considerados as rochas precambrianas mais jovens da região: granitos ígneos potássicos do Proterozóico Superior (DORR & BARBOSA 1963, HERZ 1970). Este autor considerou-os blastomilonitos metassomáticos feldspatizados/potassificados, do Proterozóico Inferior (SCHORSCHER 1975a, SCHORSCHER & MÜLLER 1977, SCHORSCHER & LETERRIER 1980) e CHEMALE Jr. (1987) como granitóides alcalinos ígneos arqueanos.

Na área Periquito (Fig. 4), foi recentemente encontrado um corpo intrusivo tonalítico, metamórfico, em contato milonítico e metassomático com itabiritos Cauê. Este corpo é rico em xenólitos, incluindo granitóides Borrachudos, e indica que à formação dos granitóides Borrachudos sucederam-se ainda pulsões de magmatismo TTG.

O metamorfismo regional principal alcança condições P-T da fácie dos xistos verdes superior a anfibolito inferior no Distrito (Fig. 3), obliterando progressivamente as características primárias das rochas *s.l.* graníticas arqueanas.

Seqüências metamórficas supracrustais

Estas incluem paragnaisse com intercalações de quartzo-muscovita xistos, xistos máficos e pelíticos, essencialmente quartzo cloríticos/biotíticos/actinolíticos, e os metassedimentos típicos do SGr. Minas (Tabela 3).

DORR & BARBOSA (1963) correlacionaram os paragnaisse e os xistos máficos e pelíticos ao Gr. Nova Lima do Quadrilátero Ferrífero. KNEIDL & SCHORSCHER (1972), SCHORSCHER (1973a, b, 1975a) e SCHORSCHER & GUIMARÃES (1976) individualizaram e denominaram as unidades como Seqüência de Paragnaisse e Seqüência de Xistos Verdes, incluindo-as na base do SGr. Minas (Tabela 3). CHEMALE Jr. (1987) não verificou os paragnaisse mas confirmou a seqüência de xistos máficos e pelíticos como "seqüência vulcão-sedimentar" na base do SGr. Minas. CHEMALE Jr. (1987) confirma ainda a falta local da Fm. Moeda nas áreas de mineração (cf. SOUZA FILHO *et al.* 1989).

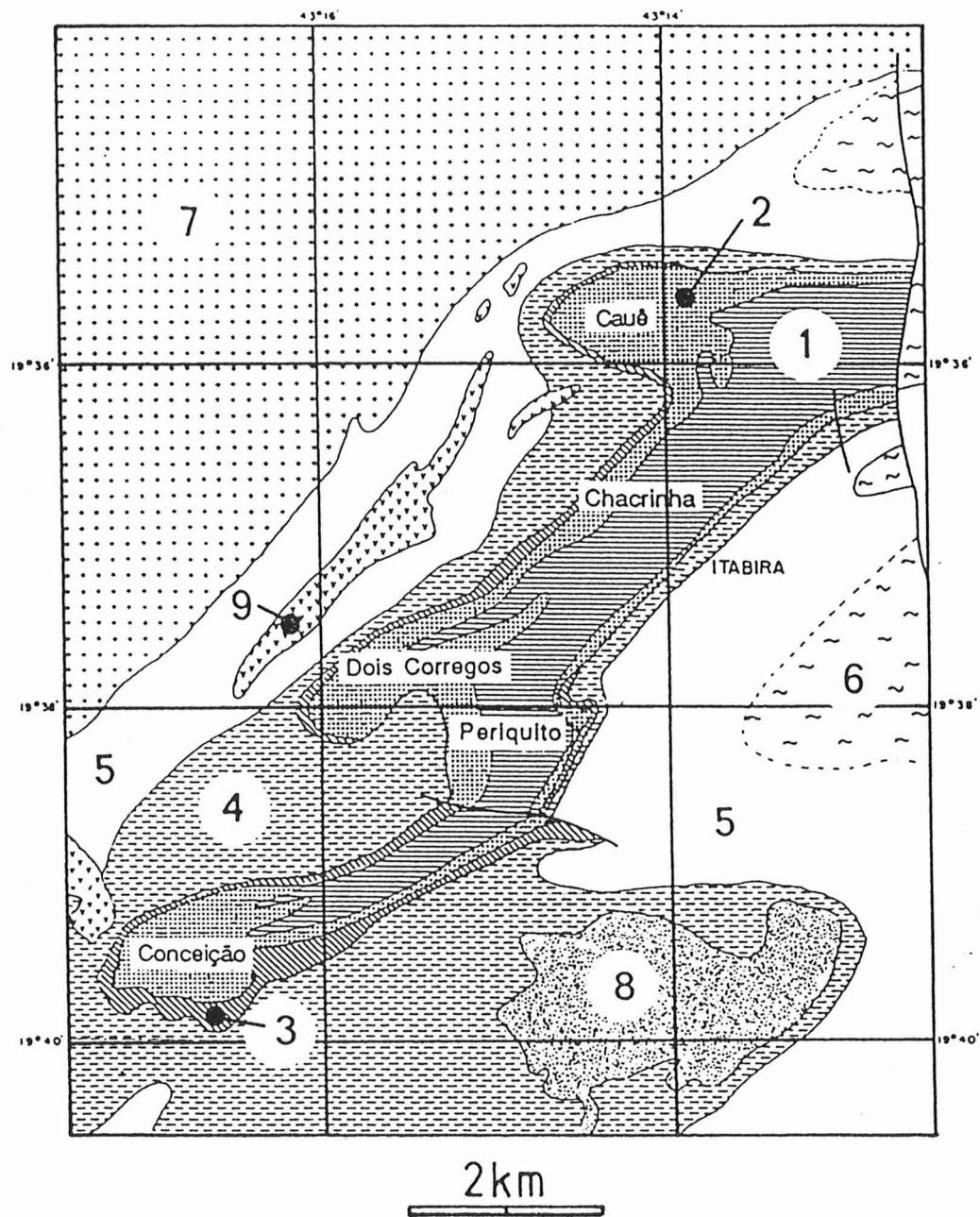


Figura 4 - Mapa geológico esquemático do Distrito Ferrífero de Itabira, seg. SCHORSCHER & GUIMARÃES (1976). Legenda: 1 - Gr. Piracicaba; 2 - Gr. Itabira; 3 - Gr. Caraça; 4 - Seqüência de Xistos Verdes; 5 - Seqüência de Paragnaisse (1-5; SGr. Minas, vide Tabela 3); 6 - Complexo migmatítico arqueano; 7 - Granitóides Borrachudos; 8 - corpos metaultramáficos; 9 - "anfibolitos diabasóides".

	A	B	C	D	E	F	G	H
Elementos Maiores - % peso	SiO ₂	48,07	51,39	44,25	51,18	57,02	47,99	48,57
	TiO ₂	3,22	2,19	0,19	1,67	2,26	2,17	1,89
	Al ₂ O ₃	12,89	12,61	5,77	15,21	12,85	13,68	11,69
	Fe ₂ O ₃ tot	14,83	12,41	11,14	13,29	11,29	13,91	15,04
	MnO	0,21	0,20	0,11	0,22	0,19	0,20	0,22
	MgO	4,41	5,00	27,62	5,92	4,35	6,52	9,20
	CaO	9,31	7,15	2,33	9,10	5,96	10,28	10,21
	Na ₂ O	0,10	0,92	0,00	2,26	3,71	1,92	1,94
	K ₂ O	3,64	4,79	0,01	0,27	0,13	0,73	0,47
	P ₂ O ₅	0,43	0,24	0,01	0,18	0,24	0,34	0,36
Elementos Traços - ppm	PF	2,60	2,75	8,57	0,61	2,00	2,55	0,41
	„ Ba	555	202	66	69	393	244	230
	Rb	183	417	6	1	41	18	17
	Sr	417	157	10	188	110	355	376
	Pb	26	20	14	1	6	<2	6
	Th	16	14	1	10	31	2	7
	U	12	12	<2	3	0	<2	13
	Nb	43	27	3	9	6	15	11
	La	81	69	6	11	0	15	87
	Ce	98	66	9	6	23	31	211
	Nd	43	31	n.a.	22	14	n.a.	106
	Y	40	48	10	19	19	29	28
	Zr	240	189	13	78	118	139	129
	V	449	368	123	350	453	345	380
	Cr	82	141	3.199	122	89	118	238
	Ni	41	74	1.497	92	115	77	148
	Co	101	106	54	51	212	54	114
	Cu	101	20	17	77	45	104	91
	Zn	146	186	73	115	112	112	107
	Ga	22	22	n.a.	16	24	20	20
	Sc	30	51	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	37
	S	200	70	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	474
								1.013

n.a. - não analisado

Tabela 6 - Dados geoquímicos comparativos de rochas maficas e ultramáficas: A, B - metalamprófiros; C - metakomatiítos *microspinifex* (Gr. Quebra Osso); D, E - anfibolitos básicos e intermediários, extrusivos (Gr. Nova Lima); F - anfibolitos "diabasóides"; G - basaltos termometamórficos (não deformados); H - basaltos mesozóicos (SCHORSCHER 1988 e dados). (inéditos).

Dúvidas persistem quanto à inclusão das seqüências de paragnaisse e dos xistos verdes no SGr. Minas, por motivos estruturais regionais e das relações com "anfibolitos diabásoides". Estes foram encontrados exclusivamente nas seqüências de paragnaisse e xistos verdes; não ocorrem nas unidades clássicas do SGr. Minas (Fig. 4).

O arcabouço estrutural do SGr. Minas é de um sinclínio complexo, de extensão aproximada de 11 km na direção SW-NE, subdividido em sinclinais e anticlinais parciais (Fig. 4). A aba N do sinclínio é regular-contínua, diferente da aba S, que apresenta reduções tectônicas drásticas, podendo faltar localmente. Os sinclinais parciais Cauê, Dois Corregos e Conceição (Fig. 4) mostram espessamentos característicos da Fm. Ferrífera Cauê. Estes são os sítios principais de mineração de ferro da CVRD (Figs. 5 a 10).

Todas as rochas supracrustais evidenciam apenas os efeitos de um evento plurifacial-progressivo, sem hiatos metamórficos nos perfis levantados (SCHORSCHER 1975a).

Metalogênese do SGr. Minas no Distrito de Itabira: ferro e ouro

Ferro - Os principais minérios são os itabiritos, formações ferríferas metamórficas de fácie óxido, constituídos de níveis alternantes de quartzo e hematita; subordinadamente, ocorrem dolomita e magnetita. Os minérios ricos são produtos de enriquecimento dos itabiritos, levando à formação de corpos de hematita (\pm magnetita) praticamente puros.

Enriquecimento sinesedimentar a diagenético é caracterizado pela concentração regularmente mais elevada do Fe na base da formação ferrífera, onde se concentram inclusive os corpos de minérios ricos, decrescendo para o topo. Excluem-se deste padrão os 2-3 metros superficiais da formação, de enriquecimento supergênico do Fe em crostas de canga e/ou por dissolução de quartzo.

Enriquecimentos tectono-metamórficos tiveram importância e estão relacionados a dobramentos e cisalhamentos. No primeiro caso, o fluxo plástico causou espessamento dos níveis hematíticos nas charneiras sin e antiformais, formando corpos maciços, pseudoconcordantes, de minérios ricos. Nas zonas de cisalhamento, associaram-se efeitos rúptis e de dissolução (sintectônica a supergênica) de quartzo, originando corpos de minérios ricos (de hematita), concordantes a discordantes, miloníticos, moles, friáveis ou pulvulentos. Dados sobre os minérios de ferro foram apresentados por DORR (1964, 1965, 1969, 1973), DORR & BARBOSA (1963), SCHORSCHER (1975a, b), SCHORSCHER *et al.* (1982), HOEFS *et al.* (1980), MÜLLER *et al.* (1982), CARBONARI *et al.* (1989), entre outros.

Ouro - As atividades de mineração em Itabira começaram no início do século XVIII, com a descoberta do metal nobre em 1720, por bandeirantes (DORR & BARBOSA 1963). O ouro foi extraído da jacutinga dos minérios de ferro, em lavra seletiva de superfície e, posteriormente, subterrânea. A exploração caiu durante a segunda metade do século XIX, até o abandono total.

A mineração industrial de ferro nas minas Cauê e Conceição, há cerca de dez anos, atingiu o nível do lençol freático, intransponível para os antigos mineradores. O rebaixamento do freático permitiu o avanço das lavras abaixo dos níveis dos trabalhos históricos, alcançando as continuações dos minérios ricos em ouro. A CVRD efetua a pesquisa e lavra seletiva de ouro, em parelelo ao ferro, com a produção superior a 300 kg/ano de Au.

O ouro ocorre em veios de quartzo com hematita espelhada, e nas faixas de jacutinga. Estas constituem-se, na mina do Cauê, em materiais mistos, friáveis a moles, preenchendo zonas de fraturas nos itabiritos. São massas argilosas, \pm limoníticas, de cor marrom escura com manchas milimétricas de argilas brancas, em mistura com hematitas moles, quartzo remobilizado grosseiro e itabiritos friáveis de aspecto fragmamental.

Estudos de microscopia de minérios e microssonda eletrônica mostraram a existência de várias gerações de ouro, finas e grossas, homogêneas e não homogêneas. As partículas grossas (0,2 - 2 mm) têm formas irregulares de crescimento posterior às hematitas idiomórficas e são não homogêneas. Encontram-se domínios de Au (99 - 100) de cor dourada, intercalados com outros de Au (85-95) Pd (15-5) de cores mais variáveis, amarelo-róseas amarronzadas. No ouro paladiado, encontram-se ainda segregações em corpos de dimensões < 10 micra, de cor cinza, com mais de 40% de Pd na liga. Os grãos finos (dimensões < 0,1 mm) são mais homogêneos, podendo coexistir em espaços microscópicos partículas de ouro puro e paladiado.

O ouro paladiado parece ser típico da Formação Ferrífera Cauê. Dados adicionais sobre o ouro paladiado do Quadrilátero Ferrífero encontram-se em FREYBERG (1934), MORAES & BARBOSA (1939), DORR (1969), ROESER *et al.* (1989), entre outros.

Rochas metaultramáticas, metabásicas e basaltos

Rochas metaultramáticas ocorrem tectonicamente inseridas no complexo *s.l.* granítico arqueano, nas seqüências de paragnaisse e de xistos verdes (Fig. 4) e em intercalações mais raras e fortemente decompostas na Fm. Cauê (Figs. 5 a 10). Ocorrências das duas primeiras associações apresentam composições peridotíticas com anomalias de Zn (100 - 300 ppm) e, localmente, corpos menores de cromititos. Estes têm teores de ZnO até 4% em peso nas cromitas (WIEDEMANN & SCHORSCHER 1978, SCHORSCHER 1980c, e dados não publicados).

A idade de formação das rochas metaultramáticas é desconhecida, supostamente arqueana para os tipos ricos em zinco. Com relação ao grau metamórfico, são compatíveis com o evento Minas/Espinhaço.

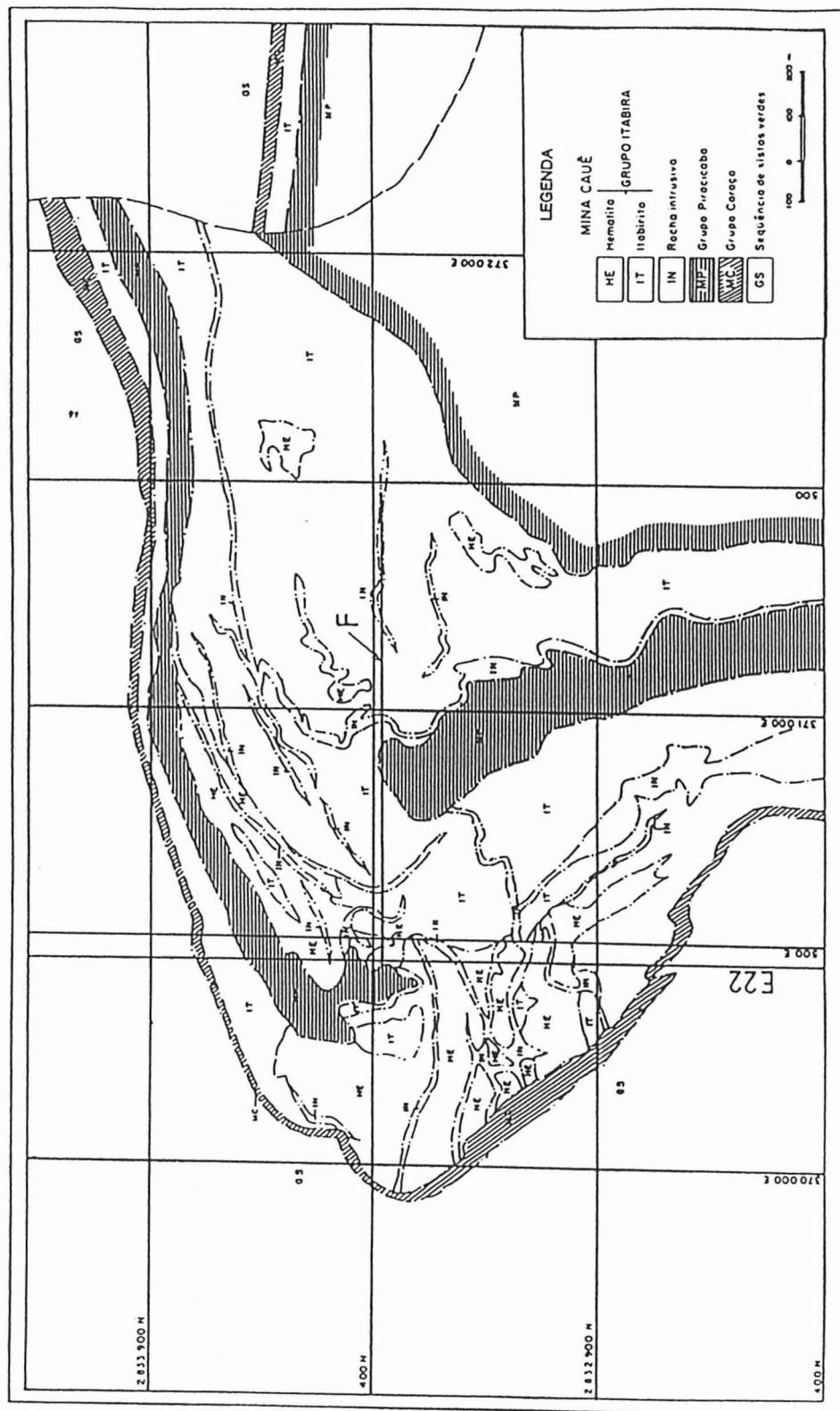


Figura 5 - Mapa geológico esquemático da mina do Cauê; Distrito Ferrífero de Itabira (CVRD, 1982; in: SCHORSCHER *et al.* 1982, SCHORSCHER 1988).

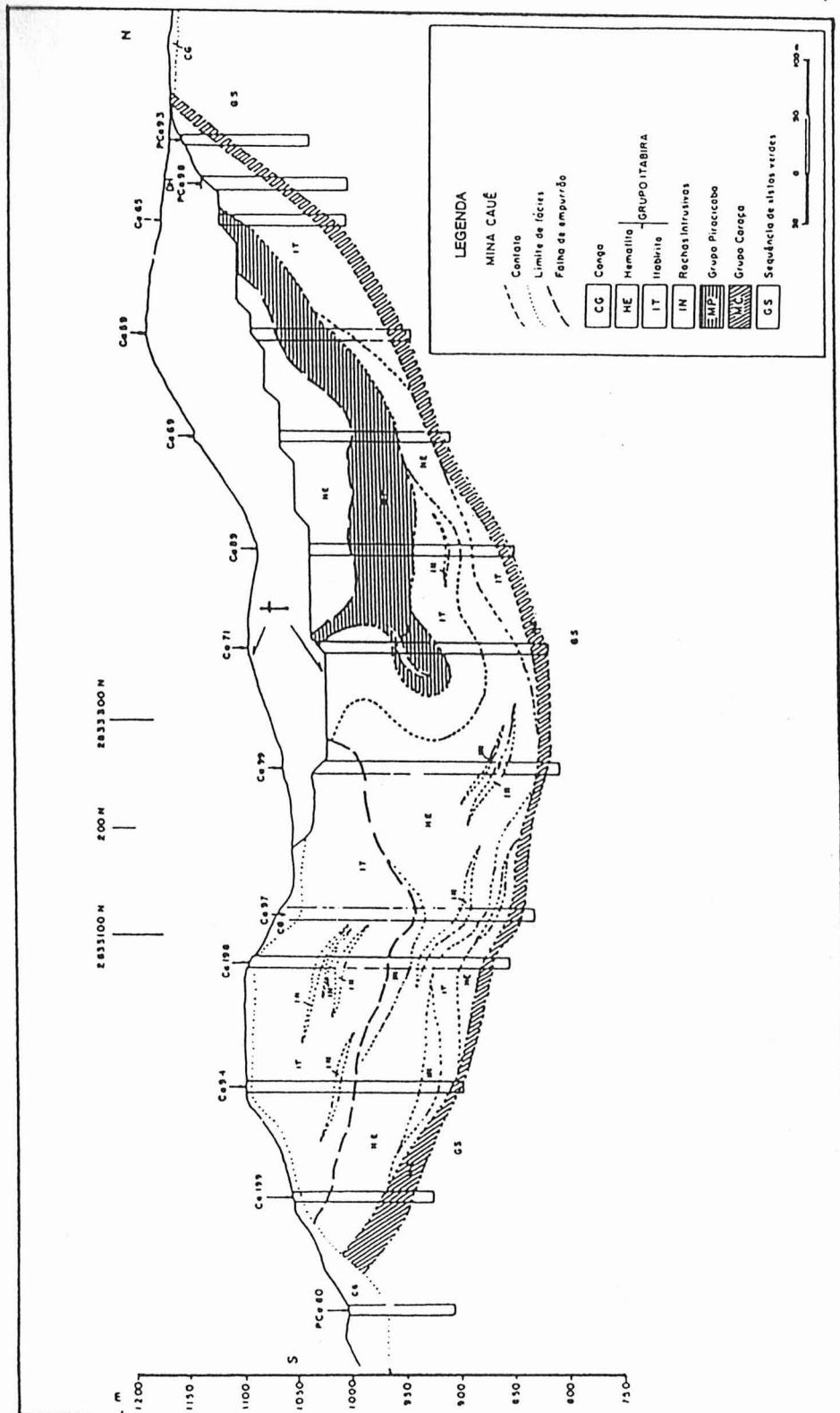


Fig. 6 - Seção geológica transversal (E 22, Fig. 5) da mina do Cauê; t = Topografias: original - natural e artificial - da cava da mina a céu aberto; Distrito Ferrífero de Itabira (CVRD, 1982; in: SCHORSCHER *et al.* 1982, SCHORSCHER 1988).

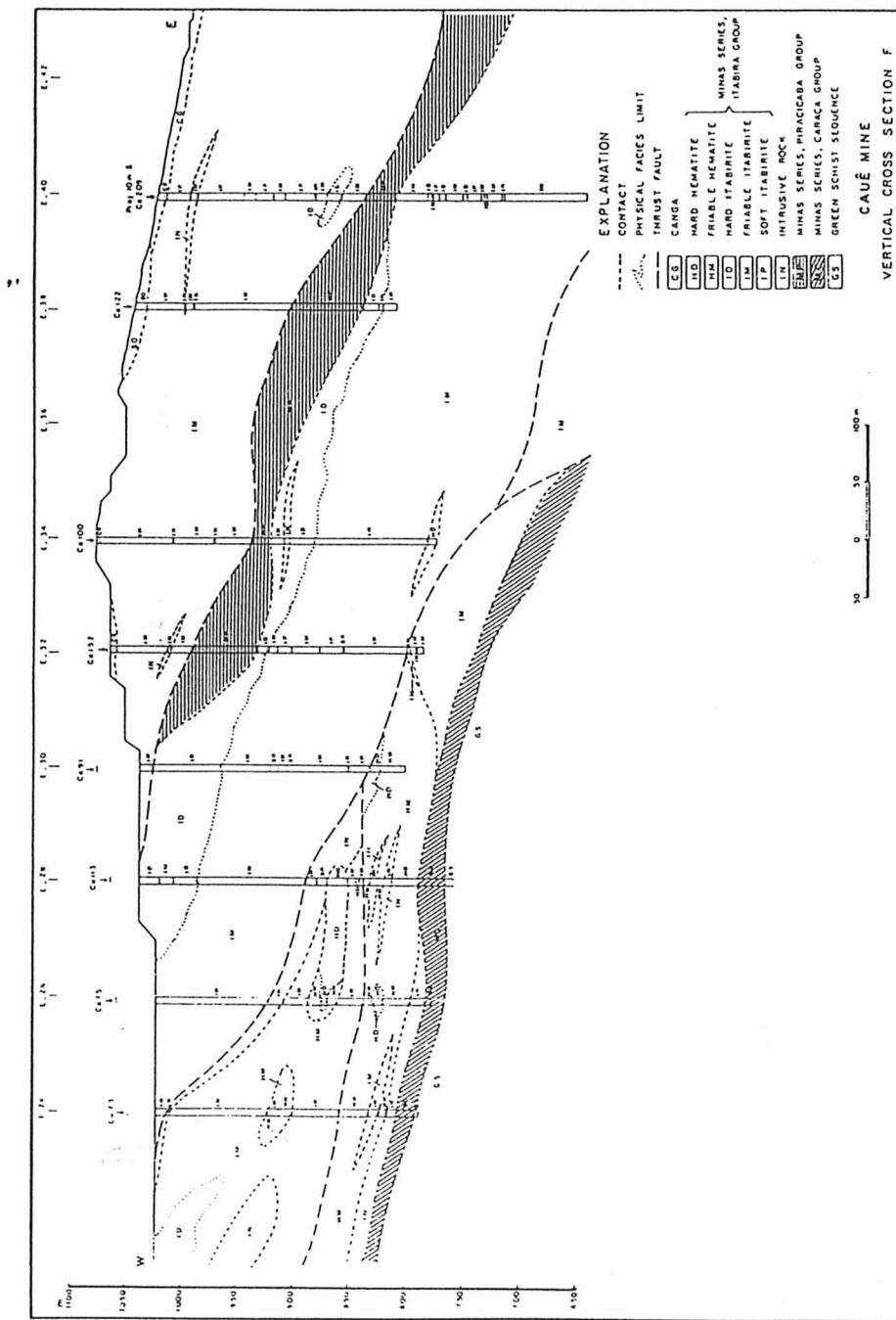


Figura 7 - Seção geológica longitudinal (F, Fig. 5) da mina do Cauê; Distrito Ferrífero de Itabira (CVRD, 1982; in: SCHORSCHER *et al.* 1982, SCHORSCHER 1988).

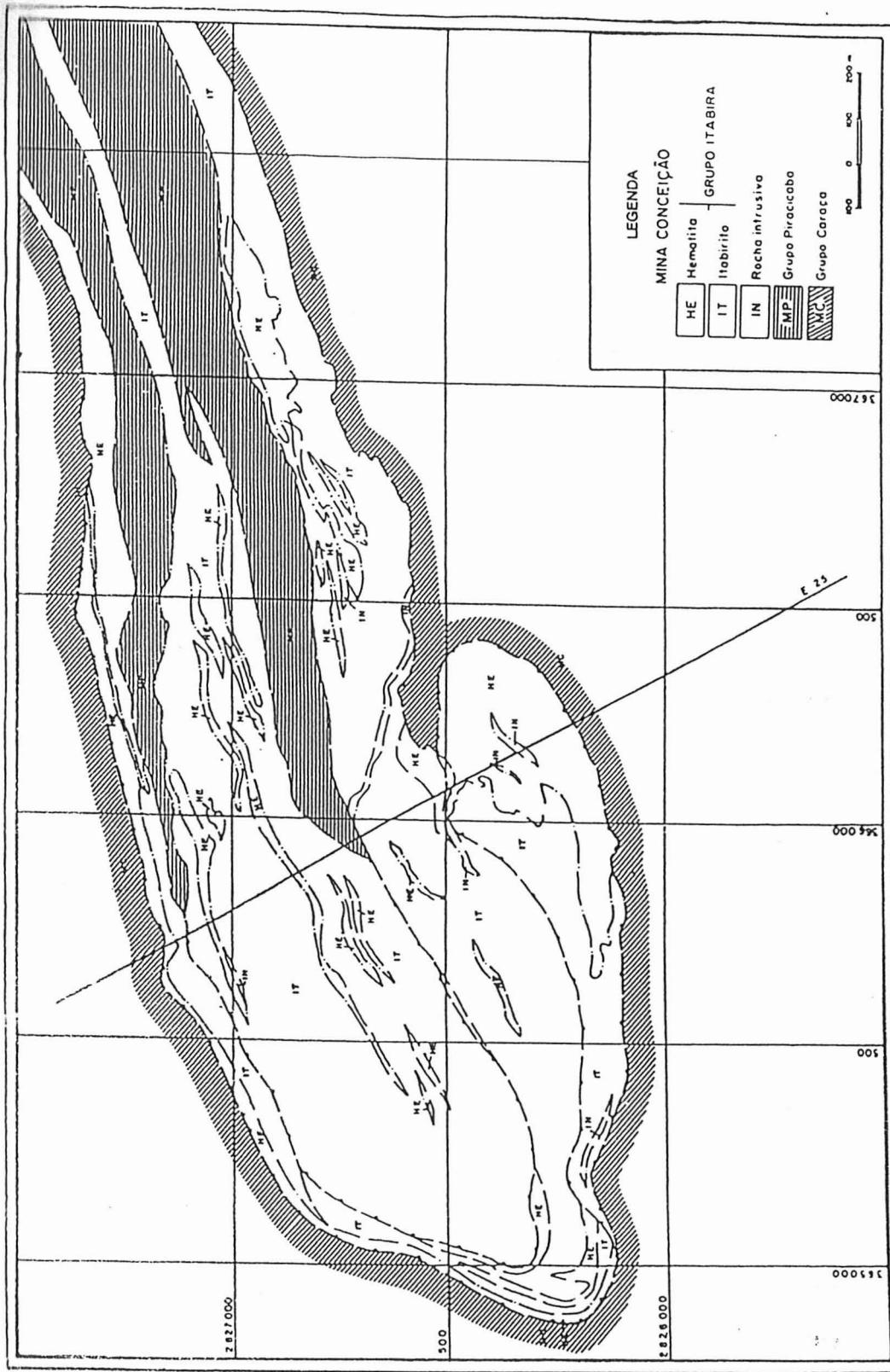


Figura 8 - Mapa geológico esquemático da mina Conceição; Distrito Ferrífero de Itabira (CVRD, 1982; in: SCHORSCHER *et al.* 1982, SCHORSCHER 1988).

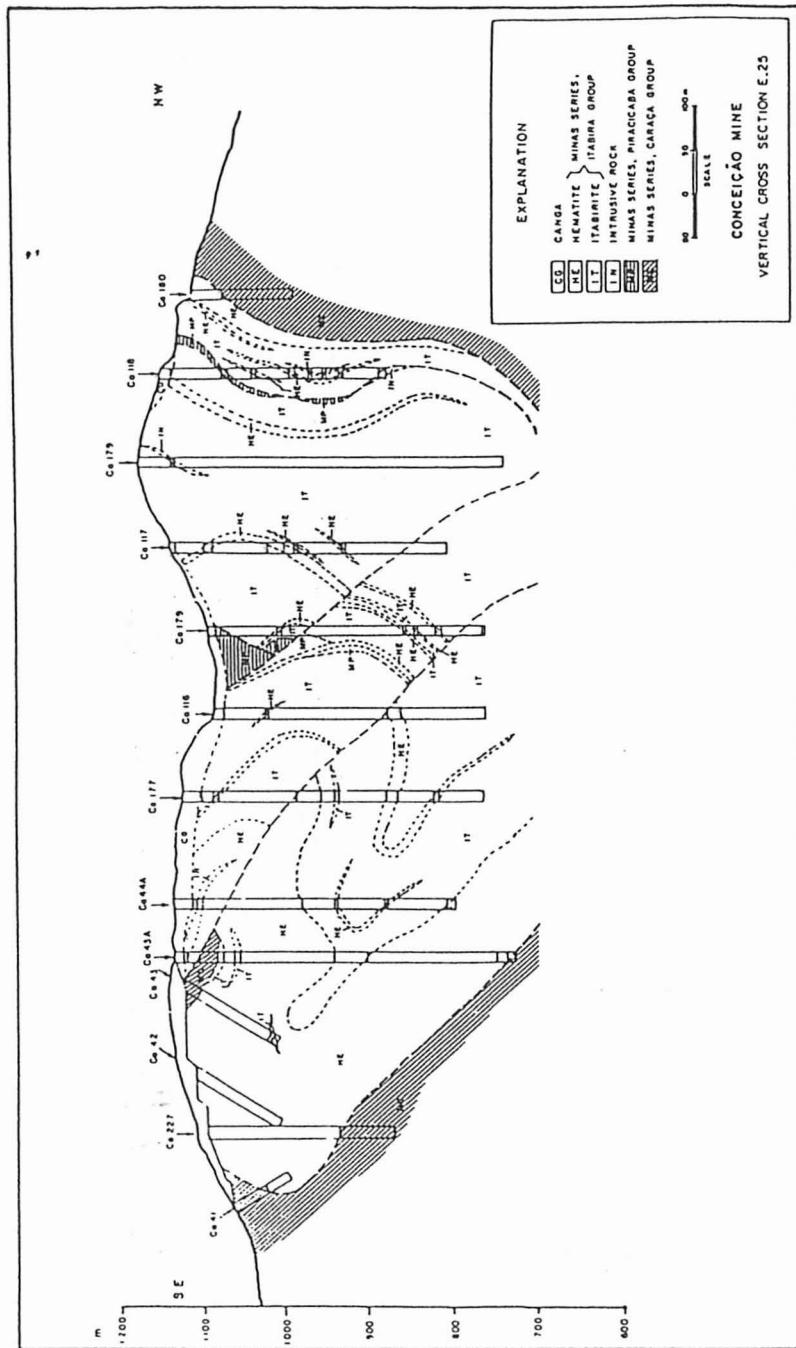


Figura 9 - Seção geológica transversal (E 25, Fig. 8) da mina Conceição; Distrito Ferrífero de Itabira (CVRD, 1982; in: SCHORSCHER *et al.* 1982, SCHORSCHER 1988).

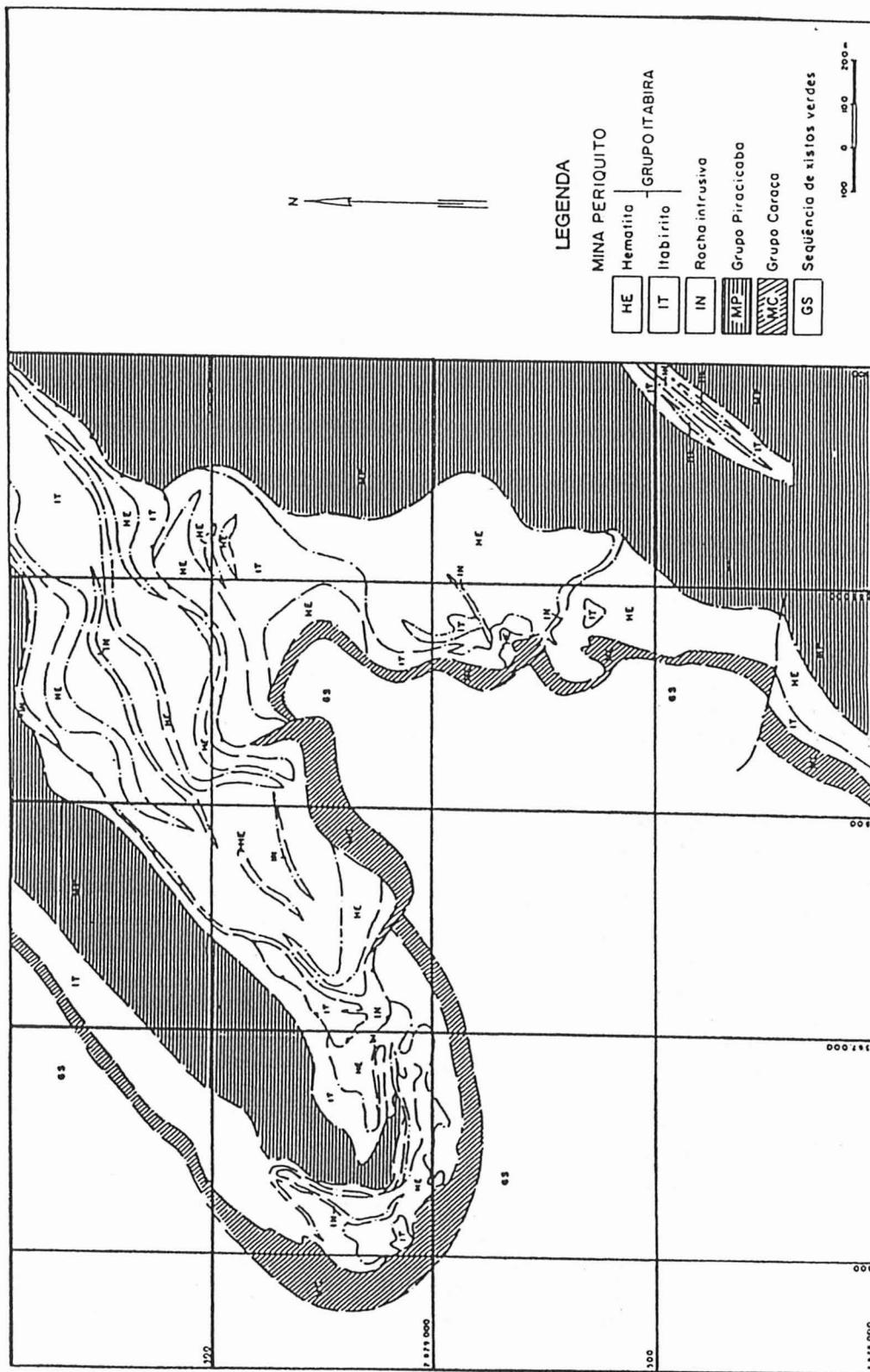


Figura 10 - Mapa geológico esquemático do sinclinal Dois Córregos e da mina Periquito (Fig. 4); Distrito Ferrífero de Itabira (CVRD, 1982; in: SCHORSCHER *et al.* 1982, SCHORSCHER 1988).

"Anfibolitos diabasóides" intrudem com freqüência todas as litologias precambrianas do Distrito, exceto as unidades clássicas do SGr. Minas (Fig. 4). Apresentam o desenvolvimento progressivo da foliação e das paragêneses metamórficas em detrimento das texturas ígneas relíticas, "diabasóides".

Metabasitos abissais, termometamórficos não deformados, ocorrem esporadicamente com características mineralógicas e químicas típicas (Tabela 6).

Basaltos não metamórficos, mesozóicos, associam-se aos termometamórficos nas fraturas regionais. Têm texturas intersertais finas a hialopilíticas de origem subvulcânica rasa, composições de augita-basaltos com tendências alcalino-potássicas (Tabela 6), e atestam a reativação de fraturamentos precambrianos no Fanerozóico.

Trecho Itabira - Nova Era e as jazidas de esmeraldas Belmont e Capoeirana

Trecho Itabira - Nova Era

A estrada de terra e linha férrea de Itabira a Nova Era seguem o Ribeirão do Peixe, em direção geral SE (Anexo 1). Cortam a estruturação metamórfica regional (Fig. 3) numa zona de fraturas reativadas com ocorrências de metabasaltos termometamórficos precambrianos e basaltos fanerozóicos. As fraturas foram distensionais, sem rejeitos significativos.

Regionalmente, predominam migmatitos e gnaisses polimetamórficos, e granitóides Borrachudos (arqueanos). Subordinadamente, ocorrem paragnaisses com intercalações quartzo-muscovíticas (da Seqüência de Paragnaisses). Ao N da estrada, encontram-se continuações do SGr. Minas num sinclinal estreito com direção NE (Fig. 3). Em três áreas menores foram localizados restos de seqüências vulcana-sedimentares; duas contêm jazidas de esmeraldas: da mina Belmont e do garimpo Capoeirana (Figs. 3 e 11).

À faixa vulcana-sedimentar de Nova Era associam-se formações ferríferas itabiríticas (Fig. 3). O conjunto supracrustal encontra-se parcialmente sotoposto a granitóides hololeucocráticos de aspecto ígneo. A seqüência vulcana-sedimentar de Nova Era pertence ao conjunto denominado por REEVES (1966) de Gnaissse Monlevade.

As seqüências de Belmont, Capoeirana e Nova Era, bem como os gnaisses Monlevade (REEVES 1966), são restos de *greenstone belts*; provavelmente extensões descontínuas do SGr. Rio das Velhas. Foram progressivamente metamorfizadas pelo evento regional proterozóico, entre Itabira e Nova Era, da fácie xisto verde superior até a fácie anfibolito superior transicional para hidrogranulito (Fig. 3).

As formações ferríferas de Nova Era incluem tipos com hematita. Pertencem ao SGr. Minas e representam a continuação do Gr. Itabira, de João Monlevada a Piçarrão e Hematita (Fig. 3), onde se encontram itabiritos e minérios ricos hematíticos metamórficos em fácie anfibolito superior e granulito (SCHORSCHER 1973a, 1975a, b, SCHORSCHER *et al.* 1982).

Jazidas de Esmeraldas Belmont e Capoeirana

Mina Belmont - A jazida de esmeraldas da mina Belmont situa-se a cerca de 8 km a SE de Itabira, a N da estrada Itabira - Nova Era (Fig. 3, área 4; Fig. 11).

É condicionada ao contato tectônico, metamórfico e metassomático entre um corpo de granitóides Borrachudos a NW e rochas metaultramáficas com cromititos pobres da seqüência vulcana-sedimentar a SE. A direção do contato é NNE, com cimentos médios para WNW. As foliações nos granitóides e nas rochas da seqüência vulcana-sedimentar são paralelas a subparalelas ao contato nas suas imediações, mas divergem com o afastamento do mesmo, nos cimentos.

Na seqüência vulcana-sedimentar as foliações se tornam paralelas/subparalelas à alternância litológica, que compreende: metaultramáficas, anfibolitos finos (de rochas básicas extrusivas), anfibolitos granatíferos (de metatufos e metatufitos máficos), gnaisses metapelíticos granatíferos, gnaisses muscovíticos gradando para muscovita-quartzitos e raros *white schists* (quartzo + clorita Mg + flogopita + cordierita + cianita + muscovita + rutilo) e gnaisses cálcio-silicáticos. As rochas metaultramáficas têm composições peridotíticas, com anomalias de zinco, causadas por teores elevados de zinco nas cromitas (ZnO em torno de 2% em peso).

A mineralização ocorre nas rochas metaultramáficas, transformadas por metassomatismo potássico sinmetamórfico em flogopita-xistos, numa faixa que não excede cinqüenta metros de espessura a partir do contato com os granitóides. As esmeraldas encontram-se nos xistos, ou ainda, em planos de foliação com mobilizados de quartzo, em veios finos (normalmente de espessuras < 2 cm) também foliados, isentos a pobres em feldspato potássico (\pm caulinizado). Veios de quartzo de porte maior, deformados, paralelos a subparalelos à foliação, são ocasionalmente mineralizados, mas apenas nas partes marginais de contato com os xistos. Esmeraldas totalmente incluídas no quartzo nas partes internas dos veios não foram observadas.

Ocorrem ainda, na zona mineralizada, veios de quartzo e pegmatóides (quartzo-álcali feldspato) discordantes da foliação principal, pouco ou não deformados. Estes são isentos de esmeraldas.

As propriedades petrogenéticas e geoquímicas dos granitóides Borrachudos já foram mencionadas (Tabela 1).

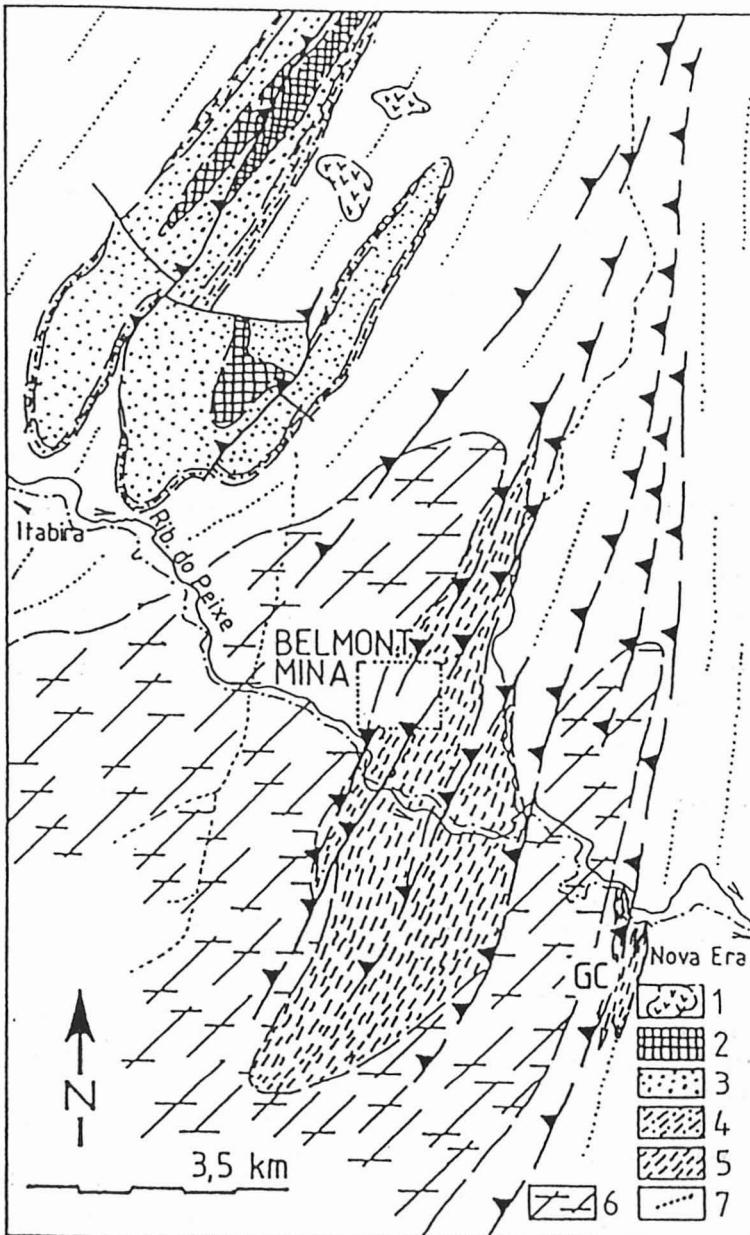


Figura 11 - Mapa geológico regional-esquemático das jazidas de esmeraldas da mina Belmont e do garimpo Capoeirana. Legenda: 1 - basaltos termometamórficos não deformados precambrianos; 2 - itabiritos e metacherts, Fm. Cauê, Gr. Itabira; 3 - quartzitos e quartzo-muscovita xistos com cianita, Fm. Moeda, Gr. Caraça; 4 - xistos metapelíticos com granada \pm estaurolita e grafitosos, Seqüência de Xistos Verdes; 5 - seqüências vulcâno-sedimentares de Belmont e Capoeirana; 6 - granitóides Borrachudos; 7 - gnaisses, migmatitos e granitóides leucocráticos, não subdivididos: incluem paragnaisse e rochas polimetamórficas arqueanas. As direções das foliações principais estão indicadas (linhas pontilhadas).

Embora ainda faltem dados geoquímicos sobre o Be, considera-se que os processos genéticos dos granitóides e os fluidos correlatos alcalino-potássicos, ricos em elementos incompatíveis, em reação com as rochas ultramáficas da seqüência vulcana-sedimentar, geraram a mineralização de esmeraldas da mina Belmont (cf. SCHORSCHER 1988). O metamorfismo regional de fácies anfibolito (médio) tem idade proterozóica, posterior à gênese das esmeraldas; nos granitóides Borrachudos causou o crescimento de granada e anfibólito (fluotaramita).

Outras descrições da jazida Belmont e das propriedades mineralógicas e gemológicas das esmeraldas foram publicadas por HÄNNI *et al.* (1987), SOUZA (1988) e SCHORSCHER *et al.* (1990), entre outros.

Garimpo Capoeirana - O garimpo situa-se a cerca de 4 km (linha aérea) a SE da mina Belmont na continuação e ao S da estrada Itabira - Nova Era (Fig. 3, área 5; Fig. 11). O controle da mineralização é praticamente idêntico à jazida Belmont, caracterizado pelo contato entre os granitóides Borrachudos a W e a seqüência vulcana-sedimentar a E. As esmeraldas ocorrem em metaultramáficas flogopitizadas e xistificadas, portadoras de cromita acessória e em veios finos de quartzo deformados nos planos da foliação. As ultramáficas apresentam anomalias de Zn e teores elevados de Zn nas cromitas.

A mineralização sofreu os efeitos do metamorfismo regional proterozóico (fácies anfibolito médio a superior), e as esmeraldas são, em geral, quebradiças.

Diferentemente de Belmont, ocorre em Capoeirana uma segunda geração de berilos - incolores - dentro e fora da zona com esmeraldas. Os berilos incolores não foram foliados e se encontram tanto nos xistos como em pegmatitos intrusivos tardíos a pós-tectônicos (não metamorfizados). Estes pegmatitos poderiam estar relacionados como fases tardias a granitóides e gnaisses/migmatitos graníticos remigmatizados, que se seguem para SE em contexto tectono/magnético não detalhado, ou ainda representar um evento pegmatítico específico posterior, eventualmente do Ciclo Brasiliense. Uma descrição de alguns aspectos geológicos da área do garimpo Capoeirana deve-se a SOUZA *et al.* (1989).

Gênese das esmeraldas - Quanto à gênese das esmeraldas de Belmont e Capoeirana, deve-se ressaltar que inexistem relações com granitos ígneos intrusivos; as principais observações indicam processos tardíos-arqueanos, tectono-metamórficos e metassomáticos, de reações de fluidos alcalinos, ricos em elementos incompatíveis com sólidos adequados, isto é, as rochas ultramáficas das seqüências vulcana-sedimentares. Regionalmente, destaca-se a potencialidade em outras ocorrências do gênero na continuação dos alinhamentos dos corpos granitóides Borrachudos e das seqüências vulcana-sedimentares entre Itabira e Nova Era. Incluem-se neste contexto as jazidas de alexandrita de Hematita (Fig. 3).

Os berilos incolores relacionados a pegmatitos pós-tectônicos (de Capoeirana) representam um evento específico, posterior à mineralização (tardíos-arqueana) de esmeraldas.

Trecho Nova Era - Santa Bárbara

A viagem segue de Nova Era pelas rodovias BR-381 e BR-262 em direção geral W, até São Gonçalo do Rio Abaixo, de onde continuará, por estrada de terra, em direção geral S, até Santa Bárbara (Anexo 1).

A geologia deste trecho (Fig. 3) é apenas regionalmente conhecida (por ex., BARBOSA 1988), com exceção dos distritos ferríferos de João Monlevade e Rio Piracicaba (REEVES 1966, GUBA 1982) e da região de São Gonçalo do Rio Abaixo (SCHORSCHER 1975a, ALVES 1986).

De um modo geral, predominam gnaisses e granitóides. Apenas nos arredores de João Monlevade ocorrem os metassedimentos do SGr. Minas, com jazidas de minérios de ferro itabiríticos. No sentido da viagem, de E para W, decresce a intensidade do metamorfismo regional proterozóico (Fig. 3).

Entre os gnaisses e granitóides destacam-se os gnaisses Monlevade (REEVES 1966) e gnaisses e granitóides graníticos, essencialmente homogêneos. Os gnaisses Monlevade são caracterizados por bandamento composicional muito bem definido, ricos em níveis anfibolíticos. Exibem, freqüentemente, dobramentos isoclinais apertados e outras estruturas de deformação sinmetamórfica intensa. Os gnaisses Monlevade têm origens supracrustais, vulcana-sedimentares e podem representar as continuações mais fortemente metamórficas do *greenstone belt* Rio das Velhas (cf. REEVES 1966).

Os gnaisses e granitóides graníticos têm, na região E, aspectos ora ígneos, ora metamórficos plutônicos. São produtos de retrabalhamentos polimetamórficos intensivos (incluindo remigmatização e potassificação) das rochas TTG (Tabela 1). Para W, com o decréscimo do metamorfismo regional (proterozóico), seguem-se tipos com foliações mais bem definidas e estruturas cataclásticas.

Na proximidades de São Gonçalo do Rio Abaixo (na zona de fácies dos xistos verdes), ocorre um outro corpo de granitóides Borrachudos, denominado de Fase Peti (HERZ 1970). Este é encaixado em zona de cisalhamento regional (milonito-gnaisses do Complexo TTG), que se estende para N, onde inclui o corpo Borrachudos de Itabira (Fig. 3). A parte S do corpo Peti será atravessada na estrada de terra de São Gonçalo do Rio Abaixo a Santa Bárbara; nas extremidades SW encontra-se encaixado com contatos tectônicos e metassomáticos no *greenstone belt* Rio das Velhas (Gr. Nova Lima). O trecho final da estrada corta obliquamente uma parte da seqüência Rio das Velhas e o contato com as rochas TTG do Domo de Santa Bárbara a leste (Fig. 3).

Região de Santa Bárbara

A região encerra aspectos fundamentais da evolução arqueana e proterozóica do Quadrilátero Ferrífero. Não visitados perfis no Domo de Santa Bárbara - de rochas TTG, nas supracrustais Rio das Velhas, Minas e Espinhaço, e mineralizações de ouro correlatas.

O metamorfismo regional principal (proterozóico) afetou toda a área em condições P-T da fácie xisto verde média a superior, alcançando a fácie anfibolito inferior no Distrito de Florália (Fig. 3). Efeitos retrometamórficos foram observados apenas nas rochas TTG. Todas as demais apresentam paragêneses progressivas.

Arqueano

Domo de Santa Bárbara: rochas TTG e metalamprófiros - Constitui-se numa estrutura regional de soerguimento tardiarqueano; tem forma ovalada, com diâmetro menor (na direção NW-SE) de cerca de 10 km e delimita o Quadrilátero Ferrífero na parte NE. As unidades supracrustais Rio das Velhas amoldam-se ao domo, circundando-o de W a N e E (Fig. 3).

Os afloramentos das áreas 6 e 7 (Fig. 3) ilustram a complexidade dos processos metamórficos e magmáticos associados na constituição de terrenos arqueanos TTG.

No afloramento do ponto 7 ocorrem ainda dois tipos diferentes de metalamprófiros (Tabela 6), constituindo-se num pequeno enxame de diques. Pelo estado metamórfico e principalmente deformacional, foram atribuídos ao Arqueano. São as primeiras rochas deste tipo descritas do Precambriano antigo do Brasil.

Lamprófiros, de um modo geral, são magmatitos intraplaca. No caso, poderiam pertencer ao rifteamento inicial, pré-komatiítico, da evolução do *greenstone belt* Rio das Velhas. Mais recentemente, foram descritos lamprófiros de vários *greenstone belts* e relacionados inclusive às mineralizações de ouro (p.ex. WYMAN & KERRICH 1989). Os metalamprófiros do Domo de Santa Bárbara não apresentaram teores de metais nobres.

SGr. greenstone belt Rio das Velhas - A estratigrafia e as litologias principais do SGr. Rio das Velhas são descritas na Tabela 2. Na parte inferior ocorrem as rochas metaultramáficas vulcânicas - meta-komatiítos - do Gr. Quebra Osso. Seguem-se os Grs. Nova Lima vulcâno-sedimentar, máfico, médio, e Maquiné, clástico, superior, e completam o perfil bastante típico deste *greenstone belt* arqueano.

- O Gr. Quebra Osso (SCHORSCHER 1978, 1979, INDA *et al.* 1984), com os melhores afloramentos e lugar-tipo no vale do córrego homônimo (Fig. 3, área 8; Fig. 12), tem contato por falha inversa de alto ângulo, a E, com rochas TTG, do Domo de Santa Bárbara. Partes do contato são cobertas pela Serra da Boa Vista, encaixada na mesma falha (Fig. 12). A largura aflorante máxima é de cerca de 2 km e inclui intercalações tectônicas (do Gr. Nova Lima), indicando cavalgamentos e repetições. O contato superior com o Gr. Nova Lima é litologicamente gradacional, num intervalo de poucas dezenas de metros e estruturalmente invertido.

O Grupo é constituído quase que exclusivamente de rochas metaultramáficas extrusivas subaquáticas, de derrames maciços, almofadados, de lavas brechadas e *spinifex*; ocorrem, ainda, vulcanoclásticas grossas a finas, as últimas em níveis interderrames.

Metassedimentos clásticos estão ausentes. Os únicos metassedimentos têm origens químicas: são *bifs* (formações ferríferas bandeadas), pobres em ferro, gradando para *metacherts*. Estes formam níveis interderrames delgados (poucos metros), sem persistência lateral (dezenas a centenas de metros) e foram localmente alvos de explorações de ouro.

As rochas metaultramáficas evidenciam com bastante freqüência texturas *microspinifex* de preservação excepcionalmente boa. Indicações de polimetamorfismo faltam. Localmente, ocorrem alterações metassomáticas: cloritização, turmalinização e/ou magnetitização e ainda carbonatação, talcificação e esteatitização.

Nas rochas ultramáficas do Gr. Quebra Osso (Tabela 6) da região-tipo não foram encontrados cromititos, apenas cromitas acessórias. Estas apresentam teores elevados de zinco (ZnO em torno de 2% em peso). Também não foram encontradas indicações de sulfetos maciços ou de Pt e metais nobres (SCHORSCHER & LUCHESI 1990, LUCHESI 1991). As ultramáficas cumuláticas vêm sendo exploradas como "rochas magnesianas" (aditivos de alto forno), com consequências ambientais dramáticas.

O Gr. Quebra Osso tem continuidade regional até o Distrito Florália (Fig. 3, área 9). Naquela região foi intersectado, em testemunho de sondagem da mina de ouro do Pary, pequeno intervalo de sulfetos maciços (pirrotita com pouca calcopirita).

- O Gr. Nova Lima (DORR *et al.* 1957, DORR 1969) será visto nos perfis do Colégio do Caraça, do Córrego Quebra Osso e na região de Florália (Fig. 3, áreas 11, 8, 9; Fig. 12). Está sempre fortemente intemperizado. Coberturas intemperizadas com espessuras além dos 150 m são normais. A espessura total do Gr. Nova Lima supostamente excede aos 4.000 m (Tabela 2), mas é de fato desconhecida, como também o são a subdivisão estratigráfica e a configuração estrutural regional. Detalhamentos locais existem apenas das áreas de minerações subterrâneas de ouro (p. ex. VIEIRA & OLIVEIRA 1988, ABREU *et al.* 1988, VIAL 1988, LADEIRA, 1988).

O ambiente deposicional, de tipo *flysch*-*eugeossininal* (DORR 1969), é bastante variável. Características são as

rochas vulcânicas e vulcano-clásticas predominantes, básicas a intermediárias. Apenas na parte basal do Grupo ocorrem ainda alguns derrames ultramáficos, e rochas ácidas são, em geral, raras. Os metassedimentos incluem tipos químicos: *biffs*, *metacherts*, formações Fe-Mn e manganíferas, e dolomitos. Os *biffs* (formações ferríferas) pertencem às fácies oxídica com magnetita, carbonática (siderita, ankerita), silicática (estilpnomelano, clorita), sulfetada (pirita, pirotita), sulfetada polimetálica (pirita, pirotita, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, ouro), e ocorrem ainda transições faciais e misturas com material clástico/vulcanoclástico fino. Formações ferríferas hematíticas e minérios ricos de ferro não foram observados. Os metassedimentos clásticos são predominantemente finos: grauvacas e subgrauvacas máficas, xistos máficos e metapelíticos, freqüentemente grafíticos e piritosos. Na parte superior, próximo ao contato com o Gr. Maquiné, ocorrem primeiros níveis de quartzitos (com piritas), pouco espessos e descontínuos.

Os processos deposicionais incluíram turbiditos, sedimentação tranqüila (clástica química e biogênica), e deformações gravitacionais (dobras e deslizamentos sinesedimentares) produzindo os raros conglomerados intraformacionais. Todos os depósitos apresentam interdigitações laterais e verticais rápidas.

O Gr. Nova Lima caracteriza uma bacia occânica tectonicamente ativa, com vulcanismo e ilhas vulcânicas parcialmente expostas à erosão. Nesta, coexistiram ambientes deposicionais diferentes, relativamente restritos: profundos a rasos de elevada a baixa energia e sujeitos à atividade vulcânica diversificada, eruptiva a exalativa. No Gr. Nova Lima inexistem evidências de áreas continentais de rochas *s.l.* graníticas expostas à erosão.

Nos afloramentos de superfície que serão visitados afloram somente litotipos intemperizados; apenas nos seixos dos conglomerados do Gr. Maquiné e na mina subterrânea de ouro do Pary serão vistas rochas não alteradas.

A importância econômica do Gr. Nova Lima deve-se às mineralizações de ouro.

- "O Gr. Maquiné (DORR *et al.* 1957, DORR 1969) está bem exposto na estrada do Colégio do Caraça, onde o contato com o Gr. Nova Lima é tectônico (Fig.3, área 11). Regionalmente, o contato é por discordância erosiva (Fig. 12). No perfil do Caraça ocorrem níveis basais de quartzo-xistos e filitos (poucos metros), faltando a Fm. Palmital (Tabela 2) tipicamente desenvolvida. Estes passam rapidamente para quartzitos e conglomerados (da Fm. Casa Forte), que predominam e conferem ao Grupo características gerais ortoquartzíticas.

Os conglomerados ocorrem em níveis intraformacionais na parte basal do Grupo. Os seixos são predominantemente de *biffs* e *metacherts* do Gr. Nova Lima, e quartzitos do próprio Gr. Maquiné. Seixos de xistos e de rochas metaígneas ultramáficas a ácidas são muito raros, e seixos de rochas *s.l.* graníticas não foram achados. A matriz dos conglomerados é quartzítica e apresenta cores esverdeadas nas partes basais do Grupo; os quartzitos encaixantes apresentam a mesma coloração. Para o topo, ambas as litologias tornam-se de cores claras.

Os quartzitos apresentam estratificações cruzadas de porte médio (decimétrico) e direções variáveis, granulometria grossa a microconglomerática e são pobres em micas.

Características petrográficas com implicações sedimentológicas do Gr. Maquiné incluem as cores esverdeadas dos quartzitos e conglomerados com clorítóide e clorita na matriz da parte basal da unidade, a onipresença de sulfetos detriticos, principalmente pírita, e a ausência total de feldspatos.

- A Região de Florália (Fig. 3, área 9) compreende a continuação do *greenstone belt* Rio das Velhas a E do Domo de Santa Bárbara e ainda metassedimentos proterozóicos do SGr. Espinhaço. As supracrustais arqueanas pertencem aos Grs. Quebra Osso (supra-descrito) e Nova Lima; o último inclui a mina histórica de ouro do Pary (item: Ouro no *greenstone belt* Rio das Velhas). O SGr. Espinhaço será descrito a seguir.

Evolução do terreno "granito-greenstone belt" Rio das Velhas - Admite-se um ambiente inicial de crosta siálica TTG submersa, sujeito a rifteamento e magmatismo intraplaca (lamprófiros), não influenciado por sedimentação clástica derivada de áreas continentais (cf. HARGRAVES 1976). Seguiu-se o magmatismo ultramáfico-extrusivo, subaquático, dos komatiítos do Gr. Quebra Osso, que evoluiu para o estágio vulcano-sedimentar predominantemente máfico, do Gr. Nova Lima. Este caracteriza a fase principal de abertura e preenchimento da bacia *greenstone belt*, ainda sem indicar a existência de continentes siálicos. Somente a sedimentação ortoquartzítica do Gr. Maquiné, na fase final da evolução *greenstone belt*, evidencia a existência e erosão de importantes áreas continentais de rochas *s.l.* graníticas.

Não foram encontradas rochas graníticas intrusivas no *greenstone belt* Rio das Velhas. Os contatos com os domos TTG são tectônicos, milonitizados e, localmente, hidrotermalizados e metassomáticos. Os granítóides Borrachudos de zonas de cisalhamento, ricos em álcalis e elementos incompatíveis, pertencem à fase orogenética do *greenstone belt*.

Evidências petrográficas de um metamorfismo da evolução *greenstone belt* não foram encontrados. As rochas Rio das Velhas indicam apenas um processo metamórfico regional compatível com o evento proterozóico Minas/Espinhaço.

Os dados radiométricos (por exemplo, HERZ 1970, THORPE *et al.* 1984, MACHADO *et al.* 1989a) sustentam, de um modo geral, a idade arqueana do *greenstone belt* Rio das Velhas.

Ouro no greenstone belt Rio das Velhas - A metalogênese do ouro envolve potencialmente todos os estágios evolutivos e todas as litologias do *greenstone belt* Rio das Velhas, com destaque para o Gr. Nova Lima.

- Lamprófiros fanerozóicos a arqueanos foram relacionados com mineralizações de ouro. As rochas deste grupo da região de Santa Bárbara não apresentaram teores (a nível de ppb) de Au e metais nobres. Isto, contudo, não significa excluí-las definitivamente das considerações metalogenéticas.

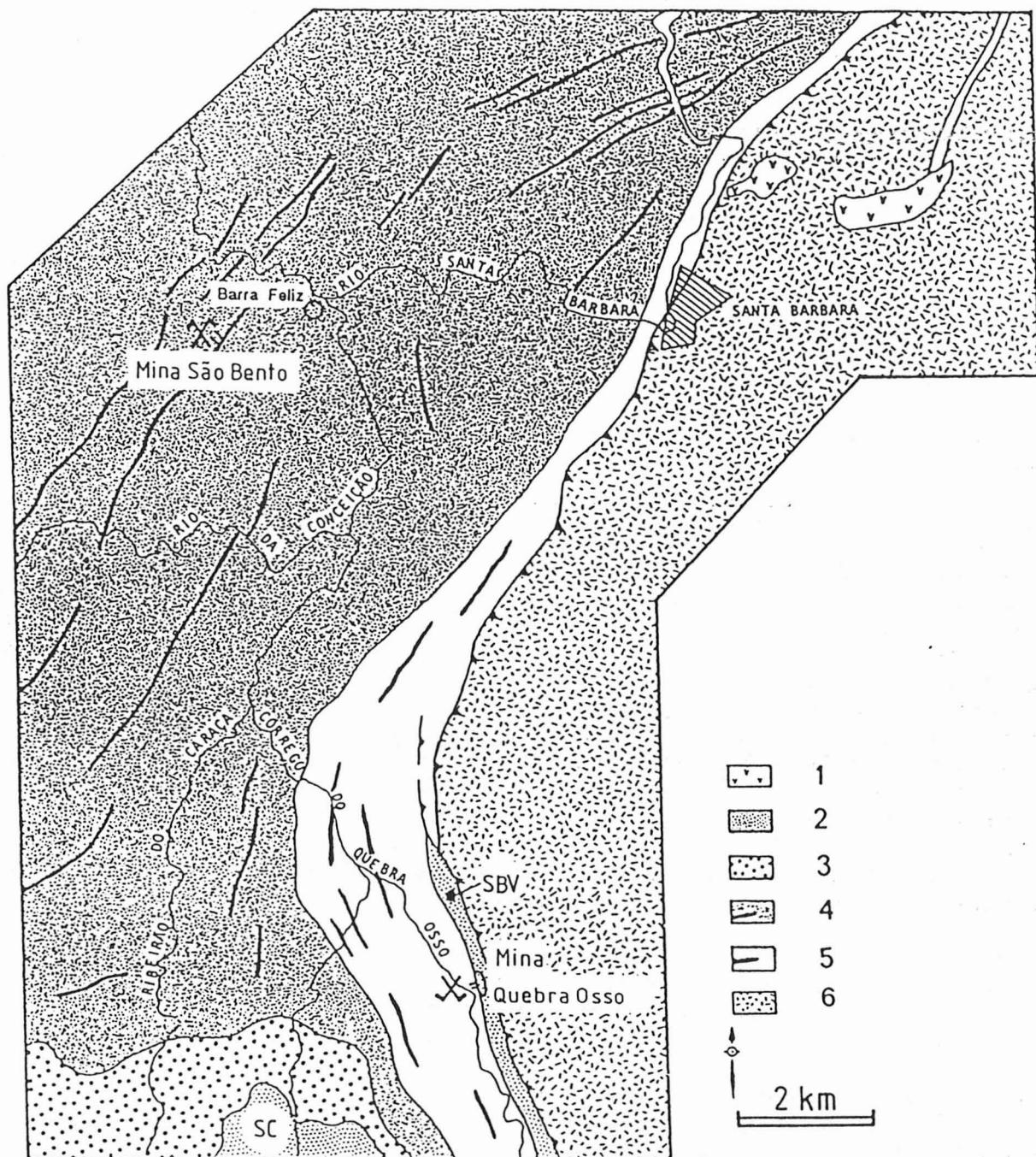


Figura 12 - Mapa geológico esquemático do *greenstone belt* Rio das Velhas na região de Santa Barbara (seg. SCHORSCHER *et al.* 1982). Legenda: 1 - "anfibolitos diabásoides"; 2 - SGr. Espinhaço na Serra do Caraça (SC) e Sequência da Serra da Boa Vista (SBV); 3 - Gr. Maquiné; 4 - Gr. Nova Lima com níveis de *bif.*; 5 - Gr. Quebra Osso com níveis de *bif.*; 6 - Complexo TTG do Domo de Santa Bárbara.

- O Gr. Quebra Osso compreende metakomatiítos e, subordinadamente, *bifs* e *metacherts* interderrames. Os komatiítos e, em geral, as lavas ultramáficas como fonte do ouro em *greenstone belts* foram discutidas na literatura mundial. Os metakomatiítos Quebra Osso foram analisados para Au e metais nobres com resultados sempre negativos para Pt, Pd e Ag. O Au mostrou variações fortes entre 0 e 20 ppm (g/t). Os teores esporádicos elevados de Au devem-se a mineralizações hidrotermais secundárias em veios e fraturas finas. São freqüentemente associadas com carbonato, e produziram, em raros casos, pepitas de Au até milimétricas. Estes teores não são significativos para a participação dos magmas komatiíticos nos processos de transporte primário e enriquecimento de Au no *greenstone belt*.

Dos corpos de *bifs* e *metacherts* interderrames, alguns foram alvos de explorações históricas de ouro. Uma investigação mais recente por LUCHESI & SCHORSCHER (1990) e LUCHESI (1991) detectou anomalias sistemáticas apenas nos *bifs* e *metacherts* da zona de contato com o Gr. Nova Lima. Estes resultados tendem a indicar pobreza em Au dos magmas komatiíticos Quebra Osso em si e de suas fases fluidas exalativo-hidrotermais.

- O Gr. Nova Lima é o principal produtor de Au do Quadrilátero Ferrífero desde a época colonial, e há cerca de 10 anos revive uma segunda alta de produção e procura do metal. Estudos de jazidas individuais e de aspectos gerais da metalogênese do Au no Gr. Nova Lima foram realizados por TOLBERT 1964, LADEIRA 1980, 1988, ABREU *et al.* 1988, VIEIRA & OLIVEIRA 1988, VIAL 1988, entre outros.

Durante a excursão será visitada a jazida do Pary, na região de Florália (Fig. 3, área 9), e, possivelmente, São Bento (Fig. 3, área 10, Fig. 12). Em São Bento existem vários horizontes e subníveis mineralizados com características próprias (ABREU *et al.* 1988). De um modo geral, porém, predomina a sedimentação química-distal, a partir de soluções vulcana-exalativas, sem evidências diretas de vulcanismo nos minérios ou em intervalos estratigráficos próximos. Os teores de pirita e calcopirita são, respectivamente, alto e baixo, e a principal parte do ouro é muito fina (5 - 12 micra), incluída nos sulfetos (arsenopirita e pirita, principalmente). A origem da mineralização é de sedimentação química, a partir de soluções vulcana-exalativas distais.

Em Pary, há toda uma seqüência metavulcânica básica a, subordinadamente, intermediária de, no mínimo, 300 m de espessura, que inclui a mineralização. Esta constitui-se num nível (principal) de *bif* mista e impura, predominando as fácies sulfetada e carbonática, com contribuições metapelíticas e tufíticas. Os teores de pirita e calcopirita nos minérios de Pary são, respectivamente, quase ausentes (com exceção da pirita relacionada à alteração da pirrotita) e bastante elevados. O ouro ocorre em menor parte como inclusões finas na arsenopirita, predominando o ouro livre, de granulação grossa (diâmetro: 0,01 - 0,4 mm). Em Pary, concorrem no minério a sedimentação química, vulcanoclástica e terrígena fina. A origem da mineralização é vulcana-exalativa proximal.

Tanto em São Bento como em Pary existem evidências de remobilizações secundárias hidrotermais e/ou metamórficas do ouro/minério. O teor maior de Au livre em Pary originou-se por remobilizações metamórficas. O último metamorfismo regional proterozóico atingiu na região do Pary condições P-T da fácie anfibolito inferior e causou recristalização intensa do minério. Particularmente, as arsenopiritas recristalizaram para idíoblastos, expulsando as inclusões de Au. Este, por cristalização acretiva, formou grãos maiores livres ou, ainda, nas bordas dos sulfetos.

- No Gr. Maquiné (Fig. 3, área 11) não foram encontradas evidências de explorações históricas de ouro. Ainda assim, seus níveis conglomeráticos foram mais recentemente alvos de trabalhos de prospecção; os resultados destes não foram publicados. Perfis cintilométricos evidenciaram a inexistência de anomalias radioativas.

Seqüências metassedimentares proterozóicas

Incluem-se aqui os SGrs. Minas e Espinhaço e a Seqüência da Serra da Boa Vista, com a mina histórica de ouro Quebra Osso. Os SGrs. Minas e Espinhaço serão vistos nos perfis do Sinclinal Gandarela - Serra das Cambotas, da Serra do Caraça e na região de Florália; e a Seqüência da Serra da Boa Vista e a mina Quebra Osso, no local-tipo da borda E do Quadrilátero Ferrífero (Fig. 3).

A problemática destas unidades diz respeito às suas relações genéticas e temporais de deposição, deformação e metamorfismo, uma vez que não foram encontradas áreas de ocorrência com contatos estratigráficos mútuos.

Perfil sinclinal Gandarela - Serra das Cambotas - O perfil de Barão de Cocais para a Serra das Cambotas (Fig. 3, área 12) pela estrada de terra para Caeté (Anexo 1) expõe as litologias do SGr. Minas num sinclinal de direção NE invertido para NW, em contato tectônico com o SGr. Espinhaço (SIMMONS 1968b, MOORE 1969, DORR 1969, SCHORSCHER 1976a, b, 1980a, b, SICHEL 1983, RODRIGUES *et al.* 1989, entre outros). A seqüência Minas compreende as formações Moeda, Batatal, Cauê, Gandarela, Cercadinho e Sabará (Tabela 3), com características sedimentológicas e litologias típicas do Proterozóico Inferior. Citam-se no Gr. Caraça, Fm. Moeda, conglomerados do tipo *quartz-pebble-conglomerate*, com piritas detriticas, ouro e anomalias de urâno (ANDRADE RAMOS & FRAENKEL 1974, MARANHÃO 1979, VILLAÇA 1981, RENGER *et al.* 1988, entre outros); o Gr. Itabira, Fm. Cauê, de itabiritos hematíticos do tipo Superior (DORR 1969, 1973), e para a Fm. Sabará, datações radiométricas compatíveis com sedimentação no Proterozóico Inferior (MACHADO *et al.* 1989a).

A Serra das Cambotas (SGr. Espinhaço) constitui-se num corpo homoclinal N-S/E, balizado a E por uma falha inversa de alto ângulo. A falha segue para N até as partes contíguas do corpo da Serra do Espinhaço e causou inversões e

portes pela seqüência metassedimentar (Fig. 3).

A Serra das Cambotas e duas outras ocorrências menores de quartzitos e conglomerados do SGr. Espinhaço (situadas, respectivamente, a W e E da serra principal) foram tema de controvérsias na literatura (SIMMONS & MAXWELL 1961, SIMMONS 1968b, MOORE 1969, DORR 1969, KEHRER 1972, SCHORSCHER 1973a, 1975a, COSTA & ROMANO 1976). Os trabalhos mais recentes não deixam dúvidas da existência, na Serra das Cambotas, de unidades formalmente definidas do SGr. Espinhaço, tais como as Fms. Sopa Brumadinho e Galho do Miguel (cf. SCHORSCHER 1979). Os conglomerados intraformacionais (Sopa Brumadinho) contêm seixos de itabiritos hematíticos (da Fm. Cauê) e os quartzitos da Fm. Galho do Miguel, mega-estratificações cruzadas (unidades de alturas métricas, com extensões decamétricas dos planos inclinados). Há de se mencionar também a ocorrência de diamantes nos córregos que drenam a Serra (GORCEIX 1885, FREYBERG 1934).

O Sinclinal Gandarela encontra-se arrastado sobre o homoclinal Cambotas, posteriormente às falhas N-S/E e à erosão parcial que o afetaram. Estas relações foram explicadas por tectônica de *nappes* (SCHORSCHER 1975a, 1976a, b, 1980a, b, 1988, SCHORSCHER *et al.* 1982, INDA *et al.* 1984).

A tectônica do Sinclinal Gandarela causou o arraste de uma fatia fina de rochas xistosas do SGr. Rio das Velhas (incluindo metaultramáficas com cromititos disseminados) sobre as rochas do SGr. Espinhaço (cf. RODRIGUES *et al.* 1989) e, em parte, sobre o embasamento *s.l.* granítico a leste da Serra das Cambotas. Estas rochas foram originalmente descritas por SIMMONS & MAXWELL (1961) como "formação superior sem nome" do Grupo Tamanduá.

A idade do transporte alóctone do Sinclinal Gandarela é desconhecida. Os estudos de LOBATO *et al.* (1989) sustentam colocação pré a sintectônica em relação ao metamorfismo regional principal proterozóico (cf. SCHORSCHER 1988). Os "anfíbolitos diabásoides" colocam marcos de idades relativas adicionais: intrudem o SGr. Espinhaço, mas foram afetados conjuntamente pelas falhas N-S/E de alto ângulo; não intrudem as unidades do SGr. Minas do Sinclinal Gandarela antecedendo-as, mas foram afetadas conjuntamente pelo metamorfismo regional principal (Minas/Espinhaço).

Seqüência da Serra da Boa Vista - Constitui-se numa faixa quartzítica e conglomerática delgada, ao longo da borda leste do Quadrilátero Ferrífero e inclui a mina histórica de ouro Quebra Osso (Fig. 3, área 8). Foi inicialmente mapeada por MAXWELL (1972), e atribuída ao Gr. Caraça (cf. DORR 1969).

A evolução litoestratigráfica foi detalhada por LUCHESI & SCHORSCHER (1990) e LUCHESI (1991) (Tabela 5). A Seqüência da Serra da Boa Vista tem contatos por falha inversa a E com o Domo de Santa Bárbara, e sedimentares-tectonizados, a W, com o Gr. Quebra Osso. Na parte basal ocorrem dois níveis conglomeráticos, de continuidade variável, ambos ricos em piritas detriticas e de composição praticamente monomítica. Os seixos são, com poucas exceções, quartzitos puros de recristalização grossa - *metacherts*. Os conglomerados encaixam um horizonte descontínuo - filítico a quartzítico, piritoso, localmente grafítico, fuchsítico e com níveis delgados (centimétricos a decimétricos) de formações ferríferas - das mineralizações de ouro.

As partes superiores da seqüência são quartzíticas, predominando tipos puros de cor branca e granulação fina. Localmente, ocorrem estratificações cruzadas de portes pequenos (unidades centimétricas), finos níveis filíticos e, ainda, raros níveis ferruginosos (de alteração de piritas).

As mineralizações de ouro foram exploradas na mina Quebra Osso, e em dois garimpos correlatos (Fig. 13), caracterizando corpos descontínuos (MORAES & BARBOSA 1939, ARAÚJO 1941, WAHLE 1943). O ouro ocorre em xistos e filitos/filonitos grafíticos, piritosos e quartzosos, e na parte basal do nível conglomerático superior, tendo composições isentas de Pd e teores de Ag bastante variáveis (LUCHESI 1991, LUCHESI & SCHORSCHER, dados não publicados).

A Seqüência da Serra da Boa Vista apresenta similaridades em relação ao SGr. Minas, nos aspectos litológico-metalogenéticos da parte basal da seqüência, incluindo as abundantes piritas detriticas e as mineralizações de ouro relacionadas a níveis grafíticos e ferruginosos; no caso do SGr. Espinhaço, citam-se as características litoestratigráficas gerais, principalmente das partes superiores da seqüência e a configuração estrutural.

A Seqüência da Serra da Boa Vista representa uma variação de fácies restrita transicional entre o SGr. Espinhaço e o SGr. Minas.

Relacionado à exploração histórica de ouro na Serra da Boa Vista e em outras "catas altas" da região, foi construído, com trabalho escravo, um aqueduto impressionante, numa distância de cerca de 10 km, cujos restos serão visitados na parte superior do Vale do Quebra Osso.

Perfil da Serra do Caraça - O SGr. Espinhaço, nesta região, jaz em discordância angular e erosiva sobre o Gr. Maquiné. No perfil ao Colégio do Caraça (Fig. 3, área 11), não aflora a discordância; o contato com o Gr. Maquiné está tectonizado e intrudido por um corpo de "anfíbolito diabásoides" profundamente intemperizado. A ocorrência sobre a qual foi construído o histórico Colégio é fortemente tectonizada por cavalgamentos múltiplos de direção geral N-S vergentes para W e, tentativamente, atribuída à Fm. Galho do Miguel. Na estruturação regional é importante por representar a continuação do SGr. Espinhaço da Serra das Cambotas ao S do Sinclinal Gandarela (Fig. 3). O SGr. Espinhaço na Serra do Caraça foi mapeado como Fm. Cambotas do Gr. Tamanduá por MAXWELL (1972, cf. DORR 1969).

O perfil da Serra do Caraça termina no histórico Colégio. Este atualmente é um seminário de padres e lugar turístico. Foi fundado em 1744 com a construção de uma bonita catedral no estilo gótico, no local onde, segundo relatos históricos, um padre jesuíta ter-se-ia escondido do banimento, com auxílio da população, na época da expulsão dos jesuítas do Brasil colonial. A função do Colégio foi interrompida por um incêndio da biblioteca, com destruição da maior parte de suas dependências. A reconstrução moderna - como centro de convenções - foi recentemente concluída. Os padres continuam produzindo a maior parte de seus mantimentos, algumas variedades de excelentes vinhos e licores, e incumbiram-se ainda das tarefas de proteção ambiental da natureza e da vida silvestre (cf. SIMMONS 1968, DORR 1969, MOORE 1969, MAXWELL 1972, SCHORSCHER 1988).

Região de Florália - Nas imediações a W da vila (Fig. 3, área 9), encontra-se um pequeno resto de erosão do SGr. Espinhaço, com conglomerados intraformacionais da Fm. Sopa Brumadinho (ENGESSER 1974). Este contém seixos quase que exclusivamente de metassedimentos químicos: itabiritos e minérios ricos hematíticos, típicos da Fm. Cauê e *metacherts* idênticos àqueles dos conglomerados da Seqüência da Serra da Boa Vista. A ocorrência, entre outras da parte leste da área do Quadrilátero Ferrífero, tem importância para reconstruções paleogeográficas da bacia deposicional do SGr. Espinhaço. Mostra que a bacia se estendeu continuamente e com largura W-E quase idêntica à do corpo principal da Serra, por toda a região centro-leste e a leste do Quadrilátero Ferrífero (Fig. 3).

Um modelo para a Evolução Proterozóica - Neste modelo são fundamentais as seguintes observações e deduções geológicas:

- a idade proterozóica inferior da sedimentação do SGr. Minas e a ocorrência de retrabalhamento intraformacional no Gr. Itabira;

- a ocorrência regional, no SGr. Espinhaço, Fm. Sopa Brumadinho, de conglomerados intraformacionais diamantíferos, com seixos de itabiritos, minérios hematíticos e de níveis de itabiritos retrabalhados, outrrossim conhecidos exclusivamente do Gr. Itabira (Fm. Cauê, SGr. Minas);

- o desenvolvimento estrutural, diferente, como coberturas autóctones e alóctones, e metamórfico, igual, dos SGrs. Espinhaço e Minas; o arraste do SGr. Minas sobre os restos de erosão do SGr. Espinhaço no sentido geral de E para W, em *nappes* de cobertura.

Sob estes aspectos, os SGrs. Minas e Espinhaço poderiam ser ou unidades contemporâneas/ penecontemporâneas (por ex.: HARDER & CHAMBERLIN 1915, PFLUG 1965a, b, 1967, 1968) ou consecutivas, na ordem listada (por ex.: DERBY 1906, ALMEIDA 1977), descartando-se a terceira possibilidade (SIMMONS & MAXWELL 1961, LOCZY & LADEIRA 1976, COSTA & ROMANO 1976).

Este autor sustenta a penecontemporaneidade sedimentar dos SGrs. Espinhaço e Minas, como equivalentes laterais de fácies.

O modelo evolutivo proposto (SCHORSCHER 1975a, 1976a, b, 1980a, b, 1988, SCHORSCHER & GUIMARÃES 1976, SCHORSCHER *et al.* 1982, INDA *et al.* 1984) inicia-se com a instalação, no Proterozóico Inferior, de um *rift* na plataforma sílica supra-regional, constituída pela evolução arqueana "granito-greenstone belt". O *rift* foi acompanhado de magmatismo kimberlítico, localmente diamantífero. A evolução e abertura do *rift* para uma margem continental passiva e, posteriormente, ativa, engloba e explica de maneira compatível as seqüências sedimentares dos SGrs. Espinhaço e Minas, bem como suas variações faciais, a exemplo da Seqüência da Serra da Boa Vista, como equivalentes laterais de fácies. O SGr. Espinhaço compreende depósitos costeiros, parcialmente mesmo subáreos, passando para bacia plataformal (*shelf basin*). Ao mesmo tempo, o SGr. Minas foi depositado nas partes da borda interna da plataforma, tectônica e magmaticamente mais ativas. A evolução de taludes continentais, magmatismo e de regimes de águas profundas na parte interna da margem continental caracteriza o final da sedimentação Minas (Fm. Sabará), e foram compensados, na parte externa, por soerguimentos e erosão localmente avançada do SGr. Espinhaço, expondo até rochas do conjunto embasamental arqueano.

O final da evolução proterozóica Minas/Espinhaço teve características alpinotípicas, com tectônica de *nappes* (transporte superficial das unidades do SGr. Minas, do Quadrilátero Ferrífero para a posição atual), obdução crustal, causando espessamento da crosta sílica na faixa da borda leste da Serra do Espinhaço (por exemplo, GIESE & SCHÜTTE 1980, HARALYI & HASUI 1982, HARALYI *et al.* 1985, entre outros), e metamorfismo regional plurifacial progressivo.

A duração desta evolução iniciada no Proterozóico Inferior é desconhecida e problemática: se incluídos também os cavalgamentos do SGr. Espinhaço sobre o SGr. São Francisco ao longo da borda W da cordilheira (Fig. 3), fica caracterizado um megaciclo de duração superior a 1 Ga.

Trecho Santa Bárbara - Catas Altas - Mariana - Ouro Preto

No trecho final da excursão, segue-se em direção geral para S, ao longo da borda leste do Quadrilátero Ferrífero, numa primeira etapa até a cidade histórica de Catas Altas (Fig. 3). Neste trajeto, avista-se para W uma das paisagens

montanhosas de características alpinas mais famosas da região SE do Brasil, formada pela Serra do Caraça, no quadro das demais serras da parte leste do Quadrilátero Ferrífero. Geologicamente, percorre-se o complexo *s.l.* granítico arqueano, com ocasionais faixas finas vulcão-sedimentares, tectonicamente encaixadas, que representam continuações não detalhadas do *greenstone belt* Rio das Velhas.

Entrando em Catas Altas, para W, em direção às serras da borda do Quadrilátero Ferrífero, encontra-se o garimpo de ouro Água Quente (Fig. 3, área 13). O garimpo opera em talus no sopé do Morro da Água Quente, que se constitui em zona tectônica entre as continuações meridionais da Seqüência da Serra da Boa Vista e unidades do SGr. Minas/Fm. Cauê. Na área do garimpo, nascem fontes de águas quentes de temperaturas sempre agradáveis que contribuem para o conforto dos garimpeiros, especialmente no período frio do ano quando podem incidir geadas nesta região. As fontes termais são provavelmente relacionadas com as reativações tectônicas e o magmatismo basáltico mesozóico. O ouro do garimpo provém, mais provavelmente, de mineralizações na Seqüência da Serra da Boa Vista, mas inexistem estudos específicos.

Retomando a estrada principal, prossegue-se até Mariana e Ouro Preto, em direção geral S. Até Santa Rita Durão, a estrada continua por rochas do complexo *s.l.* granítico arqueano, cortando ainda a bacia Fonseca de sedimentos terciários fluviais e lacustres (GORCEIX 1884, SOMMER & LIMA 1967, FONSECA *et al.* 1979). A S desta cidade, encontram-se faixas quartzíticas estreitas do SGr. Espinhaço, tectonicamente inseridas no complexo embasamental, com direções N-S a NNW-SSE e caiamentos para E. Na etapa final da viagem para Mariana, Passagem de Mariana (com a mina histórica de ouro aberta a visitas turísticas) e Ouro Preto, adentram-se novamente áreas do *greenstone belt* Rio das Velhas, seguidas de unidades do SGr. Minas (Fig.3). Em direção S, antes da chegada à cidade histórica de Ouro Preto, tem-se a vista para o famoso Pico do Itacolomi, que é uma das localidades clássicas da geologia do Quadrilátero Ferrífero e em geral do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A.S.; DINIZ, H.B.; PRADO, M.G.B.D.; SANTOS, S.P.D. 1988. Mina de ouro de São Bento, Santa Bárbara, Minas Gerais. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C.E.S. (coords.) *Principais depósitos minerais do Brasil*. DNPM-CVRD e CPRM, Brasília. p. 393-411.
- ALKMIM, F.F.; CHEMALE Jr., F.; BACELLAR, L.A.P.; OLIVEIRA, J.R.P.; MAGALHÃES, P.M. 1989. Arcabouço estrutural da porção sul da Bacia do São Francisco. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 5. Belo Horizonte, 1989. *Anais...* Belo Horizonte, SBG. p.289-293.
- ALMEIDA, F.F.M. 1967. Origem e evolução da plataforma brasileira. Rio de Janeiro, DNPM/Dir. Geol. Mineral. 36p. (Boletim 241).
- ALMEIDA, F.F.M. 1977. O cráton do São Francisco. *Rev.Bras.Gec.*, 7(4):349-364.
- ALMEIDA, F.F.M. & HASUI, Y. 1984. *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, Edgard Blücher. 378p.
- ALVES, B.P. 1961. Sumário sobre estratigrafia e estrutura das quadrículas de Caeté e Serra da Piedade. Ouro Preto, MG, SICEG, 1:257-260.
- ALVES, M.G.D. 1986. *Utilização de sensoriamento remoto na obtenção de dados lito-estruturais em trabalho geológico de detalhe na região do Quadrilátero Ferrífero (MG)*. São José dos Campos (Dissertação de Mestrado, apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) (inédito).
- ANDRADE RAMOS, J.R. & FRAENKEL, M.O. 1974. Uranium occurrences in Brazil. In: *Formation of Uranium Ore Deposits*, Proc. Symp. Athens, IAEA-SM-183/24, Vienna, p.637-657.
- ARAÚJO, J.B. 1941. Mina de Ouro de Quebra Osso. *Min.Met.*, 5:227-229.
- BARBOSA, M.P. 1988. *Estudo do relacionamento genético das feições geológicas na região do Espinhaço Meridional e adjacências, MG*. São Paulo, 237p. (Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- BONHOMME, M. 1976. Minéralogie des fractions fines et datations rubidium-strontium dans le groupe Bambuí, Minas Gerais, Brésil. *Rev.Bras.Gec.*, 6(4):211-222.
- BRAUN, O.P.G. 1982. Algumas correlações na geologia da quadrícula Serra da Piedade, no Quadrilátero Ferrífero. In: CONG.BRAS.GEOL., 32. Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG. v.1, p.115-125.
- BRITO NEVES, B.B.; KAWASHITA, K.; CORDANI, U.G.; DELHAL, J. 1979. A evolução geocronológica da cordilheira do Espinhaço: dados novos e integração. *Rev.Bras.Gec.*, 9(1):71-85.
- CVRD 1982. *Mapas e seções geológicas das minas Cauê, Dois Córregos, Periquito e Conceição*. CVRD. SUMIN, Itabira/Belo Horizonte.
- CARBONARI, F.S.; BORGES, N.R.A.; COLEHO, L.H.; FERREIRA, J.A.; POLÔNIA, J.C.; VALE, C.B.P. 1989. Iron ore deposits of the Itabira District, Brazil. *Econ.Geo.* (no prelo).

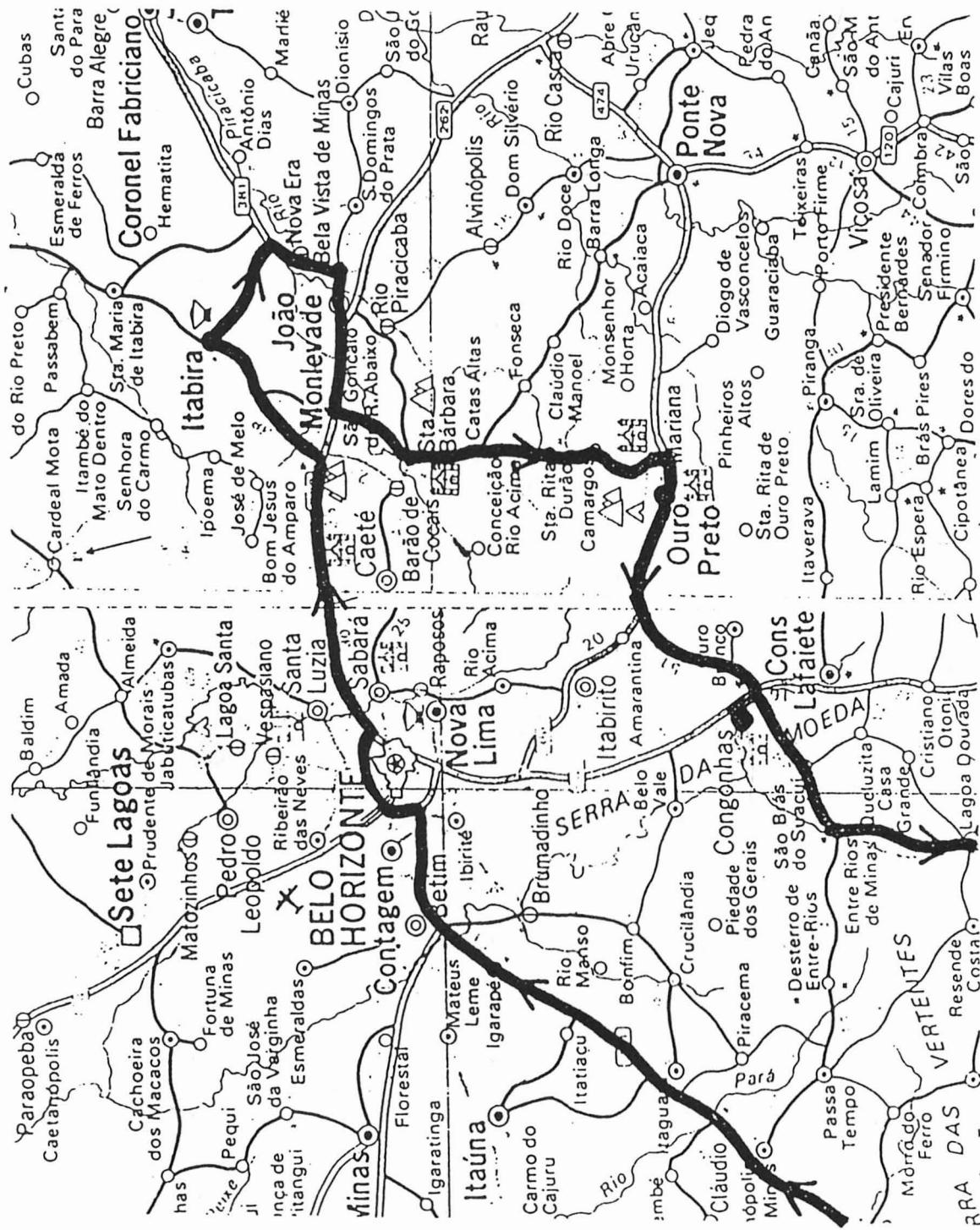
- CHEMALE Jr., F. 1987. *Tektonische, lagerstättenkundliche und petrographische Untersuchungen im Eisenerzrevier Itabira, Minas Gerais, Brasilien*. Clausthal-Zellerfeld, 140p. (Tese de Doutorado, Inst. Geol. Paläont., T.U. Clausthal). (inédito).
- CLOUD, P.E. & DARDEENNE, M.A. 1973. Proterozoic age of Bambuí Group in Brazil. *Geol.Soc.Amer.Bull.* (Boulder), 84(5):1673-1676.
- CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; MÜLLER, G.; QUADE, H.; REIMER, V.; ROESER, H. 1980. Interpretação tectônica e petrologia de dados geocronológicos do embasamento no bordo sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. *An.Acad.bras.Ci.*, 52(4):785-799.
- CORDANI, U.G.; TEIXEIRA, W.; PADILHA, A.V.P. 1985. O estado atual do conhecimento geocronológico de Minas Gerais. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 3. Belo Horizonte, 1985. *Anais...* Belo Horizonte, SBG. p.338-347.
- COSTA, M.T. & ROMANO, A.W. 1976. *Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, 1:1.000.000.* - 1 mapa, IGA (Inst.Geoicênc.APLIC.), Belo Horizonte.
- DERBY, O.A. 1906. The Serra do Espinhaço, Brazil. *J.Geol.*, 14:474-401.
- DORR, J.V.N. 1964. Supergene iron ores of Minas Gerais, Brazil. *Econ.Geol.*, 59(7):1203-1240.
- DORR, J.V.N. 1965. Nature and origin of the high-grade hematite ores of Minas Gerais, Brazil. *Econ.Geol.*, 60(1):1-46.
- DORR, J.V.N. 1969. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *USGS Prof. Pap.* 641-A, 110p., Washington.
- DORR, J.V.N. 1973. Iron Formation in South America. *Econ.Geol.*, 68:1005-1022.
- DORR, J.V.N. & BARBOSA, A.L.M. 1963. Geology and ore deposits of the Itabira District, 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.Prod.Min., Av. 81, 31p., Rio de Janeiro.
- ENGESSER, W. 1974. *Geologie, Petrographie und Altersstellung der Gesteine der südlichen Serra do Espinhaço (Minas Gerais, Brasilien)*. Freiberg. (Tese de Doutorado, Univ. de Freiburg i.Br.). (inédito).
- FOGAÇA, A.C.C.; ALMEIDA ABREU, P.A.; SCHORSCHER, H.D. 1984. Estratigrafia da seqüência supra-crustal arqueana na porção mediana-central da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. In: CONG.BRAS.GEOL., 33. Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. v.6, p.2654-2667.
- FREYBERG, B.V. 1934. *Die Bodenschaetze des Staates Minas Geraes*. Schweizerbart, Stuttgart, 453p.
- GAIR, J.E. 1962. Geology and ore deposits of the Nova Lima and Rio Acima quadrangles, Minas Gerais, Brazil. *USGS Prof. Pap.* 341-A, 67p., Washington.
- GIESE, P.S. & SCHÜTTE, K.G. 1980. Resultados das medidas de sísmica de refração a leste da Serra do Espinhaço, M.G., Brasil. In: HAUSER, G. ed. *Nuevos resultados de la investigación geocientífica alemana en Latino-America*. Bonn e Tübingen, Metzingen, p.44-50.
- GORCEIX, H. 1884. Bacias terciárias de água doce nos arredores de Ouro Preto (Gandarela e Fonseca), Minas Gerais, Brasil. Escola de Minas de Ouro Preto, *Annaes*, 3:95-114.
- GORCEIX, H. 1885. Estudos sobre a monazita e a xenotima do Brasil. Escola de Minas de Ouro Preto, *Annaes*, 4:29-49.
- GUBA, I. 1982. *Tektonik, Texturen und Mineralogie der präkambrischen Eisenerze und Nebengesteinsserien der Lagerstaette Morro Agudo im NE des Quadrilátero Ferrífero/Minas Gerais*, Brasilien. Clausthal-Zellerfeld., 342p. (Tese de Doutorado, TU Clausthal). (inédito),
- GUIMARÃES, D. 1933. Os anfibolitos da região diamantífera do norte de Minas Gerais. *An.Acad.bras.Ci.*, 5(4):237-258.
- HÄNNI, A.H.; SCHWARZ, D.; FISCHER, M. 1987. The emeralds of the Belmont mine, Minas Gerais, Brazil. *J.Gemmol.*, 20(7/8):446-456.
- HARALYI, N.L.E. & HASUI, Y. 1982. The gravimetric information and the archean-proterozoic structural framework of eastern Brazil. *Rev.Bras.Geoc.*, 12(1-3):160-166.
- HARALYI, N.L.E.; HASUI, Y.; MIOTO, J.A.; HAMZA, V.M.; RODRIGUES, C.R.V. 1985. Ensaio sobre a estruturação crustal do Estado de Minas Gerais com base na informação geofísica e geológica. In: Contribuições à geologia e a petrologia, *Boletim Especial*, SBG, Núcleo Minas Gerais, Belo Horizonte, p.71-93.
- HARDER, E.C. & CHAMBERLIN, R.T. 1915. The Geology of central Minas Geraes, Brazil. *J.Geol.*, 23:341-378 e 385-424.
- HARGRAVES, R.B. 1976. Precambrian geologic history. *Science*, 193(4251):363-371.
- HETTICH, M. 1977. A glaciação proterozoica no centro-norte de Minas Gerais. *Rev.Bras.Geoc.*, 7:87-101.
- HERZ, N. 1970. Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *USGS Prof.Pap.*, 641-B, 58p., Washington.
- HERZ, N. 1978. Metamorphic rocks of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *USGS Prof.Pap.*, 641-C, 81p., Washington.
- HOEFS, J.; MÜLLER, G.; SCHUSTER, A.K. 1980. Sauerstoff-Isotopen-Thermometrie zur Genese präkambrischer Eisenreicherze des Eisernen Vierecks in Minas Gerais, Brasilien. *Fortschr.Mineral.*, 58, Beih. 1:55-56.

- INDA, H.A.V.; SCHORSCHER, H.D.; DARDENNE, M.A.; SCHOBENHAUS, C.; HARALYI, N.C.L.; BRANCO, P.C.A.; RAMALHO, R. 1984. O cráton do São Francisco e a faixa de dobramentos Araçuaí. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. (coords.) *Geologia do Brasil*, DNPM, Div. Geol. Mineral, Brasília, p.193-248.
- KARFUNKEL, J.; PEDROSA SOARES, A.C.; DOSSIN, I.A. 1985. O Grupo Macaúbas, Minas Gerais, e revisão dos conhecimentos. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 3. Belo Horizonte, 1985. *Anais...* Belo Horizonte, SBG, p.45-59.
- KARFUNKEL, H. & HOPPE, A. 1987. Late proterozoic glaciation in central-eastern Brazil: synthesis and model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 65:1-21.
- KEHRER, P. 1972. Zur Geologie der Itabirite in der südlichen Serra do Espinhaço (Minas Gerais, Brasilien). *Geol.Rundsch.*, 61(1):216-249.
- KNEIDL, V. & SCHORSCHER, H.D. 1972. Faziesübergänge der Minas-Serie im Raum zwischen Itabira und Altamira (Minas Gerais, Brasilien). *N.Jb.Geol.Paläont. Mh. Jg.*, p.224-235.
- LADEIRA, E.A. 1980. *Metallogenesis of gold at the Morro Velho mine and in the Nova Lima district, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Ontário, 272p. (Tese de Doutorado, Univ. of Western Ontario). (inédito),
- LADEIRA, E.A. 1988. Metalogenia dos depósitos de ouro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C.E.S. (coords.) *Principais depósitos minerais do Brasil*, DNPM-CVRD e CPRM, Brasília, p.301-375.
- LADEIRA, E.A. & VIVEIROS, J.F.M. 1984. Hipótese sobre a estruturação do Quadrilátero Ferrífero com base nos dados disponíveis. Belo Horizonte, SBG Núcleo Minas Gerais. 19p. (Boletim 4)
- LOBATO, L.M.; ROSIERE, C.A.; RIFFEL, B.F. 1989. Metamorfismo em zonas de cisalhamento na Fm. Moeda: implicações metalogenéticas e deformacionais. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 5. Belo Horizonte. 1989. *Anais...* Belo Horizonte, SBG. p.11-15.
- LOCZY, L. & LADEIRA, E.A. 1976. *Geologia estrutural e introdução à geotectônica*. Edgard Blücher, CNPq, São Paulo, 528p.
- LUCHESI, I. 1991. *Evolução petrogenética e metalogenética da Serra da Boa Vista, Quadrilátero Ferrífero, MG*. São Paulo, 134p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- LUCHESI, I. & SCHORSCHER, H.D. 1990. Evolução petrogenética e metalogenética da Serra da Boa Vista, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *2º Relatório Científico* (relat. final), FAPESP, Nº 88/0806-1, São Paulo.
- MACHADO, N.; NOCE, C.M.; OLIVEIRA, O.A.B.; LADEIRA, E.A. 1989a. Evolução geológica do Quadrilátero Ferrífero no Arqueano e Proterozóico Inferior com base em geocronologia U/Pb. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 5. Belo Horizonte, 1989. *Anais...* Belo Horizonte, SBG. p.1-5.
- MACHADO, N.; SCHRANK, A.; ABREU, F.R.; KNAUER, L.G.; ALMEIDA ABREU, P.A. 1989b. Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço meridional. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 5. Belo Horizonte, 1989. *Anais...* Belo Horizonte, SBG. p.171-174.
- MARANHÃO, C.M.L. 1979. Sobre a ocorrência de pirita detritica nos metaconglomerados uraníferos da Formação Moeda - Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: SIMP. GEOL. NORDESTE, 9. Natal, 1979. *Resumos...* Natal. p.75.
- MAXWELL, C.H. 1972. Geology and ore deposits of the Alegria District, Minas Gerais, Brazil. *USGS Prof.Pap.*, 341-J, 72p., Washington.
- MOERI, E. 1972. On a columnar stromatolite in the precambrian Bambuí Group of central Brazil. *Eclog.Geol.Helv.*, 65(1):185-195.
- MOORE, S.L. 1969. Geology and ore deposits of the Antônio dos Santos, Gongo Sôco and Conceição do Rio Acima quadrangles, Minas Gerais, Brazil. *USGS Prof.Pap.*, 341-I, 50p., Washington.
- MORAES, L.J. & BARBOSA, O. 1939. Ouro no Centro de Minas Gerais. Rio de Janeiro, DNPM. Dir. Fom. Prod. Miner. 185p. (Boletim 38).
- MÜLLER, G.; SCHUSTER, A.; HOEFS, J. 1982. Oxygen isotope variations in polymetamorphic iron ores from the Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Rev.Bras.Geoc.*, 12(1-3):348-355.
- PARENTI COUTO, J.G.; TEIXEIRA, W.; CORDANI, U.G. 1983. Considerações sobre as principais épocas de fraturamento do Cráton do São Francisco, com base em datações K-Ar em rochas básicas. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 2. Belo Horizonte, 1983. *Anais...* Belo Horizonte. p.38-49.
- PERICON, M.Z. & QUEMENEUR, J.J. 1982. Tectônica de nappes e séries transgressivas no Quadrilátero Ferrífero. In: CONG.BRAS.GEOL., 32. Salvador, 1982. *Anais...* Salvador, SBG. v.1, p.153-167.
- PFLUG, R. 1965a. A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais. Rio de Janeiro, DNPM. Div. Geol. Mineral. 55p. (Boletim 226).
- PFLUG, R. 1965b. Zur Geologie der Südlichen Espinhaço-Zone und ihrer präkambrischen Diamantvorkommen, Minas Gerais, Brasilien. *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, 115:177-215.
- PFLUG, R. 1967. Die präkambrische Miogeosynklinale der Espinhaço Kordillere, Minas Gerais, Brasilien. *Geol.Rdsch.*, 56:825-844.

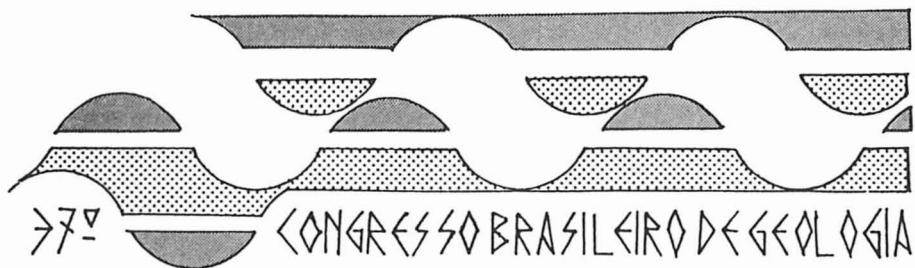
- PFLUG, R. 1968. Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais. DNPM Div.Geol.Mineral, Rio de Janeiro, *Notas Prelim. e Est.* 142, 20p.
- PFLUG, R. & RENGER, F. 1973. A evolução geológica da margem SE do Craton Sanfranciscano. In: CONG.BRAS.GEOL., 27. Aracaju, 1973. *Anais...* Aracaju, SBG. v.2, p.5-19.
- PIRES, F.R.M. 1977. *Geologia do distrito manganesífero de Conselheiro Lafaiete*. Rio de Janeiro, 344p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro).
- PIRES, F.R.M. 1979. *Structural geology and stratigraphy at the junction of the Curral Anticline and the Moeda Syncline, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Michigan, 220p. (Tese de Doutorado, Michigan Technol. Univ.). (inédito).
- POMERENE, J.B. 1964. Geology and ore deposits of the Belo Horizonte, Ibirité and Macacos quadrangles, Minas Gerais, Brazil. *USGS Prof.Pap.*, 341-D, 84p., Washington.
- REEVES, R.G. 1966. Geology and mineral resources of the Monlevade and Rio Piracicaba quadrangles, Minas Gerais, Brazil. *USGS Prof.Pap.*, 341-E, 58p., Washington.
- RENGER, F.; SILVA, R.M.P.; SUCKAN, V.E. 1988. Ouro nos conglomerados da Formação Moeda, Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: CONG.BRAS.GEOL., 35. Belém, 1988. *Anais...* Belém, SBG. v.1, p.44-57.
- RODRIGUES, F.A.C.; COSTA, A.F.; SOUZA, R.A.C.; ROSIERE, C.A. 1989. Sistemas de cavagamento do nordeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 5. Belo Horizonte, 1989. *Anais...* Belo Horizonte. p.6-10.
- ROESER, H. 1977. *Petrographisch-geochemische Untersuchungen der metamorphen Gesteinsserien im südlichen Grenzbereich des Eisernen Vierecks, Minas Gerais, Brasilien*. Clausthal. (Tese de Doutorado, Univ.Clausthal). (inédito).
- ROESER, H.; SCHÜRMANN, K.; TOBSCHALL, H.J. 1989. Ouro Preto - ouro paladiado? In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 5. Belo Horizonte, 1989. *Anais...* Belo Horizonte. p.41-44.
- SCHOBENHAUS, C. & CAMPOS, D.A. 1984. A evolução da plataforma sul-americana no Brasil e suas principais concentrações minerais. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.D.A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. (coords.) *Geologia do Brasil*. Brasília, DNPM, Div. Geol. Mineral, p.9-53.
- SCHÖLL, W.U. 1972. Der südwestliche Randbereich der Espinhaço-Zone, Minas Gerais, Brasilien. *Geol.Rundsch.*, 61(1):201-216.
- SCHÖLL, W.U. 1973a. *Sedimentologie und Geochemie der Bambuí-Gruppe am SE-Rand des São Francisco Beckens, Minas Gerais, Brasilien*. Heidelberg, 301p. (Tese de Doutorado, Univ.de Heidelberg). (inédito).
- SCHÖLL, W.U. 1973b. Sedimentologie der Bambuí-Gruppe im SE-Teil des São Francisco Beckens (Minas Gerais, Brasilien). *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, H. 31/32:71-91.
- SCHÖLL, W.U. 1976. Sedimentologia e geoquímica do Grupo Bambuí na parte sudeste da Bacia do São Francisco. In: CONG.BRAS.GEOL., 29. Ouro Preto, 1976. *Anais...* Ouro Preto, SBG. v.2, p.207-232.
- SCHORSCHER, H.D. 1973a. A geologia da região de Itabira. *Relatório de mapeamento 1:20.000*, CVRD (inédito).
- SCHORSCHER, H.D. 1973b. Zur liegenden Abgrenzung der präkambrischen Minas-Gruppe, am Beispiel des Raumes Itabira, Minas Gerais, Brasilien. *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, 31/32:29-53.
- SCHORSCHER, H.D. 1975a. *Entwicklung des polymetamorphen präkambrischen Raumes Itabira, Minas Gerais, Brasilien*. Heidelberg, 304p. (Tese de Doutorado, Univ. Heidelberg). (inédito).
- SCHORSCHER, H.D. 1975b. Zur Bildung der metamorphen, itibiritischen Reicherze im Raum Itabira, Minas Gerais, Brasilien. *Fortschr.Mineral.*, 53, Beih., 1:73.
- SCHORSCHER, H.D. 1976a. Polimetamorfismo do Pré-Cambriano na região de Itabira, Minas Gerais, Brasil. In: CONG.BRAS.GEOL., 29. Ouro Preto, 1976. *Resumos...* Ouro Preto, SBG. p.194-195.
- SCHORSCHER, H.D. 1976b. Alpinotype Deckentektonik im Prækambrium des Eisernen Vierecks, Minas Gerais, Brasilien. In: GEOWISS. LATEINAMÉRIKA-KOLLOQUIUM, Tagungsunterl, 5. Clausthal-Zellerfeld, 1976. *Resumos...* Clausthal-Zellerfeld, p.33-35.
- SCHORSCHER, H.D. 1978. Komatiítos na estrutura "Greenstone Belt" Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: CONG.BRAS.GEOL., 30. Recife, 1978. *Resumos...* Recife, SBG. p.292-293.
- SCHORSCHER, H.D. 1979. Evolução geotectônica e petrogenética do embasamento arqueano do Quadrilátero Ferrífero. *An.Acad.bras.Ci.*, 51(4):767-768.
- SCHORSCHER, H.D. 1980a. Contribuição à estratigrafia proterozóica do Quadrilátero Ferrífero. *An.Acad.bras.Ci.*, 52(1):195.
- SCHORSCHER, H.D. 1980b. Geotectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Brazil. In: INTER.GEOL.CONG., 26. Paris, 1980. *Abstracts...* Paris. v.2, p.613.
- SCHORSCHER, H.D. 1980c. Zinc - a useful element for the prospection of pre-cambrian chromitites? In: INTER.GEOCHEM.EXPLOR.SYMP., 8. Hannover, 1980. *Abstracts...* Hannover. p.47.
- SCHORSCHER, H.D. 1988. NE Quadrilátero Ferrífero and adjacent areas. In: INTER.CONFERENCE:

- GEOCHEMICAL EVOLUTION OF THE CONTINENTAL CRUST. Poços de Caldas, 1988. *Guidebook*, 96p.
- SCHORSCHER, H.D. & GUIMARÃES, P.F. 1976. Estratigrafia e tectônica do Supergrupo Minas e geologia do Distrito Ferrífero de Itabira. In: CONG.BRAS.GEOL., 29. Ouro Preto, 1976. *Roteiro das Excursões*. Ouro Preto, SBG. p.75-86.
- SCHORSCHER, H.D. & LETERRIER, J. 1980. Metasomatic formation of granitic rocks: Petrology and Chemistry. INTER.GEOL.CONG., 26. Paris, 1980. *Abstracts...* Paris. v.1, p.87.
- SCHORSCHER, H.D. & MÜLLER, G. 1977. Granitisation tiefkrustaler Mylonite durch metasomatische Feldspatisierung im Präkambrium E-Brasiliens. *Fortschr. Miner.* 55, Beih. 1:123-124.
- SCHORSCHER, H.D.; SANTANA, F.C.; POLONIA, J.C.; MOREIRA, J.M.P. 1982. Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais State: Rio das Velhas greenstone belt and Proterozoic rocks. ISAP, SME/BA, Salvador, BA, *Excursions Annex*, 46 p.
- SCHORSCHER, H.D.; SVISERO, D.P.; SOUZA, J.L. 1990. Aspectos genéticos da jazida de esmeralda de Itabira, Minas Gerais. In: CONG.BRAS.GEOL., 36. Natal, 1990. *Resumos...* Natal, SBG. p.126-127.
- SICHEL, S.E. 1983. *Geologia das rochas pré-cambrianas da região de Barão de Cocais e geoquímica preliminar dos komatiítos do Supergrupo Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Rio de Janeiro, 232p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro).
- SIGA Jr., O. 1986. *A evolução geotectônica da porção nordeste de Minas Gerais, com base em interpretações geocronológicas*. São Paulo, 140p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- SIGA Jr., O.; CORDANI, U.G.; BASEI, M.A.S.; TEIXEIRA, W.; KAWASHITA, K.; VAN SCHMUS, R.W. 1987. Contribuição ao estudo geológico-geocronológico da porção nordeste de Minas Gerais. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 4. Belo Horizonte, 1987. *Anais...* Belo Horizonte. p.29-44.
- SIMMONS, G.C. 1968a. Geology and iron deposits of the western Serra do Curral, Minas Gerais, Brazil. *USGS Prof.Pap.*, 341-G, 57p., Washington.
- SIMMONS, G.C. 1968b. Geology and mineral resources of the Barão de Cocais area, Minas Gerais, Brazil. *USGS Prof.Pap.*, 341-H, 46p., Washington.
- SIMMONS, G.C. & MAXWELL, C.H. 1961. Grupo Tamanduá da Série Rio das Velhas. Rio de Janeiro, DNPM. Div.Geol.Mineral. 30p. (Boletim 221).
- SOMMER, F.W. & LIMA, C.D. 1967. Contribuição à paleoflora de Fonseca, Minas Gerais. *An.Acad.bras.Ci.*, 39(3-4):537-538.
- SOUZA FILHO, C.R.; RODRIGUES, L.C.R.; CHEMALE Jr., F.; ALKMIM, F.F. 1989. Aspectos deformacionais e relações litoestratigráficas na mina de Conceição, Distrito Ferrífero de Itabira, Minas Gerais. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 5. Belo Horizonte, 1989. *Anais...* Belo Horizonte. p.16-20.
- SOUZA, J.L. 1988. *Geologia e mineralogia da esmeralda da jazida de Itabira, Minas Gerais*. São Paulo, 192p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- SOUZA, J.L.; MENDES, J.C.; GARIBALDI, E.; SVISERO, D.P. 1989. Aspectos geológicos da área do garimpo de Capoeirana, Nova Era: uma nova ocorrência de esmeralda em Minas Gerais. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 5. Belo Horizonte, 1989. *Anais...* Belo Horizonte. p.94-98.
- SPERBER, M.v. 1975. *Geologie des Präkambriums am Süd-West-Rand der Serra do Cipó (Serra do Espinhaço - Minas Gerais - Brasilien)*. Freiburg, 76p. (Tese de Doutorado, Univ. de Freiburg i.Br.). (inédito).
- SPERBER, M.v. 1977. Geologie des Präkambriums am Südweststrand dere Serra do Cipó, Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasilien. *Geol.Jahrb. Reihe B*, 24:93-148, Hannover.
- TEIXEIRA, W. 1982. Geochronology of the southern part of the São Francisco Craton. *Rev.Bras.Gec.*, 12(1-3):268-277.
- TEIXEIRA, W. 1985. *A evolução geotectônica da porção meridional do Cráton do São Francisco, com base em interpretações geocronológicas*. São Paulo, 207p. (Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).
- TEIXEIRA, W.; FONSECA, A.C.; POUPEAU, G.; PADILHA, A.V.; ZAPPARELLI, L.H.; KAWASHITA, K.; KHOURY, M.C. 1985. Esboço da evolução tectônica da parte sul do Cráton do São Francisco: uma interpretação com base nos dados Rb-Sr, K-Ar, Pb-Pb e traços de fissão. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 3. Belo Horizonte, 1985. *Anais...* Belo Horizonte. p.28-44.
- TEIXEIRA, W.; JORDT EVANGELISTA, H.; KAWASHITA, K.; TAYLOR, P.N. 1987. Complexo granulítico de Acaíaca, MG: idade, petrogênese e implicações tectônicas. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 4. Belo Horizonte, 1987. *Anais...* Belo Horizonte. p.58-71.
- 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.Gec.*, 14(3):147-152.
- TOLBERT, G.E. 1964. Geology of the Raposos gold mine, Minas Gerais, Brazil. *Econ.Geo.*, 59(5):775-798.
- UHLEIN, A. 1982. *Geologia e mineralizações de cromita e itabiritos da região de Serro, MG*. Brasília, 189p. (Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Brasília).

- UHLEIN, A.; ASSIS, L.C.; DARDENNE, M.A. 1983. As mineralizações de ouro e cromita da seqüência vulcano-sedimentar do Serro, MG. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 2. Belo Horizonte, 1983. *Anais...* Belo Horizonte. p.306-320.
- VARAJÃO, C.A.C.; BOULANGÉ, B.; CARVALHO, A. 1989. A jazida de Macaquinho e a questão da idade das jazidas de bauxita do Quadrilátero Ferrífero, MG. In: SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, 5. Belo Horizonte, 1989. *Anais...* Belo Horizonte. p.21-25.
- VAZ DE MELO, M.T.; BORBA, R.R.; COELHO, W.A. 1986. O Distrito Ferrífero de Itabira: minas do Cauê, Conceição, Dois Córregos, Periquito, Onça, Chacrinha e Esmeril. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C.E.S. (coords.) *Principais depósitos minerais do Brasil*. Brasília, DNPM-CVRD e CPRM,, p.7-28.
- VIAL, D.S. 1988. Mina de ouro da Passagem, Mariana, Minas Gerais. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C.E.S. (coords.) *Principais depósitos minerais do Brasil*. Brasília, DNPM-CVRD e CPRM,, p.421-430.
- VIAL, D.S. 1988. Mina de ouro de Cuiabá, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C.E.S. (coords.) *Principais depósitos minerais do Brasil*. Brasília, DNPM-CVRD e CPRM,, p.413-419.
- VIEIRA, F.W.R. & OLIVEIRA, G.A.J. 1988. Geologia do Distrito Ferrífero de Nova Lima, Minas Gerais. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C.E.S. (coords.) *Principais depósitos minerais do Brasil*. Brasília, DNPM-CVRD e CPRM,, p.377-391.
- VILLAÇA, J.N. 1981. Alguns aspectos sedimentares da Formação Moeda. Belo Horizonte, SBG, Núcleo Minas Gerais. p.93-137 (Boletim 2).
- WAHLE, C.W. 1943. Estudos de alguns minérios de ouro dos municípios de Santa Bárbara, Caeté e Mariana, Minas Gerais. Rio de Janeiro, Lab. Prod. Min. p.71-82 (Boletim 8).
- WIEDEMANN, C. & SCHORSCHER, H.D. 1978. Zinco nas rochas ultrabásicas e nos cromititos da região de Itabira, Minas Gerais, Brasil. In: CONG.BRAS.GEOL., 30. Recife, 1978. *Resumos...* Recife, SBG. p.211-212.
- WYMAN, D.A. & KERRICH, R. 1989. Noble metal and Au-related trace element abundances of archean shoshonitic lamprophyres: significance for gold mineralization. In: GAC-MAC ANN. MEETING. Montreal, 1989. *Program with Abstracts*. Montreal, Geol. & Mineral. Assocs. p.A46.



Anexo 1 - Mapa rodoviário (recorte) com o itinerário da excursão.



SÃO PAULO
9 a 15 de dezembro de 1992

COMISSÃO ORGANIZADORA

<i>Coordenador:</i>	Cláudio Riccomini
<i>Secretaria:</i>	Sérgio K.Rodriguez
	Tânia de Oliveira Braga
<i>Tesouraria:</i>	Wilson S.Yomasa
	Luiz Antonio P.Souza
<i>Rec.Financeiros:</i>	Julian Garcia Alves
	Luiz Sguissard do Carmo
<i>Coord. de Simpósios:</i>	Valdecir A.Janasi
	Harmi Takiya
<i>Coord. de Cursos:</i>	Alex U.G.Peloggia
<i>Coord. de Excursões:</i>	Lucy Gomes Sant'anna
	Luzia H.S.Barros
<i>Consultor Geral:</i>	Gilberto Amaral
<i>Organização Técnica:</i>	Inst.de Geociências (IG-USP)

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA

DIRETORIA EXECUTIVA NACIONAL

Presidente: Francisco Celso Pontes
Vice-Presidente: Antonio Carlos Gondim de Andrade e Silva
Diretor-Secretário: Alex Ubiratan Goossens Peloggia
Diretor-Tesoureiro: Sérgio Brandolise Citroni
Diretora de Publicações: Maria das Graças Feitosa da Costa
1º Diretor Suplente: Manuel Lamartin Montes
2º Diretor Suplente: Enio Soliani Júnior

DIRETORIA DO NÚCLEO SÃO PAULO

Presidente: Sérgio K.Rodriguez
Vice-Presidente: Paulo C.Boggiani
1º Secretária: Harmi Takiya
2º Secretária: Tânia de Oliveira Braga
1º Tesoureiro: Luiz Antônio P.Souza
2º Tesoureiro: Olga B.Escudero
Dir.Publicações: Valdecir A.Janasi
Suplentes: José Carlos Garcia Ferreira
Walter Malagutti
Conselheiros: Antônio Luiz Teixeira
Gerôncia A.Rocha
Suplentes: Alvaro P.Crôsta
Luiz Alberto Fernandes

