UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004623

CARACTERIZAÇÃO DOS PROCESSOS GEOLÓGICO-
EVOLUTIVOS PRECAMBRIANOS NA REGIÃO DE SÃO
FIDÉLIS, NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Job Jesus Batista

Orientador: Prof. Dr. Marcos Aurélio Farias de Oliveira

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome	ass.
Presidente:	Dr. M.A.F. de Oliveira	
Examinadores:	Dr. L.A. Moutinho da Costa	
	Dr. J.M.V. Coutinho	
	Dr. H.D. Schorscher	
	Dr. K. Kawashita	

São Paulo

1984

Ao companheirismo de Regina,
Marília, Jobinho e Márcio

ÍNDICE

	Página
RESUMO	v
ABSTRACT	viii
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>OBJETIVOS</u>	6
3 - <u>METODOLOGIAS</u>	9
4 - <u>ESTUDOS ANTERIORES</u>	11
4.1 - CONCEITUAÇÕES GEOTECTÔNICAS	11
4.2 - CONCEITUAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS	14
5 - <u>LITOLOGIAS</u>	18
6 - <u>ENTIDADES ESTRATIGRÁFICAS</u>	21
6.1 - ASSOCIAÇÃO PARAÍBA DO SUL	23
6.1.1 - Complexo Juiz de Fora	25
6.1.2 - Complexo Paraíba	28
6.1.3 - Complexo Serra dos Órgãos	30
7 - <u>PROCESSOS METAMÓRFICOS</u>	39
7.1 - O EMBASAMENTO PLUTÔNICO	39
7.2 - AS SUPRACRUSTAIS	42
7.3 - AS ROCHAS CATACLÁSTICAS	45
7.4 - OS GNAISSES GRANITÓIDES E OS MIGMATITOS	46
7.5 - CONDIÇÕES DE METAMORFISMO	48
8 - <u>ANÁLISE DOS DADOS QUÍMICOS</u>	50
9 - <u>EVOLUÇÃO TECTÔNICA, ESTRUTURAL E TEXTURAL</u>	69
9.1 - CONSIDERAÇÕES TECTÔNICAS REGIONAIS	69
9.2 - EVOLUÇÃO ESTRUTURAL E TEXTURAL	72
10 - <u>ANÁLISE DAS RELAÇÕES TEMPORAIS</u>	79
10.1 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ANTERIORES	80
10.2 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	83

	Página
11 - <u>EVOLUÇÃO GEOLÓGICA</u>	91
11.1 - O ARQUEANO	91
11.1.1 - Embasamento Plutônico	92
11.1.2 - Sequência supracrustal	96
11.2 - O CICLO TRANSAMAZÔNICO	98
11.3 - O CICLO BRASILIANO	99
11.4 - O FANEROZÓICO	105
12 - <u>CONCLUSÕES</u>	107
13 - <u>AGRADECIMENTOS</u>	112
14 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	114

APÊNDICE I - RESULTADOS ANALÍTICOS Rb-Sr de AMOSTRAS NÃO UTILIZADAS NAS I- SÓCRONAS	123
---	-----

ANEXOS	- MAPAS GEOLÓGICOS I e II
--------	---------------------------

ÍNDICE DAS ILUSTRAÇÕES

Página

FIGURAS

1.1 - Mapa de localização da área	2
1.2 - Mapa de localização dos pontos de amostragem para geocronologia e geoquímica	5
8.1 - Diagrama de variação	54
8.2 - Diagrama de variação	55
8.3 - Projeção dos valores de Niggli	57
8.4 - Projeção dos valores de Niggli	58
8.5 - Distribuição TiO_2 - SiO_2	59
8.6 - Relação entre ferro total e MnO e TiO_2	60
8.7 - Relação entre ferro total (Fe_2O_3) e MgO	61
8.8 - Diagrama AFM	61
8.9 - Diagrama NKC	63
8.10 - Diagrama de composição Al_2O_3 - CaO -(MgO + FeO)	63
8.11 - Diagrama ACF e A'FK	65
10.1 - Isócrona dos enderbitos e leptinitos da Unidade Bela Joana	85
10.2 - Isócrona dos gnaisses da Unidade Angelim	85
10.3 - Isócrona dos gnaisses da Unidade Trajano de Moraes	87
10.4 - Isócrona dos gnaisses da Unidade S.Fidélis	87
10.5 - Isócrona dos migmatitos da Unidade Sto. Eduardo	89
10.6 - Isócrona dos neossomas de migmatitos da Unidade S.Fidélis	89

Página

TABELAS

8.1 - Resultados de análises químicas	52
10.1 - Resultados analíticos Rb-Sr (rocha total) de amostras utilizadas nas isócronas	84

QUADRO

6.1 - Entidades estratigráficas	24
---------------------------------	----

FOTOGRAFIAS

1 - Gnaiss típico da Un. Angelim (amostra de mão)	26
2 - Idem da Unidade Italva	26
3 - Idem da Unidade Desengano	32
4 - Afloramento com alternância de rochas das unidades Desengano e Bela Joana	32
5 - Contato entre as unidades Desengano e Traja no de Moraes.	33
6 - Afloramento típico da Un. Conceição de Maca- bu	33
7 - Amostra típica da Unidade Ernesto Machado	35
8 - Idem dos gnaisses da Unidade S. Fidélis	35
9 - Afloramento típico da Unidade S. Fidélis	37
10 - Idem da Unidade S. João do Paraíso	37

FOTOMICROGRAFIAS

1 - Textura de gnaiss da Unidade Italva	102
2 - Feição característica, microscópica, dos gnaisses da Unidade São Fidélis	102

PRANCHAS

I - Feição mesoscópica da evolução estrutural das rochas charnockíticas	93
II - Evolução textural das rochas charnockíticas	94

RESUMO

Após vários anos de levantamento geológico básico na região norte do estado do Rio de Janeiro, propôs-se o desenvolvimento de pesquisa mais detalhada, de cunho científico mais profundo, tendo em vista a variedade de interrogações petrogenéticas que se levantavam dentro do panorama geológico-evolutivo, configurado como de extrema complexidade .

Além dos trabalhos iniciais de mapeamento geológico sistemático, na escala 1:50.000, foram implementados trabalhos adicionais de campo em áreas selecionadas, petrografia de detalhe, estudos geocronológicos e abordagens geoquímicas.

As feições tectônicas, estruturais e texturais, bem como as evidências petrológicas e os padrões geocronológicos e geoquímicos apresentados pelas rochas estudadas, permitem a caracterização dessa faixa como de típico cinturão móvel ("mobile belt") ensialico. O relacionamento complexo entre os vários tipos litológicos é condicionado pelo caráter policíclico da faixa estudada , onde ocorreram diversos processos (plutonismo, migmatização, metamorfismo, deformação, anatexis ou palingênese, etc.) em diferentes fases precambrianas, muito provavelmente sendo atribuída ao Arqueano a fase primordial geradora de rochas.

Acredita-se que boa parte da crosta continental dessa região já estava formada desde o Arqueano, sendo de constituição siálica, havendo retrabalhamento por deformação cisalhante no Ciclo Transamazônico e por anatexis/palingênese no Brasiliano.

Relacionado ao Arqueano ter-se-ia o embasamento plutônico (Agrupamento I do Complexo Juiz de Fora), de afinidade tonalítica (enderbitos e gnaisses porfiroblásticos), representando crescimento crustal através de processos plutônicos, com "trend" de diferenciação predominantemente de natureza calco-alcalina. Algumas indicações toleíticas poderiam significar um certo caráter bimodal. A esse embasamento sobrepor-se-ia pilha supracrustal (Agrupamento

mento III - Complexo Paraíba), cujos produtos originais, depositados em tempos pré-Transamazônicos, seriam pelitos, psamo-pelitos, psamitos, margas, calcários, dolomitos, além da contribuição vulcânica.

Durante o Ciclo Transamazônico (Proterozóico inferior) todo o conjunto arqueano (embasamento + supracrustais) seria intensamente afetado por movimentos cisalhantes, promovendo forte - blastomilonitização e cataclase, com aparecimento da primeira fase de migmatização, de caráter sin-tectônico, onde duas entidades apresentam expressão cartografável (unidades São José de Ubá e Monte Verde - Agrupamento II do Complexo Juiz de Fora).

No Ciclo Brasileiro (Proterozóico superior) ocorre generalizada anatexis formando importantes massas granitóides e migmatitos a partir de produtos rochosos com vivência crustal anterior, caracterizando as entidades do Complexo Serra dos Órgãos. Também, neste ciclo, ocorreram falhamentos transcorrentes em faixas reativadas.

Não negligenciável é a possibilidade de atuação de evento intermediário entre os ciclos Transamazônico e Brasileiro (Ciclo Uruaquano), relacionado ao Proterozóico médio ($\pm$ 1.000 m.a.). Suportando esta hipótese existem algumas insinuações em resultados geocronológicos publicados.

No Meso-cenozóico atuaram processos tracionais, responsáveis pela quebra, fragmentação e separação do Gondwana, aos quais se ligariam magmatismo básico (diques de diabásio), magmatismo alcalino e formação de bacias costeiras.

A evolução cinemática do cinturão é largamente dominada por movimentos verticais, porém análise de zonas de cisalhamento indicam movimentos transcorrentes.

Pelas descrições dos processos atuantes no Arqueano, Proterozóico inferior, Proterozóico superior e Fanerozóico chega-se a uma postura não-uniformitarista em relação aos regimes tectônicos que afetaram esta porção da Província Mantiqueira, no norte fluminense, atribuindo-se-lhe rápido crescimento no Arqueano por fenômenos plutônicos; cisalhamento intenso no Proterozóico inferior; predominância de eventos termais e reativações deformacionais

no Proterozóico superior e processos tracionais no Fanerozóico. Desta maneira estabelecem-se grandes descontinuidades entre cada uma das eras geológicas.

ABSTRACT

This work deals with a study of geological processes in the evolution of a part of the North Fluminense region, which belongs to a polycyclic mobile belt.

Besides the systematic 1:50.000 scale geological mapping, additional field work was carried out followed by detailed petrography, geochronological studies and geochemistry.

In accord with the description of the processes that occurred in the Archean, Lower and Upper Proterozoic and Phanerozoic, a non-uniformitarian view is adopted for the tectonic regimes that affected this part of the Mantiqueira Province. The overall picture can be envisaged as one of rapid growth by plutonic phenomena ascribed to the Archean, intense shearing during Lower Proterozoic, predominance of thermal events and reactivated deformation in the Upper Proterozoic, and tractional processes in the Phanerozoic. In this way, distinct and significant discontinuities can be established between each geological era.

1 - INTRODUÇÃO

A área pesquisada situa-se na região norte fluminense (q.v. FIGURA 1.1), citando-se, como elemento geomórfico de referência mais notório, o rio Paraíba do Sul que a atravessa no sentido aproximado W-E, já no seu curso baixo.

Orograficamente, a região apresenta relevo de transição que corresponde à extremidade setentrional do sistema serra do Mar, cujo conjunto montanhoso recebe, em grande extensão do estado do Rio de Janeiro, a denominação mais regional de serra dos Órgãos. Imediatamente a norte da área estudada, a transição se faz para o sistema orográfico Caparaó.

Um total aproximado de 4.500 km² representa a superfície estudada, cujos trabalhos iniciais datam de 1977, por conta do convênio entre o Departamento de Recursos Minerais, órgão da administração estadual (DRM-RJ), e a TRISERVICE, em cumprimento à parte do Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro, na escala 1:50.000. Em virtude de terem sido palmilhadas mais amiúde pelo pesquisador, e por conterem os registros geológicos das seqüências evolutivas julgadas de interesse, de um total de 10 (dez) folhas foram selecionadas 6 (seis) quadrículas para estudos acadêmicos, tendo-se em vista uma série de questões levantadas quando se tentava um modelo geológico-evolutivo consistente. Assim sendo, aproveitou-se a cartografia geológica já elaborada, com boa dose de segurança e desenvolveu-se a pesquisa nas folhas: Italva, Cambuci, São Fidélis, Conceição de Macabu, Dolores de Macabu e Carapebus (q.v. mapas geológicos anexos).

A presença expressiva de rochas hiperstênicas torna a área estudada bastante sedutora para pesquisas petrogenéticas, uma vez que essas litologias estimulam o interesse dos petrólogos do mundo inteiro, pelas suas peculiaridades mineralógicas e texturais. Além disso, através do seu estudo, procura-se o entendimento dos fenômenos geológicos que teriam ocorrido nos níveis crustais mais profundos. Na busca dessa compreensão, muita controvérsia tem sido gerada e falta ainda o consenso entre os cientistas a respeito da evolução dos terrenos de alto grau, tendo sido pro-

postos numerosos modelos.

As feições tectônicas, estruturais e texturais, assim como as evidências petrológicas e os padrões geocronológicos e geoquímicos apresentados pelas rochas estudadas, permitem a caracterização dessa faixa como de típico cinturão móvel ("mobile belt") ensiático, à semelhança dos africanos e da maioria dos australianos, além de outros.

Como se não bastasse, o caráter policíclico do cinturão estudado, condicionando processos diversos (plutonismo, migmatização, metamorfismo, deformação, anatexis ou palingênese, etc.) em diversas fases precambrianas, muito provavelmente desde o Arqueano até o Proterozóico superior, faz com que se observe os produtos litológicos finais sob a ótica de extrema complexidade geológica. Dentro desse quadro, as relações petrogenéticas, que são os indicadores do panorama evolutivo, são complicadas por duas alternativas inevitáveis: a) produtos originais diferentes chegando a tipos litológicos algo semelhantes; ou b) mesmo produto original submetido a diferentes processos, gerando materiais rochosos finais desiguais. Por isso, apenas as relações biunívocas não são suficientes.

Evidente que, apesar de se ter alcançado algum progresso no entendimento dos processos que teriam ocorrido ao longo da evolução do cinturão móvel, nos seus diversos níveis crustais, muita coisa permanece ainda no campo da especulação. Para se continuar progredindo nessa direção dever-se-á aplicar, em seguida, metodologias de maior poder de resolução, como por exemplo, análises químicas de elementos considerados menos móveis, ou então, o emprego de métodos geocronológicos de maior valor interpretativo (Sm-Nd; U-Pb; Pb-Pb). Além disso, apesar do quadro geométrico das estruturas já possuir arcabouço aceitável dentro do panorama cinemático, faz-se ainda necessária análise estrutural s.s. cuidadosa buscando-se identificar os agentes da dinâmica geradora.

Este trabalho é fruto do estudo de cerca de 4.000 pontos de observação (afloramentos naturais de rocha, cortes de estrada, blocos, etc.), alguns deles, mais diagnósticos, tendo sido visitados por diversas vezes. A partir de amostras retiradas desses pontos, foram preparadas e examinadas, petrograficamente, centenas de

lâminas delgadas. Um total de 41 amostras de litologias diversas foram separadas para estudos geocronológicos, das quais, após análise semi-quantitativa por fluorescência de raios X, 27 mostraram-se favoráveis à obtenção de isócronas. Os resultados agora conseguidos foram somados aos anteriormente alcançados na época do convênio DRM-RJ/TRISERVICE e integrados na interpretação final (q. v. CAPÍTULO 10). Na atual fase do trabalho foram preparadas 10 amostras para análises químicas de elementos maiores; no entanto, pôde-se utilizar muitas outras análises contidas em relatórios de convênios entre o DRM-RJ e a GEOSOL, dentro de criteriosa seleção, cujos argumentos acham-se explícitos no CAPÍTULO 8.

A compatibilização entre os resultados petrográficos, químicos e geocronológicos, aliados a um exaustivo trabalho de campo, permitiu interpretar-se os processos geológicos que teriam ocorrido ao longo do tempo geológico, pelo menos dentro do atual estágio do conhecimento científico.

Na FIGURA 1.2 encontra-se a localização dos pontos de onde foram retiradas amostras para estudos geoquímicos desta pesquisa e para tratamento geocronológico.

2 - OBJETIVOS

Concluídos os trabalhos de mapeamento geológico e confecção dos mapas e relatórios finais do Projeto Carta Geológica - do Estado do Rio de Janeiro, por conta do convênio DRM-RJ/TRISERVICE, uma série de questões petrogenéticas, aventadas no campo especulativo, necessitavam de trabalhos adicionais, de maior profundidade e cunho acadêmico, com apoio de métodos laboratoriais. O aprofundamento no estudo da literatura geológica específica, nacional e internacional, viria de encontro ao propósito de se verificar se alhures os relacionamentos litológicos são mais claros, e dessa forma, trazer subsídios para o entendimento da seqüência evolutiva no seio da Associação Paraíba do Sul.

Alguns desafios afiguravam-se como primordiais a nível-litológico, pois a perfeita caracterização da litologia - com a procura de sua origem primária e o registro das diversas modificações pelas quais passou ao longo do tempo - constitui-se no elemento fundamental de montagem do arcabouço geológico. Algumas rochas receberam trato especial por diversas metodologias (q.v. CAPÍTULO 3), tendo em vista as dificuldades que cercam a definição de suas origens e evoluções, quais sejam:

- as rochas charnockíticas,
- as rochas kinzigíticas,
- as rochas calcossilicatadas e
- os gnaisses cinzentos, finos (bi-pg gnaisses).

Outras litologias, não menos importantes, poderiam ter suas histórias contadas a partir de eventos identificados nas rochas acima citadas, ou por não apresentarem gênese tão controversa, como é o caso dos mármore e quartzitos, por exemplo; ou por além de mostrarem as mesmas relações de campo, experimentarem idênticas modificações texturais e estruturais das outras litologias de gênese assemelhada, como por exemplo, os ortognaisses tonalíticos, grosseiros, porfiroblásticos, que apresentam as mesmas transformações sofridas pelos enderbitos.

Mesmo que timidamente, propõe-se, nesta pesquisa, iden-

tificar, na escala maior, os regimes tectônicos que teriam agido em cada ciclo geológico, tentando-se com isto decidir-se entre as posturas uniformitarista ou não-uniformitarista, ou ainda, mobilista ou fixista. Dentro dessa dimensão e através dos eventos petrogenéticos caracterizados em cada tempo (ou ciclo), era importante optar-se entre a existência de crescimento continental contínuo ou de retrabalhamentos ensiâlicos, sem adições (contribuições diretas do manto) significativas em cada período analisado.

O caráter químico do magmatismo mais antigo, se de tendência calco-alcalina, toleítica, ou bimodal, representa questão ampla de contribuição na tentativa de resposta às indagações que se fazem ao nível do Planeta.

No âmbito regional, objetivo precípua deste trabalho é o entendimento das relações entre as entidades Paraíba (ou Paraíba do Sul) e Serra dos Órgãos e a identificação e caracterização de cada passagem produto inicial-produto final, tentando-se separar os diversos eventos superpostos, tendo em vista o policiclismo que atuou nessa faixa.

Vagando através da literatura, um pouco além dos limites estabelecidos e fixados para os trabalhos de campo, como determinação importante, buscou-se situar a evolução da área em relação ao Cráton do São Francisco, mais proximamente representado pelo Grupo Barbacena, pesquisando-se o relacionamento faixa móvel-área estável.

O Complexo do Litoral Fluminense (MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1977) necessitava também de trabalhos detalhados de campo, como reconhecem os próprios autores da nota explicativa do referido mapa, na sua página 15, constituindo-se então em objeto de investigação para verificar-se se representaria entidade própria ou relacionar-se-ia aos gnaisses granitoides e migmatitos do conjunto Serra dos Órgãos, ou mesmo poderia se diluir entre este último e o Paraíba.

Paradoxalmente, a complexidade geológica da área, resultado da variedade litológica, apresenta componentes que auxiliam na caracterização dos processos geológicos, dada a observação de diferentes materiais, de composição diversa, submetidos aos mes-

8.

mos eventos, que manifestando-se em produtos diferentes, registram cada um à sua maneira, evidências do fenômeno ocorrido.

3 - METODOLOGIAS

Tendo em vista os objetivos delineados no capítulo precedente, procurou-se, estrategicamente, o emprego de metodologias adequadas que buscassem a solução dos problemas levantados.

Os trabalhos à época do convênio DRM-RJ/TRISERVICE seguiram metodologia convencional de mapeamento geológico, envolvendo etapas de compilação bibliográfica, foto-interpretção preliminar, campanhas de campo, foto-interpretção final, petrografia e relatório final. Os dados de campo obedeceram à densidade média de 1 (hum) ponto de observação por quilômetro quadrado, procurando-se cobrir toda a área de forma homogênea. Nas tarefas de foto-interpretção foram utilizadas fotos aéreas comuns, nas escalas 1:25.000 e 1:60.000. Para a situação da área no contexto das estruturas regionais foram empregadas imagens multiespectrais de satélite.

Uma vez identificados e delimitados os diferentes tipos litológicos da área, e após as primeiras tentativas de entendimento e montagem do quadro evolutivo, partiu-se para pesquisa mais profunda, de caráter científico s.s., visando: trabalhos adicionais de campo em áreas selecionadas, petrografia de detalhe, estudos geocronológicos e considerações geoquímicas.

Os levantamentos de campo dessa nova fase concentraram-se em sítios estratégicos, buscando-se, em primeira instância, as relações entre as diversas litologias mapeadas, principalmente através de perfis contínuos detalhados, transversais às estruturas regionais, recolhendo-se também amostras para estudos petrográficos, geocronológicos e geoquímicos.

No que tange aos estudos petrográficos e petrológicos, foram utilizados critérios e técnicas consagradas para exame de seções delgadas ao microscópio polarizador usual e observações mesoscópicas, atentando-se, na análise microscópica aos detalhes texturais que viessem elucidar as relações petrogenéticas, fugindo-se à restrição pura e simples de determinação de mineralogias e para gêneses.

Levando-se em conta a natureza da pesquisa proposta, afigura-se como imprescindível o uso de métodos geocronológicos à disposição, mesmo aqueles de menor valor interpretativo. Dentro das possibilidades, procurou-se desenvolver uma campanha de laboratório (geocronológico) compatível com o nível de resolução alcançado nos trabalhos de mapeamento.

A partir das amostras coletadas, algumas foram selecionadas para tratamento inicial no Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP (CPGeo-USP), procurando-se separar lotes de amostras - para obtenção de isócronas verdadeiras, das quais algumas mostraram-se favoráveis para prosseguimento (q.v. TABELA 10.1 e APÊNDICE 1) por apresentarem razões Rb/Sr adequadas, após determinação semi-quantitativa por fluorescência de raios X; no primeiro lote em pregou-se tubo de molibdênio e no segundo de tungstênio. Preliminarmente as amostras tiveram seguimento normal de preparação: fragmentação (marreta), britagem (britador de mandíbulas) e moagem (moimho de bolas) até a completa pulverização (fração menor que 200 mesh).

As amostras utilizáveis foram analisadas quantitativamente pelo mesmo método analítico, recebendo posteriormente ataque químico para análises isotópicas em espectrômetro de massa VARIAN MAT, tipo TH-5, cujos procedimentos e características encontram-se em KAWASHITA et alii (1974). As análises espectrométricas foram realizadas de acordo com instruções contidas no manual interno do CPGeo-USP de KAWASHITA et alii (1983).

As análises químicas, efetuadas durante a vigência desta pesquisa (q.v. TABELA 8.1), foram desenvolvidas por via úmida no laboratório do Departamento de Mineralogia e Petrologia da USP, sob a responsabilidade do Prof.Dr. Raphael Hypólito.

4 - ESTUDOS ANTERIORES

O norte do estado do Rio de Janeiro tem sido estudado - por muitos pesquisadores, notadamente com enfoques geocronológico e petrológico. É constatada evidente continuidade litológica e estrutural - como também geocronológica - para norte (em direção ao estado do Espírito Santo), para sul (restante do estado do Rio de Janeiro e estado de São Paulo) e para leste (estado de Minas Ge - rais).

Visando caracterizar as controvérsias geradas ao longo dos anos, prefere-se separar este capítulo em duas abordagens: uma mais ampla, conceitual, versando sobre as concepções geotectônicas, na escala maior, com extrapolações a distâncias maiores; e outra, mais restrita, sobre as contradições de ordem estratigráfica e cronológica, onde a dificuldade maior surge com a pretensão de se estabelecer as relações temporais. Na apresentação de ambas adotar-se-á a seqüência cronológica dos trabalhos, podendo-se, em raras oportunidades, fugir a este procedimento, obedecendo-se então ao entrelaçamento lógico dos assuntos.

Não desmerecendo os trabalhos mais antigos, procurou-se analisar com mais cuidado aqueles dos últimos trinta anos, evitando-se também descrições cansativas de estudos que versavam sobre problemas específicos, sem grande contribuição para o entendimento dos processos geológicos maiores, o que se traduz no objetivo principal desta pesquisa.

Vários trabalhos, pela importância que representam, muitas vezes podem ter sido citados apenas ligeiramente neste capítulo; no entanto, nos capítulos seguintes, é-lhes dada a atenção que merecem.

4.1 - CONCEITUAÇÕES GEOTECTÔNICAS

A natureza dobrada das estruturas apresentadas pelas ro

chas da região norte do estado do Rio de Janeiro foi sempre enfatizada desde as publicações mais antigas. HARTT (1870) refere-se à serra do Mar, no estado fluminense, como estruturada segundo do bramento monoclinal, mencionando algumas áreas muito dobradas. DERBY (1880) admitia um grande sinclinal no vale do rio Paraíba do Sul, estrutura esta adjetivada de gigantesca por LAMEGO (1936). OLIVEIRA & LEONARDOS (1943) seguidos por GUIMARÃES (1951) e depois por EBERT (1956b), caracterizariam a região como tendo evoluído - segundo modelo geossinclinal.

As faixas orogenéticas que se bifurcam a partir da extremidade sul do Cráton do São Francisco, EBERT (1956a, 1967, 1968) denominou de Araxáides ao ramo que se prolonga para noroeste e Paraibides à faixa com disposição das direções paralela à costa.

ROSIER (1957) supunha a estruturação das unidades litológicas ocorrentes na serra do Mar, segundo "nappes". Entretanto, em 1965, abandona essa suposição, optando pela evolução da região dentro do modelo geossinclinal, o que foi aceito pelos autores modernos. Assim, em 1957, ROSIER havia denominado as "nappes" do Desengano e da Serra dos Órgãos, que teriam sido transportadas sobre o antepaís, cuja cobertura caracterizou como Faixa do Paraíba.

EBERT (1962) classificou de faixa Paraíba, extenso cinturão orogênico ao longo da costa oriental do Brasil, desde o sul da Bahia até o Rio Grande do Sul e Uruguai.

ALMEIDA (1967) considera a área aqui enfocada como uma faixa tectogênica Baicaliana (Brasiliana) conservando ainda a denominação de Paraíba, a qual apresentaria vergência dos elementos estruturais voltados para a sua Plataforma do São Francisco.

Segundo GROSSI SAD & LADEIRA (1968) esta faixa estaria contida no Cinturão Orogrênico Atlântides, nome que propuseram, de caráter mais abrangente, em substituição ao então já consagrado - de Paraíba (EBERT, 1962).

CORDANI (1971) denomina de Cinturão Orogenético Ribeira, extensa faixa ao longo da costa sudeste do Brasil e Uruguai, que pertenceria ao Ciclo Brasileiro. Conforme a sua opinião, o embasamento já apresentava natureza siânica, o que indica regeneração da região previamente cratonizada, excluindo a possibilidade de acreção continental no fim do Pré-Cambriano.

ALMEIDA et alii (1973) considerando que as rochas que o correm nesta faixa pertencem a dois ciclos tectônicos diferentes, resolvem fazer um desdobramento. Denominam de Cinturão Dobrado Paraíba do Sul às rochas mais antigas, correspondendo a eventos relacionados ao Ciclo Transamazônico e estando representado pela então Série Paraíba-Desengano (ROSIER, 1965) e Cinturão Dobrado Ribeira que corresponderia ao Ciclo Brasileiro, responsável pelo rejuvenescimento da área, aparecendo a Série da Serra dos Órgãos (ROSIER, 1965) como representante desse evento.

CORDANI (1973) apresenta hipótese mobilista sobre a evolução geológica regional, considerando os dados sob os auspícios da Tectônica de Placas. Devido a isto, os dobramentos Brasília nos teriam padrão que poderia ter sido formado durante colisão de duas paleo-placas no final do Pré-Cambriano, ambas portadoras de crosta siânica. Afirma também que o Cinturão Orogênico Ribeira é de idade comparável ao Cinturão Orogênico Damara, do lado africano e em faixa homóloga.

FYFE & LEONARDOS Jr. (1974) chamam de Cinturão Atlântico faixa que se dispõe paralela à costa brasileira, agora com extensão menor que as atribuições anteriores (desde o estado do Paraná até a Bahia) incluindo ocorrências descontínuas de rochas - charnockíticas, além de gnaisses granatíferos a sillimanita e cordierita.

ALMEIDA et alii (1977,1981) lança a compartimentação tectônica do Brasil em províncias estruturais. Na região sul do Cráton do São Francisco ~~dar-se-ia~~ o confronto da Província Tocantins- (faixas de dobramentos Uruaçu e Brasília) com a Província Manti-queira, cujo setor central, que engloba a porção aqui tratada, teve a sua geologia sintetizada na obra recente de ALMEIDA & HASUI- (1984).

WERNICK et alii (1978) denominaram a faixa aqui analisada de Região de Dobramentos Sudeste que teria evolução apoiada nas generalizações da teoria geossinclinal, com componentes semelhantes aos identificados na Região de Dobramentos Nordeste.

A região estudada está integrada dentro daquilo que WERNICK & ALMEIDA (1979) denominaram de Cinturão Granulítico Atlântico, num sentido mais amplo, o qual,prolongando-se para o norte ,

seria dividido em quatro complexos, de norte para sul: Caraíba, - Jequiê, Salvador e Paraíba.

Mais recentemente, SIGA Jr. et alii (1982) baseados no quadro geológico-geocronológico disponível sobre os setores central e setentrional da Província Mantiqueira apresentam, preliminarmente, as epi, meso e catazona em relação ao Ciclo Brasileiro.

CAMPANHA (1980,1981) e MACHADO (1983) são as referências de trabalhos de detalhe das feições estruturais; o primeiro caracterizando efeitos deformacionais no Lineamento de Além Paraíba (ALMEIDA et alii, 1975), na região de Três Rios-RJ; o segundo, atribuindo caráter divergente na estruturação tectônica da Faixa Paraíba do Sul, em estudo na região de Vassouras-RJ. Os dois autores tratam do ambiente tectônico que se projeta para dentro da área objeto desta pesquisa; daí a importância que representam.

4.2 - CONCEITUAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

Novo enfoque foi dado aos trabalhos regionais com os estudos de ROSIER no estado do Rio de Janeiro e de EBERT no sul de Minas Gerais, com incursões para o Rio de Janeiro, na década de 50, ambos procurando relacionar os dados petrográficos, estratigráficos e estruturais.

EBERT (1954), na parte mais ao sul da área por ele investigada, identificou paragnaisses, metaconglomerados e mármore que atribuiu à Série Paraibuna, nome que modificou para Série Paraíba no ano seguinte (EBERT, 1955) por constatar similaridade em relação à entidade que ROSIER vinha descrevendo no estado do Rio de Janeiro.

EBERT (1956a) partiu da idéia de que os grupos (séries) Paraíba, Andrelândia e São João Del Rei são unidades estratigráficas cronologicamente equivalentes, integrando um cinturão orogênico, atribuindo ao Pré-Cambriano superior, e constituídos predominantemente de metassedimentos. O Grupo São João Del Rei representaria a epizona, enquanto que os grupos Andrelândia e Paraíba seriam gerados na mesozona e catazona, respectivamente. Também cor-

relacionou a sua Série Juiz de Fora à Série Paraíba de ROSIER, apenas ressaltando que a primeira seria catazonal de charnockitização, enquanto que a Série Paraíba catazonal de granitização, sendo ambas de idade neo-algonquiana ("sic").

ROSIER (1965), sem apoio dos dados geocronológicos, atribuiu a Série Paraíba-Desengano à orogênese assíntica, e a Série da Serra dos Órgãos a material antigo ante-assíntico, mais ou menos remobilizado durante aquela orogênese. Anteriormente, em 1957, ROSIER havia considerado uma Série do Paraíba e uma "Nappe" do Desengano porque na área por ele investigada, essas duas faixas apresentam-se separadas pela Série da Serra dos Órgãos. Como elas juntam-se de Itaocara para o norte, e como apresentam rochas semelhantes (charnockitos l.s., gnaisses e migmatitos diversos) ele considerou em 1965 como uma série única. A faixa geossinclinal seria representada pelos metassedimentos Paraíba.

EBERT (1967) estende a influência dos metassedimentos - Paraíba para área maior - atingindo até o estado de São Paulo - aí então denominando de Grupo Paraíba.

Percebe-se então que ROSIER - e também EBERT - considerou os metassedimentos e rochas charnockíticas da Série Paraíba, posteriores aos gnaisses e migmatitos da Série da Serra dos Órgãos o que viria a ser contestado, mais tarde, pelos estudos geocronológicos.

Para CORDANI et alii (1968) as séries Paraíba e Juiz de Fora seriam constituídas por material antigo, marcado por intenso metamorfismo, em grande parte catazonal. Posteriormente, teriam sido afetadas por importante evento tectônico, do qual a Série da Serra dos Órgãos representaria a porção granitizada.

DELHAL et alii (1969) e CORDANI et alii (1973), através dos métodos Rb-Sr e U-Pb, atribuíram o metamorfismo Paraíba ao Ciclo Transamazônico ($\pm$ 2.000 m.a.) enquanto que os gnaisses sintectônicos Serra dos Órgãos seriam devidos ao Ciclo Brasileiro (600 m.a.).

MOUTINHO DA COSTA & MARCHETTO (1978) e OLIVEIRA (1980, 1983) consideram que a gênese primária das rochas da região remonta ao Arqueano e que nos tempos posteriores seriam retrabalhadas.

GROSSI SAD et alii (1980b) admitem que os grupos Paraíba e Serra dos Órgãos pertencem ao mesmo ciclo deposicional e metamórfico, atribuindo-lhes idade arqueana, afetados por orogêneses superpostas. Consideram impossível físico-quimicamente o Serra dos Órgãos derivar do Paraíba por granitização e palingênese.

HASUI et alii (1978), como já fizera EBERT (1967, 1968), colocam o Grupo Paraíba ocupando regiões dos estados de São Paulo e Minas Gerais (sudoeste), onde autores anteriores haviam identificado rochas pertencentes ao Grupo Amparo (p.e. WERNICK, 1967), estabelecendo então a correlação entre estas duas entidades.

Ainda na década de 70 foram publicados o MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (1977) e as folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguape da CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO (1979). No primeiro, o Grupo Paraíba do Sul é colocado no Pré-Cambriano - médio, sendo subdividido em três unidades: a primeira com charnockitos predominantes, a segunda identificada por gnaisses banda - dos e/ou laminados e a terceira caracterizada pela abundância de gnaisses porfiroblásticos associados a migmatitos e gnaisses. As rochas do Grupo Serra dos Órgãos aparecem na porção central do estado do Rio de Janeiro e são consideradas como de idade Pré-Cambriano superior. Da mesma forma, foram divididas em três unidades caracterizadas, respectivamente, pela predominância de migmatitos, migmatitos associados a gnaisses granitóides e gnaisses granitóides. Acompanhando a faixa litorânea apresenta ainda o Complexo Litoral Fluminense, envolvendo rochas de natureza diversa, cuja individualização foi apoiada principalmente em critérios texturais - de interpretação de imagens de satélite.

Na folha do Rio de Janeiro da CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO (1979) as rochas desta região são representadas - principalmente pelos tipos litológicos da Associação Charnockítica, envolvendo granulitos, charnockitos, enderbitos, piroxênio - granulitos, etc., que estão intercalados em gnaisses e migmatitos cata e mesozonais, por vezes heterogêneos, de paleossoma gnáissico ou de afinidade granulítica. A idade desse conjunto foi atribuída ao Pré-Cambriano médio. Gnaisses granitóides, migmatitos, anfibolitos restritos, além de granitos, constituem a litologia predominante na área do Grupo Serra dos Órgãos. Os termos Paraíba (ou

Paraíba do Sul) e Serra dos Órgãos, não aparecem nesse mapa como entidades estratigráficas.

Nos trabalhos de mapeamento geológico, na escala regional de 1:250.000, efetuados pelo convênio DNPM/CPRM (projetos - Vale do Paraíba do Sul e Espírito Santo) todas as litologias que ocorrem na área objeto da pesquisa aparecem agrupadas sob a Associação Paraíba do Sul, da qual separam-se dois complexos: migmatítico e charnockítico (BRANDALISE et alii, 1976; SILVA & FERRARI, 1976).

O MAPA GEOLÓGICO DO BRASIL E DE ÁREA OCEÂNICA ADJACENTE, INCLUINDO DEPÓSITOS MINERAIS (1981), na escala 1:2.500.000, mostra o Grupo Paraíba restrito a uma área entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, aparecendo em seu lugar no estado do Rio de Janeiro o Grupo Juiz de Fora e o Complexo Embu, este último sendo definido próximo à cidade de São Paulo, onde se inicia faixa que se prolonga paralela à costa e vai até o estado do Espírito Santo. Na área que seria predominância do Grupo Serra dos Órgãos é apresentado o Complexo Costeiro, apenas sendo individualizados os corpos de charnockitos l.s..

Nos últimos anos, o DRM-RJ, responsável pelo fomento mineral a nível estadual, vem publicando uma série de mapas geológicos na escala 1:50.000, identificando e caracterizando os tipos litológicos que ocorrem por todo o estado, mostrando a persistência das mesmas rochas por distâncias consideráveis.

Na importante síntese de HASUI & OLIVEIRA (1984) a área pesquisada encontra-se dicotomizada entre os complexos Juiz de Fora e Costeiro, ambos julgados de idade arqueana.

5 - LITOLOGIAS

Para o alcance dos objetivos propostos, necessário se faz que sejam apresentados os elementos fundamentais que estão em jogo. Eles são as diferentes litologias identificadas na área, com suas variações texturais e estruturais, apresentadas antes de se começar a definir as relações temporais e as associações naturais.

O desenvolvimento dos trabalhos de mapeamento geológico, na escala 1:50.000, com criteriosas observações de campo e estudo petrográfico pormenorizado das amostras coletadas, permitiu a caracterização das seguintes litologias e algumas de suas relações na área pesquisada:

- 1) **Enderbitos** grosseiros (com variações muito localizadas para charnockitos s.s. também grosseiros), com coloração esverdeada, estrutura predominantemente maciça, isótropos, homogêneos, constituídos principalmente de andesina, quartzo, biotita, hiperstênio e feldspato potássico, aparecendo acessoriamente: anfibólio, granada, diopsídio, além de outros minerais menos significativos - PRANCHA I (a) e PRANCHA II (a) e (d), nas pág. 93 e 94, respectivamente. Na faixa que passa pela cidade de São Fidélis apresentam-se bem orientados (estrutura gnáissica), quando então começam a exibir, na escala microscópica, estágio algo avançado de poligonização (recristalização) - PRANCHA I (b) e PRANCHA II (b) e (e).
- 2) **Ortognaisses tonalíticos**, com aspecto bastante homogêneo, quase sempre com leve orientação (foliação gnáissica), textura porfiroblástica, coloração cinza-escura, granulação grosseira, constituídos principalmente de andesina, quartzo e biotita, com invariável presença de anfibólio (FOTO 1, pág. 26).
- 3) Rochas **kinzigíticas** diversas, com coloração clara e tons avermelhados ou lilás, granulação média predominante, constituídas por variadas proporções de quartzo, plagioclásio, ortoclásio, granada, sillimanita e biotita, com freqüentes pa

lhetas de grafita, podendo ainda ser identificada cordierita. Podem ser separadas em mais de uma entidade de mapa, a depender da evolução que sofreram, como vai ser demonstrado nos capítulos seguinte (p.e. FOTO 7, pág.35).

- 4) Mármore, rochas **calcosilicatadas**, anfibolitos e quartzitos, todos intercalados em outras litologias, como bandas, lentes ou núcleos, regulares ou irregulares (FOTOS 9 e 10, pág.37). Apenas os corpos de mármore chegam a apresentar expressão cartografável.
- 5) **Gnaisses cinzento-escuros**, com granulação fina a média, equigranulares, de composição tonalítica, homogêneos, macios ou levemente orientados. Predominam plagioclásio (andesina), quartzo e biotita, dispostos em arranjo textural granoblástico, interlobado a poligonal (parte inferior direita da FOTO 5, pág.33).
- 6) Rochas hiperstênicas cataclásticas e **granulíticas**, com coloração esverdeada, texturalmente representando cataclasitos, milonitos ou blastomilonitos, com predominante granulação fina e proeminente estrutura de fluxo. Associação muito frequente de granulitos quartzo-feldspáticos (alaskíticos) - PRANCHA I (c) e PRANCHA II (c) e (f).
- 7) **Ortognaisses equigranulares**, com coloração cinzento-clara, composição tonalítica, mais raramente granodiorítica, constituídos principalmente de plagioclásio (andesina ou oligoclásio-andesina), quartzo, biotita e granada, sendo pouco frequentes microclíneo e anfibólio. Aparecem intercalações tectônicas das litologias dos Ítems 4 e 5. Em largas faixas essa litologia pode apresentar feições migmáticas, ou mesmo estar bastante deformada, fato que justificou a separação - em duas unidades **estratigráficas** (q.v. CAPÍTULO seguinte) - FOTO 2, pág. 26 e FOTOMICROGRAFIA 1, pág. 102).
- 8) **Ortognaisses grosseiros**, porfiroblásticos (porfiroblastos ocelares de ortoclásio ou microclíneo, com até poucos centímetros de eixo maior), coloração clara (cinzenta ou mesmo esbranquiçada), quase sempre orientada. A mineralogia principal é constituída por feldspato potássico, plagioclásio (

andesina ou oligoclásio) e quartzo, sendo comuns granada e sillimanita (FOTO 3, pág.32).

- 9) **Migmatitos complexos**, com processo de migmatização afetando notadamente rochas da Suíte Charnockítica, onde os neosso - mas também exibem hiperstênio na sua paragênese. Podem apre - sentar domínios preservados do processo migmatizante, quan - do então, verificam-se as mesmas características descritas - no Ítem 1.
- 10) **Ortognaisses** descritos no Ítem 8, englobando fragmentos até decamétricos de gnaisses cinzentos do Ítem 5, às vezes mig - matizados, compõem, no conjunto, mega-estrutura "schollen", mapeável em larga faixa da Folha Conceição de Macabu (FOTOS 5 e 6, pág.33).
- 11) **Migmatitos** com nítida individualização de bandas claras , neossomas ou leucossomas, e escuras, paleossomas, melanosso - mas ou mesossomas, com predominante estrutura estromática e evidentes sinais de deformação. O paleossoma tanto pode ser apresentado em níveis kinzigíticos (Ítem 3)- FOTOS 8 e 9 , pág. 35 e 37 ; FOTOMICROGRAFIA 2, pág.102 - como em bandas - de gnaisses cinzento-escuros (Ítem 5) - FOTO 10, pág. 37 - sendo muito freqüentes as intercalações de rochas calcossi - licatadas, anfibolitos e quartzitos. A predominância de as - sociações charnockíticas intercaladas nos domínios da Folha Italva, confere aspecto mesoscópico diferencial, o que auxi - lia na separação em duas entidades diferentes, muito embora tenham experimentado idênticos processos evolutivos.

Do ponto de vista dos recursos minerais salientam-se os corpos marmóreos da Unidade São Joaquim, prestando-se para finali - dades diversas, cujos representantes mais expressivos situam-se - próximo à vila de Italva (município de Campos-RJ). Concentração - importante de grafita ocorre junto à cidade de São Fidélis (mina da Saudade), já tendo sido explorada por trabalhos subterrâneos . Além de poucas ocorrências de água mineral, sem captação comerci - al, citam-se ainda exploração de materiais diversos de uso imedia - to na construção civil, concentrações insignificantes de manganês e precárias explorações de pegmatitos.

6 - ENTIDADES ESTRATIGRÁFICAS

O termo estratigrafia - ou o vocábulo adjetivado estratigráfico(a) - é aqui empregado no seu sentido lato, indicando sucessão de eventos geológicos, petrogenéticos, ao longo do tempo geológico.

Uma vez caracterizadas as diversas litologias encontradas na área pesquisada (CAPÍTULO 5) restava a definição do modo de representação em mapa e determinação de parâmetros para congregação em entidades maiores e verificação da possibilidade de identificação com unidades estratigráficas já constatadas por autores anteriores, em trabalhos regionais.

O critério para individualização em mapa das unidades litológicas precambrianas obedeceu aos ditames constantes no documento final do "I seminário sobre critérios de mapeamento geológico e nomenclatura de unidades do Pré-Cambriano no estado do Rio de Janeiro e áreas limítrofes", organizado em 1978 pelo DRM-RJ, tendo em vista a multiplicidade de critérios que poderiam ser adotados pelas diversas entidades que estavam participando do Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro (escala 1:50.000).

O conclave retro-citado sugeria a adoção das seguintes entidades de mapeamento, quando a aplicação imediata e direta do Código Estratigráfico fosse dificultada, sendo impossível reconhecer os empilhamentos (seqüências) estratigráficos. São elas:

UNIDADE - é a entidade litológica básica de mapeamento, de fácil reconhecimento na escala adotada e de cunho descritivo.

AGRUPAMENTO - congrega duas ou mais unidades com elenco de características em comum.

Com relação à geologia da área pesquisada, ainda não se tem suficiente grau de certeza para utilização segura do Código Estratigráfico, mesmo para a seqüência supracrustal do Agrupamento-III, haja visto o caráter policíclico, acarretando extrema complexidade geológica na Associação Paraíba do Sul (BRANDALISE et alii, 1976; SILVA & FERRARI, 1976).

Para as considerações evolutivo-petrogenéticas conservam-se quase integralmente os contatos entre as unidades litológicas de mapeamento efetuado quando o autor participava do convênio DRM-RJ/TRISERVICE. Entretanto são introduzidas transformações de ordem interpretativa, além de modificação na conceituação e desdobramento de algumas entidades, dadas as diferenças constatadas durante o desenrolar da pesquisa que ora se conclui. O agrupamento das litologias agora proposto é completamente diverso e o parâmetro diretor da sua elaboração calca-se em uma relação cronológica e funcional. Ao longo do texto são ressaltadas as modificações introduzidas, bem como são apresentadas as justificativas das mesmas. Constatação de ligeiras alterações quanto à posição de contatos entre as entidades de mapeamento não foram levadas em consideração, uma vez que o trabalho desenvolvido buscava, antes de mais nada, os subsídios para a montagem da sucessão de eventos geológicos, com apoio dos dados de campo e laboratório.

Os mapas anexos têm a finalidade de conferir uma identidade litológica a cada unidade mapeada, a ponto de se poder substituir o termo Unidade pela litologia a que se refere, tal o grau de resolução alcançado nos trabalhos de mapeamento. Ressalte-se - que as entidades individualizadas satisfazem plenamente o critério de homogeneidade, razão pela qual adota-se "in totum" a cartografia já publicada, ou seja, aceita-se o delineamento das linhas delimitadoras entre as diversas unidades, nos seus traços - mais gerais. Por outro lado, introduzem-se conceitos novos, seja quanto à caracterização do corpo geológico, seja quanto ao papel por ele desempenhado na história evolutiva da faixa móvel.

Desse modo, foram considerados cinco agrupamentos, codificados de I a V, representando cada um deles, determinado processo geológico, em um determinado tempo, o que significa um estágio na evolução da crosta na região. Cada agrupamento encerra duas ou mais unidades, recebendo, cada uma, nomes informais, sempre que possível conservando-se as denominações de unidades já atribuídas à época do convênio DRM-RJ/TRISERVICE; em primeiro lugar, por constarem dos pioneiros mapas geológicos publicados do Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro (escala 1:50.000); em segundo lugar, porque já se tornaram significativas à boa parte dos ge

ólogos que trabalham naquele estado.

Após a sistematização das diversas rochas em unidades e agrupamentos, procurou-se a aplicação de outro sistema taxonômico-para a reunião dos agrupamentos, seguindo-se as recomendações da Comissão Norte-Americana de Nomenclatura Estratigráfica (HENDERSON et alii, 1980) utilizando-se o termo complexo para conjuntos de rochas de diferentes categorias petrográficas, conforme justificativas que serão apresentadas em cada sub-ítem deste capítulo. Para a união de todos os complexos, aproveitou-se a designação Associação Paraíba do Sul, a qual vinha sendo empregada nos projetos de mapeamento geológico dos convênios entre a CPRM e o DNPM (BRANDALISE et alii, 1976; SILVA & FERRARI, 1976), porém adotando-se subdivisão diferente para esta entidade maior, como aparece no ítem seguinte.

Em várias ocasiões emprega-se o termo Suíte Charnockítica para significar o conjunto das rochas hiperstênicas, notadamente as ácidas (incluindo os tipos enderbíticos), independente da variedade textural e/ou estrutural. O termo rochas charnockíticas tem o mesmo sentido.

Devido aos objetivos da pesquisa foram tratadas com mais cuidado as litologias precambrianas; as demais serão abordadas rapidamente na integração sobre a evolução geológica da faixa, cujos comentários pertinentes encontram-se no CAPÍTULO 11.

O QUADRO 6.1 da página seguinte mostra o conjunto das entidades litológicas identificadas na área pesquisada, que, em síntese, reflete a legenda do mapa geológico.

6.1 - ASSOCIAÇÃO PARAÍBA DO SUL

Conservou-se a denominação Associação Paraíba do Sul já apontada nos relatórios finais de projetos de mapeamento geológico na escala 1:250.000, executados por conta de convênios DNPM/CPRM (Projeto Vale do Paraíba do Sul, BRANDALISE et alii, 1976 e Projeto Espírito Santo, SILVA & FERRARI, 1976) para congregar todas as litologias encontradas na área pesquisada, as quais possuem

QUADRO 6.1 - ENTIDADES ESTRATIGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO PARAÍBA DO SUL	COMPLEXO SERRA DOS ÓRGÃO	AGRUPAMENTO V (migmatitos sin- a tardi-tectôni- cos)	UNIDADE CONCEIÇÃO DE MACABU - migmatitos com megaestrutura "schollen" com blocos até decamétricos, principalmente de gnaisses, migmatizados ou não, da Unidade Trajano de Moraes (ou S. Fidélis), englobados pelos ortognaisses da Unidade Desengano.
			UNIDADE CAMBUCI - variedade litológica, disposta segundo estrutura - "schollen", onde os fragmentos engolfados são principalmente rochas charnockíticas, kinzigíticas e gnáissicas, cinzentas, finas, equigranulares. O neossoma é quartzo-feldspático, sendo o conjunto todo afetado por deformação.
			UNIDADE SÃO FIDÉLIS - associação de ortognaisses kinzigíticos, muito - biotíticos, grosseiros e migmatitos com estruturas predominantes estromática e flebítica, diferindo leucossomas pegmatóides e aplíticos e melanossomas (e mesossomas) kinzigíticos e tonalíticos.
			UNIDADE SÃO JOÃO DO PARAÍSO - migmatitos estromáticos e flebíticos, com melanossoma tonalítico, de coloração cinza-azulada característica, e leucossoma em geral rosado, pegmatóide, granítico. Frequentes intercalações de rochas charnockíticas com estruturas diversas, anfibolitos e rochas calcossilicatadas.
			UNIDADE SANTO EDUARDO - migmatitos com estruturas dobradas, flebíticas e estromáticas, representando anatexis parcial que afetou os ortognaisses Italva.
			UNIDADE ERNESTO MACHADO - migmatitos intensamente transpostos, sintectônicos, com paleossoma essencialmente kinzigítico. Representa evento de deformação atingindo ortognaisses Desengano.
			UNIDADE VISTA ALEGRE - migmatitos complexos, onde tanto o paleossoma como o neossoma apresentam paragênese a hiperstênio. A fase de migmatização incide sobre rochas charnockíticas antigas.
	COMPLEXO PARAÍBA	AGRUPAMENTO IV (anatexitos)	UNIDADE DESENGANO - ortognaisses grosseiros, maciços ou foliados, de coloração geral esbranquiçada, composição kinzigítica, mas com porcentagens baixas de sillimanita e granada.
			UNIDADE ITALVA - ortognaisses tonalíticos, de granulação média a fina, maciços ou foliados, cinzento-claros, (hb)-bi-pg gnaisses.
	COMPLEXO JUIZ DE FORA	AGRUPAMENTO III (supracrustais)	UNIDADE SÃO JOAQUIM - predominantemente mármore.
			UNIDADE NATAL - kinzigitos predominantes, com intercalações de calcos silicatadas, anfibolitos, sill-quartzitos, etc.
			UNIDADE TRAJANO DE MORAIS - predominam bi-pg gnaisses, tonalíticos, finos, equigranulares, cinzentos, com intercalações diversas.
		AGRUPAMENTO II (rochas enderbíticas cataclásticas)	UNIDADE MONTE VERDE - milonitos e cataclasitos enderbíticos.
		AGRUPAMENTO I (embasamento plutônico)	UNIDADE S. JOSÉ DE UBA - granulitos blastomiloníticos, enderbíticos, com granulitos alaskíticos associados, e outras rochas.
			UNIDADE ANGELIM - ortognaisses tonalíticos, grosseiros, porfiroblásticos, cinzento-escuros, com invariável presença de hornblenda. Rejuvenescidos no Ciclo Brasileiro.
			UNIDADE BELA JOANA - predominam enderbitos grosseiros, maciços ou levemente foliados. Rejuvenescidos no Ciclo Brasileiro.

extensa continuidade, litológica e estrutural, longitudinal e transversal, ao longo da Província Mantiqueira (ALMEIDA et alii, 1977, 1981).

Agora propõe-se a divisão dessa entidade nos complexos: Juiz de Fora, Paraíba e Serra dos Órgãos, abolindo-se a divisão dual simplista em um complexo migmatítico e um complexo charnockítico, como aparece nos trabalhos supracitados, procurando-se com isto, imprimir uma caracterização voltada para os aspectos evolutivos, os quais registram os fatos de uma história complexa, cujo início aconteceu no Arqueano.

6.1.1 - Complexo Juiz de Fora

O Complexo Juiz de Fora agrupa todas as litologias homogêneas e não migmatíticas da Suíte Charnockítica, desde aquelas grossas, com textura hipidiomórfica granular (Unidade Bela Joana) - PRANCHA I (a) e PRANCHA II (a) e (d), pág. 93 e 94, respectivamente - até aquelas blastomiloníticas (Unidade São José de Ubá) e as cataclásticas (Unidade Monte Verde) - PRANCHA I (c) e PRANCHA II (c) e (f). Também pertencem a esta entidade os ortognaisses tonalíticos, grosseiros, mapeados como Unidade Angelim, em alusão à serra homônima da Folha Cambuci, onde eles se encontram conspicuamente (q.v. FOTO 1). Todas estas rochas comporiam os agrupamentos I e II.

O nome fora proposto pela primeira vez como Série Juiz de Fora, por EBERT (1955), definida como de constituição granulítica, mas que, segundo ele, seria equivalente à Série Paraíba, caracterizada por ROSIER em estudos que vinha fazendo no estado do Rio de Janeiro.

Muito embora, em muitas publicações desses autores e outros, as entidades Juiz de Fora e Paraíba apareçam como equivalentes, ambas constituídas por rochas charnockíticas, gnaisses diversos e metassedimentos, podendo até englobar migmatitos, procura-se agora restringir o seu significado, atribuindo-lhe origem primária com funções de embasamento plutônico mais antigo (Arqueano),

FOTO 1 - Gnaiss tonalítico típico da Unidade Angelim, verificando-se alguns grãos de feldspatos euhedrais e a granulação grosseira. A presença de hornblenda é invariável nestas rochas. (Afloramento J-118)

FOTO 2 - Gnaiss cinzento-claro, de composição tonalítica, característico da Unidade Italva. Quase sempre são equigranulares, com desenvolvimento incipiente de pequenos porfiroblastos de feldspato. Textura mostrada na FOTOMICROGRAFIA 1 (Afloramento J-113).

composto principalmente de enderbitos e tonalitos, incluindo na sua definição os produtos dos retrabalhamentos Transamazônico e Brasileiro.

As faixas mapeadas como unidades Bela Joana e Angelim apresentam-se algo preservadas das deformações Transamazônicas, mas não escaparam ao rejuvenescimento que sobreveio no Ciclo Brasileiro. As unidades São José de Ubã e Monte Verde registram, de forma clara, os efeitos deformativos do Ciclo Transamazônico.

As rochas charnockíticas associam-se, freqüentemente, leptinitos, os quais, nos domínios típicos da Unidade Bela Joana (Folha São Fidélis), manifestam-se como massas irregulares penetradas quase contemporaneamente (q.v. discussão no CAPÍTULO 10).

Na faixa de direção NE, passando pela cidade de São Fidélis, os enderbitos exibem, à semelhança dos gnaisses Angelim, estrutura foliada (gnáissica) e textura porfiroblástica, verificando-se, em ambos, princípio de recristalização observável na escala microscópica - PRANCHA I (b) e PRANCHA II (b) e (e), pág. 93 e 94, respectivamente. Ressalte-se ainda que essas duas rochas experimentaram idêntica evolução estrutural e textural, reservando-se para o CAPÍTULO 7 a discussão sobre as interpretações à cerca das divergências nas associações paragenéticas.

Com referência às rochas da Suíte Charnockítica predominam largamente os tipos enderbíticos, sendo subordinados charnockitos e opdalitos, e raros piroxenitos e noritos. A mesma relação - de predominância também fora observada por SUBRAMANIAM (1959) na Índia, o que também é confirmado para outros terrenos de alto grau do mundo, por vários pesquisadores.

As rochas gnáissicas, foliadas, representam produtos intermediários entre as maciças (grosseiras, originais) e os blastomilonitos (granulitos), cataclasitos e milonitos do Agrupamento II (PRANCHAS I e II).

Numerosos enclaves microgranulares, lenticulares, presentes nos enderbitos e ortognaisses tonalíticos, podem atestar a origem primária por cristalização em ambiente profundo (DIDIER, 1973).

A distinção entre as rochas do Agrupamento II é feita -

segundo a classificação de HIGGINS (1971), as entidades mapeadas representando produtos dos enérgicos efeitos tectônicos do Ciclo Transamazônico. Predominam largamente as rochas da Suíte Charnockítica, com a composição enderbítica (tonalítica), aparecendo também associados granulitos quartzo-feldspáticos (alaskíticos).

6.1.2 - Complexo Paraíba

O Complexo Paraíba é aqui definido como representando o conjunto apenas das rochas supracrustais pré-Transamazônicas, reunidas no Agrupamento III, pertencentes à suposta seqüência pretérita vulcano-sedimentar, que em ciclos posteriores sofreria retrabalhamento juntamente com seu embasamento (Agrupamento I).

Reúne desde as litologias evidentemente metassedimentares, como os mármore da Unidade São Joaquim, até aquelas provavelmente metassedimentares, como os kinzigitos e khondalitos da Unidade Natal, e mesmo aquelas, onde o caráter se ígneo ou sedimentar, ainda é motivo de controvérsias, como acontece com os gnaisses cinzentos, equigranulares, finos a médios, tonalíticos, da Unidade Trajano de Moraes (parte inferior direita da FOTO 5).

Pertencem também a este conjunto os quartzitos, metarcózios, rochas calcossilicatadas e anfíbolitos, cujas intercalações nas outras litologias são muito freqüentes, mas que não possuem expressão cartografável, passível de representação na escala de pesquisa, como entidades independentes.

Todas essas litologias, mesmo as mapeáveis, encontram-se embutidas tectonicamente por toda a área, apresentando-se como bandas, lentes, ou núcleos e massas irregulares, com dimensões variadas (p.e., q.v. FOTOS 9 e 10).

O termo Paraíba (ou Paraíba do Sul, ou Paraíba-Desengano) vinha sendo empregado por vários autores como Série, Formação, Grupo, ou mesmo Associação, ou então, designando faixas de dobramento, etc., congregando rochas diversas: rochas charnockíticas, gnaisses e migmatitos diversos. Tendo em vista o pouco significado que o termo assumiu na literatura geológica, propõe-se restrin-

gí-lo como Complexo, apenas à seqüência supracrustal aqui tratada, o que aparece também sugerido nos trabalhos de EBERT (1954, 1967, 1968), como Série ou Grupo, muito embora a considerasse de contribuição essencialmente sedimentar (sedimentos eo-geossinclinais, "sic"), sem admitir contribuição vulcânica. Antes de estabelecer correlação com os estudos de ROSIER, que vinha trabalhando no estado do Rio de Janeiro, EBERT (1954), desenvolvendo pesquisas no estado de Minas Gerais, denominou seqüência semelhante de Série Paraibuna, abolindo depois este termo, em favor do Paraíba usado por ROSIER.

Todos os corpos de mármore passam a compor a Unidade São Joaquim, incluindo aqueles anteriormente considerados como pertencentes à Unidade Catalunha no convênio DRM-RJ/TRISERVICE, que neste trabalho foi abandonada, sendo proposto o seu desdobramento como explanado mais adiante. A reunião de todas estas ocorrências - de mármore, com rochas calcossilicatadas associadas, sob uma única entidade, é devida ao fato de que se julga ter existido um só evento de sedimentação química; além disso, não se constata diferenças petrográficas significativas. Composicionalmente podem ser calcíticos ou dolomíticos e a coloração predominante é branca.

A Unidade Natal foi discriminada para caracterizar principalmente rochas kinzigíticas, incluindo khondalitos e sillimanita quartzitos, supostamente representando o resultado de metamorfismo de alto grau de seqüência primária pelítica ou pelítico-arenosa; intercalam-se, com grande freqüência, rochas calcossilicatadas, mármore e anfibolitos. Nos mapas geológicos do convênio DRM-RJ/TRISERVICE (BATISTA et alii, 1978a,b; GOMES et alii, 1978, 1981 e SILVA et alii, 1978) aparecem agrupadas todas as rochas kinzigíticas sob a denominação única de Unidade Catalunha. Como consta - tou-se nesta pesquisa que as rochas da serra da Catalunha (folhas Cambuci e São Fidélis) tiveram evolução mais complexa, com fenômenos ligados ao Ciclo Brasileiro, abandonou-se a designação Catalunha, por não possuir expressão toponímica, sugerindo-se o desdobramento nas unidades Natal - aqui caracterizada - e Ernesto Machado, relacionada ao Complexo Serra dos Órgãos, cuja evolução petrogenética vai ser melhor explicada no item 6.1.3.

Gnaisses cinzentos, de composição tonalítica, granulação

finas a média, equigranulares, bastante homogêneas, foram individualizadas como Unidade Trajano de Moraes (parte inferior direita da FOTO 5) e caracterizados na folha homônima (GROSSI SAD et alii, 1980c). Muito embora essa litologia apareça com enorme frequência, intercalada nas demais rochas e associações litológicas por toda a área estudada, apenas na Folha Conceição de Macabu foram encontrados domínios mapeáveis típicos dessa litologia. Constitui-se principalmente de quartzo, feldspato e biotita, em arranjo granoblástico, interlobado a poligonal. Eventualmente podem ser atingidas condições de alto grau metamórfico, indicado pela presença de sillimanita e hiperstênio, quando então representam verdadeiros granulitos, no sentido do metamorfismo progressivo. Pelas considerações geoquímicas abordadas no CAPÍTULO 8, muito provavelmente a unidade mapeada deve representar a contribuição vulcânica da sequência supracrustal antiga.

Todas as rochas do Complexo Paraíba foram intensamente deformadas por cisalhamento no Ciclo Transamazônico, podendo ser contemporâneo o metamorfismo, assim como alguma migmatização em litologias favoráveis a esse processo.

6.1.3 - Complexo Serra dos Órgãos

O Complexo Serra dos Órgãos (originalmente "Nappe" da Serra dos Órgãos, ROSIER, 1957; ou Série da Serra dos Órgãos, ROSIER, 1965) engloba gnaisses granitóides e migmatitos, todos gerados pelo intenso evento termal do Ciclo Brasileiro, responsável por generalizada anatexis e palingênese na faixa estudada.

O Complexo Serra dos Órgãos é agora dividido em dois agrupamentos litológicos: Agrupamento IV reunindo os ortognaisses Italva e Desengano e Agrupamento V congregando sete tipos de unidades migmáticas diferentes.

Ortognaisses da Unidade Italva compostos principalmente de quartzo, feldspato (plagioclásio) e biotita, com ou sem hornblenda, quase sempre equigranulares (mais raramente com pequenos porfiroblastos), de coloração cinza-clara (FOTO 2), resultaram da

anatexis que afetou as metavulcânicas da Unidade Trajano de Moraes, havendo acentuada compatibilidade nas análises químicas dessas litologias (q.v. CAPÍTULO 8).

Por outro lado, os ortognaisses grosseiros, de coloração cinzento-clara ou esbranquiçada, da Unidade Desengano (FOTOS 3 e 4), devem suas gerações também a partir da anatexis, porém atuando sobre rochas da Unidade Natal (Agrupamento III), revelando freqüentemente sillimanita e granada na paragênese. As análises químicas, as evidências petrográficas e as relações de campo, dão bastante consistência a esse relacionamento entre produtos iniciais e finais.

As massas ortognáissicas (Italva e Desengano) colocaram-se sin-tectonicamente, como revelam as feições macroscópicas, as mesoscópicas e as microscópicas, bem como os resultados geocronológicos.

No Agrupamento V acham-se reunidas todas as entidades migmatíticas cartografáveis do Pré-Cambriano, os eventos de migmatização tendo ocorrido sin-, tardi-, ou mesmo pós-tectonicamente em relação ao Ciclo Brasileiro. Migmatização sin-tectônica ocorreu, com toda a certeza, durante as intensas transposições do Ciclo transamazônico, porém não deixaram registros mapeáveis na escala de trabalho, preservados dos processos de retrabalhamento do Ciclo Brasileiro.

Os trabalhos de campo, aliados ao estudo microscópico, permitiram a individualização e caracterização de sete unidades migmatíticas diferentes, cada uma com sua própria evolução.

A Unidade Conceição de Macabu é aqui proposta para representar mega-estrutura "schollen", onde enormes fragmentos, métricos e/ou decamétricos, principalmente constituídos de biotita-plagioclásio gnaisses, migmatizados ou não, às vezes com bandas kinzigíticas, são engolfados como verdadeiros xenólitos pelos ortognaisses Desengano (Agrupamento IV), sendo quase sempre difícil perceber-se a relação entre neossomas e paleossomas, pelo estudo de afloramentos isolados (FOTOS 5 e 6).

Migmatização complexa afetando notadamente litologias da Suíte Charnockítica, com metamorfitos diversos intercalados, ca

FOTO 3 - Amostra representativa da Unidade Desengano, sendo caracterizada por ortognaisses graníticos com grana da e freqüente silimanita (Afloramento J-7).

FOTO 4 - Alternância de faixas centimétricas a decimétricas, ora de enderbitos da Unidade Bela Joana (faixas escuras) ora de ortognaisses graníticos da Unidade Desengano (faixas claras). (Afloramento J-19).

FOTO 5 - Mostra ortogneisse Desengano, grosseiro (parte superior e oeste da foto) o qual, em afloramento, é observado em global xenólitos de gnaisses finos, equigranulares, da Unidade Trajano de Moraes (parte inferior direita). As duas litologias compõem estrutura macro e megascópica do tipo "schollen", caracterizando a Unidade Conceição de Macabu.

FOTO 6 - Associação que caracteriza a Unidade Conceição de Macabu. Xenólitos de bi-pg gnaisses, algo migmatizados, da Unidade Trajano de Moraes (porções escuras), sendo engolfados pelos ortogneisses Desengano, segundo relacionamento estrutural "schollen". A deformação sin-tectônica dos ortogneisses não se evidencia nos xenólitos, em escala mesoscópica. (Afloramento pouco a montante da cachoeira da Amora- Folha Conceição de Macabu).

racteriza a Unidade Vista Alegre. O fato de aparecerem associadas litologias afetadas pela blastomilonitização e pela cataclase do Ciclo Transamazônico, indica que o processo de migmatização ocorreu após esse ciclo.

Claramente ligados à evolução da Unidade Italva (Agrupamento IV) aparecem os migmatitos estromáticos e flebíticos da Unidade Santo Eduardo. (Agrupamento V) podendo estarem relacionados à fase tectônico-deformativa que se instalou após a formação da Unidade Italva, atingindo-a. À exceção das feições migmáticas, litológica e composicionalmente as duas unidades (Italva e Santo Eduardo) são muito semelhantes, representando ambas, fases da evolução de um mesmo produto original. Nas duas entidades verificam-se conspícuas intercalações de várias litologias do Complexo Paraíba, sendo menos frequentes as kinzigíticas.

GROSSI SAD et alii (1980a) reconhecendo a presença da Unidade Santo Eduardo no mapeamento geológico da Folha Santo Antonio de Pádua, afirma que o fator que a caracteriza são as intercalações de quartzitos. Durante a pesquisa constatou-se que quartzitos aparecem intercalados em ampla gama de litologias diversas, pertencentes a várias unidades e complexos.

Anteriormente (mapas geológicos do convênio DRM-RJ/TRI-SERVICE) a faixa correspondente à Unidade Ernesto Machado era considerada como Unidade Catalunha, a qual incluía todas as rochas kinzigíticas da porção estudada, que se supunha fossem atribuídas a uma única fase de evolução. Entretanto, a partir do estudo agora concluído, chegou-se à definição de que haviam duas entidades kinzigíticas distintas, principais: uma, primária, original, de caráter metassedimentar, proveniente do metamorfismo de pelitos e caracterizada como Unidade Natal (Complexo Paraíba - Agrupamento III); e outra, resultado de forte transposição tectônica sobre intrusivas anatexíticas, leucocráticas, muito granatíferas (Unidade Desengano - Agrupamento IV), gerando por transposição os migmatitos sin-tectônicos, para cujo conjunto é sugerida a denominação de Unidade Ernesto Machado (FOTO 7).

HOLLAND (1900) denominava essas rochas kinzigíticas de leptinitos granatíferos, na Índia, considerando a sua geração a partir de efeitos dínamo-metamórficos impingidos a rochas charno-

FOTO 7 - Amostra representativa dos gnaisses transpostos da Unidade Ernesto Machado, com migmatização sin-tectônica. Representam estágio de deformação sobre ortognaisses Desengano como revelam critérios de campo, petrográficos e químicos (Afloramento J-15).

Escala aprox.- 1:1

FOTO 8 - Gnaiss típico da Unidade S. Fidélis, já exibindo migmatização incipiente. Nota-se a presença de grandes cristais de granada, conspícuos em toda a faixa de ocorrência (Afloramento J-28).

ckíticas. Não é este o caso das rochas do norte fluminense, como demonstram claras evidências de campo e padrões geoquímicos. Mesmo na Índia, HOWIE & SUBRAMANIAM (1957) discordaram de HOLLAND por encontrarem nítida incompatibilidade química, como discutido no CAPÍTULO 8.

Caracteriza-se a Unidade São Fidélis por associação íntima de ortognaisses (FOTO 8) e migmatitos (FOTO 9). Os gnaisses parecem ter tido evolução muito semelhante aos da Unidade Desengano, com os quais podem ser confundidos (ou então, correlacionados). No entanto, são mais biotíticos, com marcante presença de sillimanita e granada, pelo que se pode atribuir origem também a partir de processos de anatexis sobre rochas da Unidade Natal (Agrupamento III).

À semelhança da Unidade Desengano também intercalam blocos e faixas de gnaisses migmatizados da Unidade Trajano de Moraes apenas que aqui tanto as encaixantes quanto os migmatitos aparecem transpostos juntos, condicionando um relacionamento muito íntimo entre as duas litologias.

A transposição vai imprimir forte caráter migmático, gerando nítida estrutura estromática por diferenciação metamórfica e conseqüente bandejamento composicional ("compositional layering"). Característica marcante da Unidade São Fidélis é a exagerada frequência de intercalações lenticulares de rochas calcossilicatadas em geral concordantes (FOTO 9). Podem também aparecer faixas de quartzitos, com granulação grosseira, também concordantes, de dimensões variadas. Alguns níveis, tanto das faixas metatexíticas, quanto das bandas mais homogêneas, gnáissicas, são tipicamente kinzigíticos. Cristais bem formados de magnetita são freqüentes.

Em trabalhos mais detalhados de mapeamento geológico é muito provável que se pudesse desmembrar a entidade São Fidélis, discriminando-se a predominância de áreas gnáissicas ou de migmatíticas. Grosseiramente constata-se que nos domínios das folhas Cambuci, São Fidélis e Italva (mapa geológico I) predominam os gnaisses, enquanto que na área do mapa geológico II (folhas Dores de Macabu, Conceição de Macabu e Carapebus) preponderam as faixas evidentemente migmáticas.

FOTO 9 - Migmatito característico da Unidade S. Fidélis, onde são freqüentes lentes de rochas calcossilicatadas, exibindo neste caso, borda de bi-pg gnaiss, semelhante ao da Unidade Trajano de Morais (afloramento J-21). São comuns níveis kinzigíticos.

FOTO 10 - Feição migmatítica observada nos domínios da Unidade S. João do Paraíso, onde são comuns núcleos de anfibolitos rotacionados, como este na ponta do martelo. Associam-se com freqüência as rochas charnockíticas.

Verificou-se durante a pesquisa, na Folha Cambuci, outra faixa de típicas litologias da Unidade São Fidélis, bordejando a noroeste da Unidade Angelim, onde anteriormente (convênio DRM-RJ/TRISERVICE) estava mapeada larga faixa da Unidade Santo Eduardo, sendo esta a alteração mais notória quanto ao traçado dos contatos.

Os migmatitos da Unidade São João do Paraíso são textural e estruturalmente muito semelhantes aos da Unidade São Fidélis apenas distinguindo-se destes pela freqüente associação de rochas charnockíticas e muito rara presença de rochas kinzigíticas, o que lhe confere aspecto mesoscópico de fácil separação nos trabalhos de campo, aparecendo o paleossoma com característica cor azulada (FOTO 10).

A Unidade Cambuci, agora definida, caracteriza-se por faixa complexa de litologias diversas, ocorrendo predominância de arranjo "schollen", com larga preponderância das porções neossomáticas, engolfando fragmentos de rochas kinzigíticas, rochas charnockíticas e de gnaisses cinzentos, finos a médios, tonalíticos. É comum assimilação dos fragmentos, tendo ocorrido fase cataclástica posterior.

7 - PROCESSOS METAMÓRFICOS

Discutem-se neste capítulo as transformações pelas quais passaram as rochas, desde a sua origem pretérita até os estágios-finais de consolidação plataformal no Proterozóico superior, segundo processos típicos que ocorrem comumente em cinturões móveis.

Um princípio a ser considerado nestas discussões é o de que as mudanças causadas pelo metamorfismo regional ocorrem isoquimicamente, não modificando seriamente a composição química global dos produtos iniciais.

7.1 - O EMBASAMENTO PLUTÔNICO

O embasamento antigo é constituído pelos enderbitos da Unidade Bela Joana e gnaisses tonalíticos da Unidade Angelim, ambas entidades reunidas no Agrupamento I - Complexo Juiz de Fora. Claro que estas duas litologias são perfeitamente distinguíveis - no campo, porém diferem essencialmente quanto à paragênese mineral. Enquanto os enderbitos apresentam composição mineralógica que melhor os situariam em ambiente compatível com o da fácies granulito, os hornblenda-biotita-plagioclásio gnaisses da Unidade Angelim mostram paragênese típica da fácies anfibolito. No entanto, os aspectos texturais e estruturais são idênticos, mostrando estrutura maciça ou levemente orientada, textura hipidiomórfica granular grosseira, com sinais de blastese em maior ou menor grau, tendo evolução que MOUTINHO DA COSTA & MARCHETTO (1978) muito bem descreveram para as rochas enderbíticas, mas que também é perfeitamente válida para os ortognaisses tonalíticos da Unidade Angelim.

Alguma especulação pode ser tentada para explicar a diferença paragenética das rochas homófanas, grosseiras, que supostamente constituem o embasamento plutônico de idade arqueana.

Numa primeira tentativa poder-se-ia pensar que as duas

litologias representam "emplacement" a diferentes profundidades; os enderbitos se cristalizariam em zona mais profunda, em condições termodinâmicas mais enérgicas (fácies granulito), enquanto a colocação dos tonalitos Angelim se daria a profundidade menor. Se hoje ocupam posições em níveis crustais homólogos é devido a movimentações tectônicas posteriores.

Adicionalmente, a diferença entre as duas rochas poderia ser explicada por dois outros caminhos alternativos:

- 1) O embasamento arqueano era constituído essencialmente por tonalitos, ocorrendo posteriormente processo de charnockitização, qual seja, ação de soluções juvenis ricas em CO_2 , como apregoado por TOURET (1971,1974), JANARDHAN et alii (1979), HARRIS et alii (1982), NEWTON et alii (1980) e CHOUDHURI (1984), os quais atribuem ao CO_2 função de diluente do vapor d'água. Conforme JANARDHAN et alii (1979) a origem do CO_2 seria a partir das supracrustais que normalmente ocorrem em terrenos de alto grau (mármore, calcossilicatadas, kinzigitos com grafita); ou então, as soluções juvenis ricas em CO_2 primário teriam a sua origem no manto. Deve ser realçado que rochas charnockíticas são muito ricas em inclusões fluidas de CO_2 , enquanto que os tonalitos apresentam inclusões fluidas ricas em H_2O , segundo muitos autores;
- 2) O embasamento antigo era preponderantemente composto por rochas da Suíte Charnockítica (mais precisamente enderbítica) e o aparecimento dos gnaisses tonalíticos (fácies - anfibolito) ocorreria por processos diaforéticos. Fica difícil justificar a ação de retro-metamorfismo em extensas porções, de forma penetrativa.

Outra hipótese para explicar as diferenças paragenéticas entre os dois plutonitos é que as duas rochas seriam geradas em ambiente idêntico em pressão, temperatura e também profundidade, apenas que a gênese dos enderbitos requereria que a pressão d'água fosse muito menor que a pressão total. Essas condições seriam encontradas nas partes mais profundas da crosta, não necessariamente as mais profundas (WINKLER, 1977).

Pela composição mineralógica dos enderbitos, com porceno

tagens até elevadas de biotita e com hornblenda freqüente, pode - se dizer que o perfeito equilíbrio da fácies granulito não foi atingido; o magma não apresentaria condições anidras extremas, mas teria voláteis e água em quantidades consideráveis.

Todas as evidências convergem para se atribuir às rochas enderbíticas um caráter primário plutônico, de origem profunda; se hoje estão expostas é porque foi removida apreciável espessura de crosta e/ou, mais provavelmente, porque movimentações tectônicas posteriores as elevaram a níveis mais superiores.

Pouco consistentes são as atribuições de origem das rochas charnockíticas por granitização de noritos por fluidos pegmatíticos (BRAJNIKOV, 1953; GUIMARÃES, 1956) ou por atritos gerados por milonitização profunda (EBERT, 1968).

A remobilização Brasileira vai afetar intensamente todo o embasamento antigo, ocorrendo recristalização de microclíneo (CORDANI, 1973; OLIVEIRA, 1980), podendo os porfiroblastos de microclíneo estarem também ligados à atividade potássica que rejuvenesceria completamente estas rochas (q.v. CAPÍTULO 10).

SUBRAMANIAM (1959), a exemplo de outros autores clássicos da petrologia, afirma que pertitas, muito comuns nos enderbitos, são indicativas de altas temperaturas de consolidação de magmas, associados com baixa porcentagem de H₂O. Inclusive lamelas de exsolução de clinopiroxênios, presentes nos ortopiroxênios, indicam origem ígnea para estes minerais. O caráter ígneo das rochas charnockíticas é ressaltado por vários critérios (relações de campo, petrográficos e geoquímicos).

Verifica-se nos enderbitos do norte fluminense o mesmo fenômeno que COORAY (1969) descreveu e denominou de decharnockitização, o qual, devido a diques de rochas ácidas (aplitos, granitos e/ou pegmatitos), provoca perda da típica coloração verde nas bordas dessas intrusivas, adquirindo a rocha uma coloração cinzenta, persistindo o hiperstênio apenas como relicto ("pyroxene - ghost"), sendo criadas condições de desestabilização desse mineral. Esta feição é muito evidente na Pedreira Ibitioca (próxima à estação ferroviária de Itererê, extremo leste da Folha São Fidélis), sendo que idêntico processo foi verificado pelo autor, tan

to nas rochas charnockíticas de Ubatuba (em corte de estrada na Rio-Santos), como nas de São Francisco Xavier, ambas no estado de São Paulo.

DE WAARD (1969) atribui, tanto para os gnaisses tonalíticos como para os enderbitos do Ceilão, condições alternativas : ou sob pressão média com temperatura média e pressão d'água baixa ou então, sob pressão alta com temperatura alta e pressão d'água-média.

7.2 - AS SUPRACRUSTAIS

As rochas supracrustais representam seqüência vulcano - sedimentar metamorfizada, cujos produtos litológicos predominantes hoje encontrados são: biotita-plagioclásio gnaisses da Unidade Trajano de Moraes, kinzigitos e khondalitos da Unidade Natal, mármore da Unidade São Joaquim, além das litologias não passíveis de cartografia na escala de trabalho, como são os quartzitos, rochas calcossilicatadas, anfibolitos, gonditos, etc..

Essa seqüência é a que melhor registra as transformações metamórficas, passando por modificações mineralógicas na sua evolução, a partir de produtos iniciais algo diferentes. O embasamento plutônico (Agrupamento I) vai ser retrabalhado nos tempos posteriores, sendo que no Ciclo Transamazônico os efeitos dinâmicos vão provocar alterações texturais, conservando a mineralogia, e no Ciclo Brasileiro a anatexis que vai afetá-las não promoverá alterações mineralógicas significativas.

As rochas supracrustais aparecem por toda a área na forma de "boudins" intensamente estirados, ou então como bandas intercaladas tectonicamente.

A composição química da Unidade Trajano de Moraes sugere origem primária vulcânica, como enfatizam GROSSI SAD et alii (1980c), que segundo eles seriam andesitos ou basaltos de alta alumina. Os caracteres químicos dessas rochas vão ser melhor discutidos no CAPÍTULO 8. É a entidade que melhor poderia representar a contribuição vulcânica da seqüência supracrustal, uma vez que as

demaís litologias são mais claramente metassedimentares. Predomina a paragênese de fácies anfibolito; por outro lado, pode exibir sinais de metamorfismo progressivo e apresentar a seguinte paragênese: biotita-sillimanita-cordierita-plagioclásio, ou mesmo, incluir hiperstênio e tratar-se de um verdadeiro granulito, atingindo portanto o grau mais elevado. SUBRAMANIAM (1967) considera os piroxênios granulitos da Índia Peninsular como derivados de rochas vulcânicas básicas submetidas a alto grau de metamorfismo.

EBERT (1968) postulou origem a partir de grauvacas e admitia que esses gnaisses se transformariam em kinzigitos (menos freqüentemente em khondalitos), sempre acompanhando planos de intenso movimento tectônico. No entanto, os dados químicos mostram total incompatibilidade para justificar tal evolução (q.v. CAPÍTULO 8).

Essa Unidade (Trajano de Moraes) vai ser intensamente deformada no Ciclo Transamazônico, acarretando a geração de migmatitos sin-tectônicos. Muito Provavelmente a fase de metamorfismo esteja correlacionada, no tempo, a esta de deformação. No Ciclo Brasileiro pode sofrer remigmatização, como observado nos domínios da Unidade São Fidélis, e tanto os típicos gnaisses e migmatitos da primeira fase, como os produtos da segunda fase de migmatização, vão constituir os fragmentos englobados pelos ortognaisses palingenéticos da Unidade Desengano, sendo o conjunto caracterizado como mega-estrutura "schöllen" da Unidade Conceição de Macabu (FOTO 6). A deformação que afeta os ortognaisses Desengano vai gerar migmatitos sin-tectônicos kinzigíticos individualizados como Unidade Ernesto Machado.

A porcentagem de anfibólio nos gnaisses cinzentos da Unidade Trajano de Moraes pode ser alta, refletindo materiais originais, em parte mais básicos, chegando a rocha a quase anfibolito.

A Unidade Natal é talvez a mais controvertida dentro do panorama metamórfico. Por um lado, a paragênese que mostram, aliada a resultados químicos, indicaria tratar-se de produto metamórfico de antigos sedimentos pelíticos, como largamente difundido na literatura geológica. EBERT (1956a) sugere reações para formação de granada, ortoclásio e sillimanita, a partir da biotita, in

dicando que os kinzigitos poderiam aparecer como resultado de metamorfismo progressivo sobre os biotita-plagioclásio gnaisses que caracterizam a Unidade Trajano de Moraes, notadamente em zonas de cisalhamento (sic).

No entanto, a constante associação de rochas kinzigíticas com mármore, além da posição que ocupam em diagramas mostrados no capítulo seguinte, fortalecem a sugestão de origem sedimentar. A grande quantidade de granada em todas as unidades estratigráficas de composição kinzigítica deve-se à composição química total; normalmente, rochas granatíferas são ricas em Al_2O_3 , como discutido por HOWIE & SUBRAMANIAM (1957) em relação às rochas enderbíticas.

Os leptinitos s.s. em geral e os blastomilonitos quartzo-feldspáticos da Unidade São José de Ubá, devem representar kinzigitos e khondalitos da Unidade Natal, recristalizados e migmatizados sin-tectonicamente no Ciclo Transamazônico, o que também foi constatado por SUBRAMANIAM (1967), na Índia, para associações semelhantes.

Com relação à Unidade São Joaquim, predominantemente com mármore, ora calcíticos ora dolomíticos, pelo fato de incluir periclásio e forsterita na sua paragénesis, permite a estimativa das condições metamórficas de médio a alto grau. O periclásio representa típica reação de dedolomitização do mármore, conforme:

As rochas calcossilicatadas, pela sua composição mineralógica, indicam metamorfismo sobre sedimentos de composição marginal, algumas indicações sendo evidenciadas nos diagramas do CAPÍTULO 8. É interessante notar que escapolita só é observada nas calcossilicatadas que se intercalam nas rochas kinzigíticas da Unidade Natal.

Numerosas intercalações de quartzitos grosseiros, praticamente encontradas em todas as entidades gnáissicas e migmatíticas da área, felizmente exibem na sua paragénesis a presença de sillimanita, o que denuncia o alto grau de metamorfismo. Por ou-

tro lado, para comprovar que muscovita em contato com quartzo pode persistir mesmo sob enérgicas condições metamórficas, esse mineral é freqüentemente encontrado nos quartzitos. Às vezes torna-se difícil fazer-se um julgamento satisfatório sobre estas rochas, podendo ainda representar remobilizados quartzosos, recristalizados, o que é sugestivo em alguns afloramentos, pelas feições estruturais (discordantes e ramificados). Conclui-se que estas feições, diagnósticas de maior mobilidade, são devidas à anatexis Brasileira que atingiu os leitos arenosos da seqüência metavulcano-sedimentar.

Alguma dificuldade surge com a inferência sobre a origem dos anfibolitos. Aparecem normalmente como núcleos (nódulos) ou lentes, intercalados por toda a área, em diversas unidades, podendo provir de metamorfismo de rochas básicas - antigos diques de diabásio - os quais poderiam fazer parte da seqüência ofiolítica-antiga, sofrendo posteriormente intensa "boudinage". Porém não se exclui totalmente a possibilidade de parte dessas rochas apresentar origem sedimentar. Nas folhas São João do Paraíso e Macaé, adjacentes à área estudada, verificam-se verdadeiros diques discordantes de anfibolito (GOMES et alii, 1978, 1981).

7.3 - AS ROCHAS CATACLÁSTICAS

Durante o Ciclo Transamazônico teriam ocorrido fenômenos de caráter cisalhante em que houve esmagamento acentuado de rochas mais antigas (embasamento + supracrustais) e aparentemente não houve neo-mineralização ou quaisquer outras reações mineralógicas, mas apenas forte trituração mecânica das litologias anteriores. O cisalhamento intenso pode levar à fusão parcial gerando migmatitos sin-tectônicos. Os tipos litológicos que registram os efeitos desse evento estão reunidos no Agrupamento II, com as unidades São José de Ubã e Monte Verde, representando parte do embasamento plutônico enderbítico sob deformação e por isso fazendo parte do Complexo Juiz de Fora.

Pelo metamorfismo dinâmico (cataclase) não ocorreram re

ações químicas progressivas como pensava EBERT (1968); e mesmo os fenômenos diaforéticos que acontecem, não apresentam a escala de atuação que muitos autores admitem para justificar grandes porções de rochas na fácies anfibolito como tendo se originado a partir do retrometamorfismo de rochas granulíticas e charnockíticas; a diaforese com certeza aconteceu na escala da lâmina delgada, sendo observados, localmente, núcleos de hiperstênio com bordas de anfibólio. Para comprovação de que o processo retrógrado não atinge proporções regionais, verifica-se que as rochas grosseiras antigas, de composição enderbítica, quando submetidas a enérgicos e feitos de cisalhamento, não apresentam hidrólise generalizada dos minerais anidros (hiperstênio, granada), ficando os piroxênios mecanicamente triturados, porém inalterados. Mesmo SUBRAMANIAM (1959) afirma, para rochas idênticas da Índia, que as composições química e modal dos tipos recristalizados não diferem muito das rochas grosseiras que sofreram blastese.

7.4 - OS GNAISSES GRANITÓIDES E OS MIGMATITOS

As rochas homófanas Brasileiras, ortognaisses sin-tectônicos, resultaram da intensa palingênese que afetou toda esta faixa. Dadas as comprovadas compatibilidades químicas e mineralógicas, pode-se dizer, com boa dose de certeza, que os gnaisses das unidades Desengano e São Fidélis - sendo estes últimos mais ricos em biotita - viriam dos metassedimentos kinzigíticos da Unidade - Natal, enquanto que os ortognaisses Italva, pela composição que apresentam, podem se originar pela anatexis sobre os gnaisses cinzentos, finos a médios, equigranulares, típicos da Unidade Trajano de Moraes.

Durante o Ciclo Brasileiro, pela contemporaneidade à tectônica, fez com que se lhes imprimisse textura orientada nos produtos gerados, observando-se, mesmo nas litologias homogêneas, seguramente intrusivas (Italva, Desengano e São Fidélis), estruturas gnáissicas. Evidencia-se generalizada microclinização nesta época, aparecendo o microclíneo às custas do ortoclásio.

Análise cuidadosa deve merecer a discussão da Unidade - Ernesto Machado que é caracterizada por migmatitos sin-tectônicos, de composição global kinzigítica. Como estas rochas apresentam pa^{ra}ragênese de alto grau e invariavelmente estão associadas a rochas charnockíticas e granulíticas, vários autores, desde o trabalho - clássico de HOLLAND (1900), têm atribuído a presença de rochas - leptiníticas, muito granatíferas, a efeitos de cisalhamento que teria afetado rochas da Suíte Charnockítica. Segundo aquele autor, a granada apareceria a partir do hiperstênio, devido ao calor gerado em cisalhamentos profundos, a temperaturas intermediárias. Entretanto, HOWIE & SUBRAMANIAM (1957) acharam imprópria tal sugestão, uma vez que a granada dos leptinitos e khondalitos e o hiperstênio dos enderbitos são quimicamente incompatíveis, notadamente-quanto aos elementos-traço.

SUBRAMANIAM (1959) encara os leptinitos granatíferos como fácies recrystalizada dos khondalitos e admite estas rochas como antigos sedimentos pela alta porcentagem de quartzo. Discute - -se no CAPÍTULO 8 que estas litologias possuem alta sílica, o que pode ser rapidamente observado pela posição que ocupam nos diagramas de variação (FIGURAS 8.1 e 8.2). Em 1957, SUBRAMANIAM acrescenta que estas rochas além de recrystalizadas são migmatizadas, e a julgar pelas descrições, em tudo se assemelham aos migmatitos sin-tectônicos da Unidade Ernesto Machado.

Pelas claras evidências de campo, notadamente no trecho de estrada entre São Fidélis e Campos (RJ-158), parece que a faixa de ocorrência dessas rochas representam fortes efeitos tectônicos (deformacionais) em rochas anatexíticas da Unidade Desengano, a qual, por sua vez, seria produto de palingênese sobre rochas metassedimentares pelíticas da Unidade Natal, que compõem a sequência supracrustal do Agrupamento III. Há notável compatibilidade de que suporta esta interpretação (CAPÍTULO 8).

Também, durante as fases sin- e tardi-tectônicas do Ciclo Brasileiro, pela intensidade do evento termal, haveria profusão de neossoma produzido, afetando produtos diversos e conduzindo à formação de várias unidades migmatíticas do ciclo.

7.5 - CONDIÇÕES DE METAMORFISMO

As condições de formação das rochas charnockíticas e granulíticas mais antigas podem ser inferidas, apesar da superposição dos eventos deformativos, pois ainda conservam as paragêneses minerais primárias.

OLIVEIRA (1980,1981) aplicando geotermômetros de WOOD & BANNO (1973) para os piroxênios granulitos da Faixa Paraíba do Sul, apresentou resultados que variam de 812 a 888°C, com média de 844°C, compatíveis com áreas catazonais e comparáveis com determinações para outras regiões do globo. Resultados de temperatura-pouco superiores foram obtidos pela calibragem de WELLS (1977), situando-se entre 826 e 950°C, com média de 887°C. O mesmo autor (OLIVEIRA, 1980,1983) usando teores de Al_2O_3 em clino e ortopiroxênio (WILSON, 1976) estima pressões de formação destas rochas em torno de 6 a 7 kb. A partir daí permitiu-se deduzir que estas rochas adquiriram feições de alto grau metamórfico a profundidade próxima de 25 km, supondo o gradiente geotérmico dessa região, no Arqueano, entre 30 e 35°C/km, valores compatíveis com determinações em outras regiões comparáveis do globo.

Entretanto, outros autores, como FYFE (1973), admitem - que no Arqueano as condições geotérmicas eram diferentes, supondo gradientes da ordem de 100°C/km, determinando então que o ambiente de fácies granulito poderia se localizar na base de uma crosta de apenas 8 a 9 km, ao invés dos 30 a 50 km, que corresponderiam aos gradientes atuais de 20 a 30°C/km. No entanto, os dados geotermométricos e geobarométricos, como apresentados no parágrafo anterior, não confirmam a especulação de FYFE (1973). Deve ser acrescentado que SHULDINER (1982) admite que a temperatura da superfície do planeta era de cerca de 300°C, no Arqueano.

Estimativas das condições termodinâmicas de formação das rochas da região foram também efetuadas durante os trabalhos do convênio DRM-RJ/TRISERVICE (BATISTA et alii, 1978a,b; GOMES et alii, 1978; SILVA et alii, 1978). Usaram-se paragêneses das diversas litologias estudadas e confrontando-as com diagramas de diversos autores, chegou-se a intervalo de temperatura de 680 a 725°C,

com pressões entre 3,5 a 6 kb. No entanto, foram incluídos, neste estudo, paragêneses indicativas de médio grau de metamorfismo, não apenas as seguramente de alto grau.

8 - ANÁLISE DOS DADOS QUÍMICOS

As considerações abordadas neste capítulo partem do presuposto de que os eventos geológicos - metamorfismo, deformação , anatexis, etc. - processam-se sem maiores modificações químicas , podendo-se interpretar o conjunto como um sistema fechado, com ocorrências de fenômenos de caráter isoquímico. Como já abordado - no capítulo anterior, estas condições foram admitidas por SUBRAMANIAM (1959) em seus estudos geoquímicos das rochas idênticas da Índia.

As comparações químicas para decifrar gênese primária , ou caracterizar ambiente tectônico de formação, apesar de obedecerem à lógica da analogia, afiguram-se no entanto como peças importantes no estabelecimento de critérios para se tentar elucidar as modificações petrogenéticas em áreas policíclicas, devendo ser encaradas apenas como sugestivas, e não exclusivamente conclusivas. Valem-se as interpretações do fato de existirem diferenças geoquímicas entre as suítes ígneas de diversos sítios tectônicos e de que todas elas diferem do padrão químico das rochas sedimentares. Entretanto, quando se trata de sedimentos imaturos, em que a desintegração física excede a decomposição química, as discrepâncias - não são tão acentuadas.

Para se atingirem os objetivos delineados neste trabalho, não se poderia furtar a analisar os dados químicos disponíveis. Muito embora as rochas charnockíticas de São Fidélis estejam sendo objeto de outra tese de doutoramento com enfoque principal no tratamento geoquímico mais detalhado, as abordagens aqui discutidas visam apenas apresentar parâmetros diretores para compreensão dos fenômenos evolutivos.

GROSSI SAD e BARBOSA, com seus colaboradores, mapeando diversas folhas (escala 1:50.000) no estado do Rio de Janeiro, através de convênios DRM-RJ/GEOSOL, apresentam grande número de resultados analíticos de litologias que se relacionam perfeitamente às unidades litológicas aqui descritas, em comprovada continuidade estrutural, sendo aqui apresentados alguns dos seus muitos resultados, para efeito de comparação; a seleção dos mesmos foi feita

TABELA 8.1 - RESULTADOS DE ANÁLISES QUÍMICAS

Nº AMOSTRA	REF.	ROCHA	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺
	*	**												
PS-A/3-12B	5	chk	64,20	0,68	14,50	0,93	5,01	0,11	2,20	4,10	1,51	6,23	0,08	0,30
J-1B	1	chk	61,91	0,41	14,14	9,73	0,46	0,08	2,04	4,78	2,90	2,95	0,05	0,36
MC-D/04-50B	6	chk	57,80	1,10	14,70	3,80	5,29	0,16	4,40	6,00	1,52	3,42	0,17	0,25
EG-F/09-04B	6	chk	63,20	0,56	14,70	2,50	4,86	0,14	3,80	4,60	1,42	2,90	0,17	0,38
PD-M/4-717	2	chk	55,10	1,40	20,30	3,90	2,85	0,10	2,50	5,50	3,18	3,35	0,46	0,50
PD-M/3-721	2	chk	55,20	1,30	18,20	3,60	4,28	0,17	3,30	7,00	2,50	3,07	0,98	0,60
TO-F/8-35D	5	chk	69,80	0,42	14,00	0,88	2,00	0,04	1,20	3,10	2,21	4,98	0,13	1,18
PS-T/12-301C	5	chk	48,10	1,20	14,70	2,30	9,30	0,18	6,00	10,50	0,91	6,07	0,10	0,37
PS-k/11-51A	5	chk	69,50	0,15	14,90	0,73	0,14	0,01	0,20	2,40	1,73	9,73	0,00	0,50
J-5	1	chk	67,09	0,93	10,01	5,62	2,43	0,12	2,54	2,36	5,24	2,69	0,21	0,62
J-1D	1	chk	63,63	0,75	13,46	6,74	0,34	0,11	1,80	4,09	3,64	4,52	0,05	0,59
VS-B/10-306	6	chk	49,40	2,40	13,30	1,10	13,92	0,26	6,60	11,00	0,15	0,80	0,26	0,36
EG-J/13-27	6	chk	50,30	3,00	13,80	3,90	8,87	0,17	5,70	8,70	1,30	2,32	1,20	0,04
EG-K/11-15	6	chk	51,10	0,96	16,90	2,10	9,30	0,17	6,90	8,70	1,21	2,63	0,15	0,15
VS-E/09-320B	6	chk	51,50	2,50	12,00	8,00	9,13	0,17	5,00	7,70	0,15	0,35	0,30	0,30
IP-L/15-8C	6	chk	51,70	0,99	9,20	3,30	11,88	0,25	9,90	8,60	0,39	2,23	0,00	0,44
EG-C/1-339A	6	chk	51,70	0,30	19,80	0,43	2,85	0,09	5,90	15,60	1,02	1,36	0,20	0,40
EG-C/03-349	6	chk	51,80	3,20	15,90	2,30	8,13	0,19	3,40	7,10	2,02	3,82	0,97	0,56
EG-I/05-374	6	chk	54,80	0,88	17,90	2,00	7,63	0,15	3,40	8,00	0,67	3,36	0,13	0,31
MC-A/10-8A	6	chk	55,10	1,90	14,60	2,20	6,75	0,16	2,90	5,10	3,10	6,53	0,51	0,76
EG-L/12-31C	6	chk	56,80	0,85	16,30	1,90	7,06	0,14	3,70	6,20	1,66	3,85	0,29	0,50
VS-D/09-314B	6	chk	59,30	0,56	13,40	1,20	4,57	0,11	5,50	11,50	1,33	0,45	0,11	0,90
EG-G/09-05B	6	chk	62,10	0,72	16,80	2,00	3,86	0,14	3,10	5,60	0,96	4,31	0,19	0,10
EG-J/10-07	6	chk	66,60	0,65	14,10	1,40	4,20	0,08	3,00	5,10	0,72	3,29	0,10	0,10
J-200	1	kzg	63,73	1,05	13,22	6,10	3,00	0,15	3,00	3,20	2,13	3,61	0,10	0,54
MD-L/15-22	3	kzg	66,70	0,63	15,50	2,40	2,78	0,06	2,20	2,10	4,84	2,13	0,14	0,94
J-7A	1	kzg	68,50	0,39	11,00	5,63	0,10	0,05	1,00	3,00	5,18	3,98	0,15	0,79
J-7C	1	kzg	72,35	0,86	9,65	7,66	0,30	0,08	1,97	1,32	2,76	2,69	0,07	0,24
J-15B	1	kzg	74,75	0,91	8,67	5,82	1,31	0,06	1,60	2,25	1,20	2,96	0,14	0,29
EG-F/7-36	6	kzg	68,40	0,57	15,00	1,40	4,36	0,06	1,50	2,50	2,26	2,30	0,06	0,20
MD-M/8-442	3	kzg	65,50	0,52	16,60	0,63	2,49	0,05	1,50	3,70	4,81	2,68	0,46	0,50
J-28A	1	kzg	63,92	0,82	13,54	3,85	5,36	0,08	3,97	3,54	2,35	2,23	0,25	0,02
MD-M/14-18	3	kzg	70,30	0,38	15,30	0,60	1,71	0,04	1,20	3,20	4,21	2,75	0,14	0,62
MD-J/12-421	3	kzg	65,80	0,77	16,60	0,62	4,21	0,05	1,60	3,90	2,62	2,47	0,31	0,80
MD-G/15-228	3	kzg	66,00	0,85	15,20	0,39	4,78	0,06	2,30	3,40	3,11	2,75	0,25	1,36
MD-K/13-429	3	kzg	72,50	0,35	14,40	0,72	1,42	0,02	0,96	2,10	4,55	2,80	0,11	0,29
EG-H/10-06B	6	kzg	58,30	0,60	16,80	1,30	4,58	0,12	4,50	7,10	1,51	4,10	0,22	0,27
EG-M/2-186	6	kzg	68,50	0,58	14,20	0,59	4,42	0,05	2,00	2,10	3,08	3,72	0,16	0,28
MC-L/2-18	6	kzg	69,00	0,42	14,20	0,40	3,42	0,07	1,50	4,10	1,77	3,94	0,08	0,46
VS-B/12-293A	6	kzg	69,10	0,45	13,90	0,58	3,35	0,05	1,50	2,60	3,84	3,58	0,13	0,31
J-99	1	csc	62,46	0,60	8,00	6,30	1,22	0,10	5,00	13,25	0,58	0,78	0,21	1,27
VS-B/2-144B	5	csc	57,80	0,28	12,80	0,43	5,28	0,09	6,70	12,00	2,70	0,36	0,17	0,87
Fl.Anta-s/hq	7	csc	53,90	0,19	8,80	0,10	4,16	0,15	9,90	20,20	0,27	0,64	0,14	0,33
MP-E/8-44	5	csc	54,00	2,00	13,50	5,90	11,45	0,22	3,30	7,90	0,31	0,30	0,22	0,77
MP-L/3-18A	5	csc	58,60	0,59	15,50	1,00	5,01	0,13	3,00	14,40	0,10	0,65	0,13	0,68
TR-3/11-3B	4	csc	77,60	0,61	8,30	1,56	1,66	0,09	1,00	5,80	0,75	0,96	0,13	0,85
TR-F/7-253	4	csc	72,30	0,81	11,30	0,99	3,31	0,68	1,40	8,60	0,13	0,21	0,19	0,33
TR-D/13-376	4	csc	72,10	0,75	11,40	1,53	2,40	0,45	1,50	8,00	0,33	0,39	0,20	1,52
TR-N/6-38	4	csc	65,40	0,93	11,60	1,84	3,16	0,54	1,60	11,10	0,25	0,27	0,25	1,67
TR-K/7-691A	4	bpg	44,60	3,70	14,20	6,29	11,44	0,27	4,50	7,80	1,81	2,66	1,10	0,09
TR-M/5-30B	4	bpg	46,00	3,50	16,20	3,58	7,22	0,15	5,20	6,90	3,89	3,53	1,80	0,79
TR-I/10-609	4	bpg	53,00	2,30	18,50	3,51	5,19	0,14	2,60	4,80	4,82	2,86	1,30	0,52
TR-M/4-32	4	bpg	53,70	2,70	16,50	1,90	9,03	0,20	3,40	6,30	2,53	2,26	0,66	0,60
TR-I/9-23B	4	bpg	56,10	1,30	17,00	4,91	5,12	0,10	1,90	3,10	3,61	3,54	0,66	0,80
TR-J/9-617	4	bpg	59,60	1,50	19,20	1,79	3,61	0,07	1,60	2,50	5,93	2,97	0,57	0,46
TR-G/10-368	4	bpg	59,00	1,40	16,90	1,04	6,17	0,15	2,00	5,10	3,25	3,33	0,68	0,68

* REFERÊNCIA (fonte)

- 1 - IG-USP, responsável Prof.Dr. Raphael Hypólito
- 2 - GROSSI SAD et alii (1980a)
- 3 - GROSSI SAD et alii (1980b)
- 4 - GROSSI SAD et alii (1980c)
- 5 - BARBOSA et alii (1981)
- 6 - BARBOSA et alii (1982)
- 7 - BARBOSA et alii (1980)

** ROCHA

- chk - rochas charnockíticas
- kzg - rochas kinzigíticas
- csc - rochas calcossilicatas.
- bpg - gnaisses, cinzentos, finos, equigranulares, de composição tonalítica, (bi-pg gnaisses).

quartzitos, isso não foi feito por não trazer substanciais subsídios ao entendimento do quadro evolutivo da região, além das evidências de campo e petrográficas. Nenhuma amostra aqui discutida apresenta feições migmáticas.

Para o melhor entendimento das relações petrogenéticas das diferentes rochas aqui tratadas, os resultados químicos foram interpretados através de diagramas, evitando-se comparações óxido a óxido com resultados de outras províncias do globo, devido ao pequeno número de amostras de cada litologia e o erro estatístico que possa estar envolvido, devido a dificuldades de representatividade nas etapas de amostragem, preparação, análise, etc., levando-se em consideração que as diferenças normalmente não são muito acentuadas, a não ser, é claro, em relação a rochas geneticamente diferentes.

Observando-se os diagramas de variação das FIGURAS 8.1 e 8.2, onde se verifica o comportamento dos óxidos principais em relação à sílica, percebe-se claramente que as rochas kinzigíticas concentram-se na faixa de maior porcentagem de sílica. Em nenhum caso as rochas kinzigíticas apresentam variação contínua, regular, sugerindo então origem sedimentar, como já apontado em outros capítulos, não se verificando correlação significativa entre os diversos elementos e a sílica. Com referência às rochas charnockíticas, enderbitos principalmente, "trends" de diferenciação magmática mais característicos são devidos aos óxidos Fe_2O_3 (total), MgO e CaO , o mesmo se verificando com relação aos biotita-plagioclásio gnaiss - ses da Unidade Trajano de Moraes, não sendo fora de propósito considerar estes últimos como fase vulcânica da seqüência supracrustal antiga (Agrupamento III), e os enderbitos como representantes do plutonismo mais antigo. O teor de P_2O_5 também apresenta fracionamento acentuado nas rochas típicas da Unidade Trajano de Moraes, sendo os seus biotita-plagioclásio gnaisses as rochas mais enriquecidas nesse óxido. Curiosamente, as rochas calcossilicatadas apresentam nítido "trend" de diferenciação dos óxidos CaO e MgO em relação à sílica, sendo a rocha que apresenta os mais altos níveis de MnO (comparar dados da TABELA 8.1), que pode significar ser a responsável por ocorrências de concentrações secundárias desse metal no seio das rochas kinzigíticas, onde elas aparecem intercala

FIGURA 8.1- Diagrama de variação para rochas

(●) charnockíticas; (○) kinzigíticas; (▲) calcossilicatadas; (△) biotite gnaisses tonalíticos cinzentos.

FIGURA 8.2 - DIAGRAMA DE VARIAÇÃO PARA AS ROCHAS CHARNOCKÍTICAS, KINZIGÍTICAS, CALCOSSILICATADAS E GNAISSES CINZENTOS, TONALÍTICOS. SÍMBOLOS COMO NA FIGURA 8.1

das, tectonicamente, com espantosa freqüência. Nos demais casos, o MnO se apresenta em níveis muito baixos, como era de se esperar. Em se tratando dos óxidos alcalinos (Na_2O e K_2O) a dispersão é muito grande, o que pode ser explicado pela redistribuição dos álcalis durante eventos do Ciclo Brasileiro; o mesmo comportamento sendo observado no diagrama referente ao Al_2O_3 .

Os diagramas de variação com os valores de Niggli, projetando-se os dados de fm, al, alk e c em relação ao parâmetro si (FIGURAS 8.3 e 8.4), mostraram fracionamento regular mais nítido, com diminuição de fm e c (Fe, Mg e Ca) e aumento de al e alk (Al, Na e K), no entanto, dispersando-se ainda aqui os dados relativos às rochas kinzigíticas e às calcossilicatadas. Os enderbitos e os biotita-plagioclásio gnaisses, equigranulares, de granulação fina a média, mostram tendência que caracterizam conjuntos de rochas que se cristalizaram a partir de líquidos magmáticos.

TARNEY (1976) afirma que as abundâncias de TiO_2 - SiO_2 em gnaisses arqueanos são geralmente similares aos das rochas ígneas calco-alcalinas, e diferentes dos de sedimentos e metassedimentos, que em geral têm conteúdos mais elevados de TiO_2 em relação aos mesmos teores de sílica. A FIGURA 8.5 evidencia a forte tendência à correlação negativa dos diversos tipos tratados, onde aparece a linha que separa os campos de gnaisses arqueanos e rochas ígneas calco-alcalinas (abaixo) e sedimentos e metassedimentos clásticos (acima da linha). Mais significativo no exame do gráfico é que boa parte das rochas kinzigíticas situam-se acima da linha de referência, o que vem reforçar a idéia de origem sedimentar para estas rochas. Por outro lado, as rochas cinzentas, gnáissicas, de composição tonalítica, da Unidade Trajano de Moraes, destacam-se bem acima da referida linha, ocupando o campo das rochas sedimentares ou metassedimentares, neste caso suscitando as controvérsias resumidas por DRURY (1973), segundo o qual os seguintes modelos seriam sugeridos para a origem dos gnaisses cinza de terrenos de alto grau: sedimentos grauváquicos; vulcânicas andesítico-dacíticas; e cristalização de magma andesítico-dacítico sob condições plutônicas. Entretanto, o "trend" magmático observado em outros diagramas, de forma inequívoca leva a suspeita para o lado ígneo. Os demais tipos litológicos se ajustam, com desvios acentuados,

FIGURA 8.3- PROJEÇÃO DOS VALORES DE NIGGLI a_I e f_m CONTRA O ÍNDICE S_i . OS SÍMBOLOS SÃO OS MESMOS DA FIGURA 8.1 .

FIGURA 8.4-Idem, FIGURA 8.3 para índices olk e c de NIGLI.

FIGURA 8.6—RELAÇÕES ENTRE Fe tot. (como Fe₂O₃) e MnO (a) e TiO₂ (b). SÍMBOLOS COMO NAS DEMAIS FIGURAS.

FIGURA 8.7- RELAÇÃO ENTRE O FERRO TOTAL (como Fe_2O_3) e MgO . SÍMBOLOS COMO NAS DEMAIS FIGURAS.

FIGURA 8.8- DIAGRAMA AFM PARA AS ROCHAS ESTUDADAS CUJOS SÍMBOLOS SÃO OS MESMOS DA FIGURA 8.1. APARECEM, SEPARADOS OS CAMPOS CALCO-ALCALINO (abaixo) TOLEÍTICO (acima) EM RELAÇÃO À LINHA TRACEJADA (IRVINE e BARAGAR (1971)).

à correlação negativa, porém ora se situam abaixo, ora acima da linha de referência de TARNEY (1976), com comportamento não diagnóstico.

Como já apontado por SIGHINOLFI (1971) para os terrenos granulíticos da Bahia, os óxidos MnO , TiO_2 e MgO apresentam excelente grau de correlação com Fe_2O_3 (total), notando-se ainda maior dispersão com relação às rochas calcossilicatadas. Segundo aquele autor, esse grau de correlação indica mais um processo magmático que sedimentar; nos sedimentos esperar-se-ia correlação limitada entre esses elementos. As rochas kinzigíticas acompanham grosseiramente o "trend" magmático, o que de certa forma contraria a hipótese admitida alhures (FIGURAS 8.6 e 8.7).

O diagrama triangular AFM (FIGURA 8.8) serve para separar as suítes magmáticas calco-alcalinas e toleíticas, segundo IRVINE & BARAGAR (1971). Embora a maior parte das rochas analisadas alonguem-se conforme o "trend" calco-alcalino (abaixo da curva de referência), alguns poucos enderbitos (Unidade Bela Joana) e biotita-plagioclásio gnaisses (Unidade Trajano de Moraes) colocam-se ao lado das suítes toleíticas, sugerindo que não se deve descartar a hipótese da existência de bimodalidade composicional do magma - tismo arqueano, muito embora os dados ainda sejam muito poucos para se afirmar com maior segurança. BARBOSA et alii (1982) plotando amostras de rochas charnockíticas nos dois diagramas de MIYASHIRO (1975), em que a razão FeO/MgO figura no eixo das abcissas e na ordenada de um deles aparece FeO e na do outro SiO_2 , encontra o mesmo caráter bimodal para as rochas charnockíticas, ocupando o grupo básico dessas litologias o campo toleítico do diagrama e os grupos intermediário e ácido o campo calco-alcalino. OLIVEIRA (1980) utilizando o mesmo diagrama (AFM) para litologias diversas - referentes aos grupos Barbacena, Paraíba e Serra dos Órgãos, nota nítida tendência apenas calco-alcalina para todo o conjunto projetado no diagrama.

No caso do diagrama CKN (FIGURA 8.9), embora com maior dispersão dos dados, aparece toda a seqüência calco-alcalina, representada e indicada pelos campos das principais rochas ígneas. Quando plotado o campo das grauvacas arqueanas de Wyoming (CONDIE, 1967) constata-se que no seu interior se posicionam principalmen-

FIGURA 8.9 - DIAGRAMA NKC PARA AS ROCHAS ESTUDADAS.
SÍMBOLOS COMO NAS DEMAIS FIGURAS.

FIGURA 8.10 - DIAGRAMA DE COMPOSIÇÃO $Al_2O_3 - CaO - (MgO + FeO)$.
BASEADO EM WAHSTROM E KIM (1959).
SÍMBOLOS COMO NAS DEMAIS FIGURAS.

te as rochas kinzigíticas. Estas rochas, plotados os seus resultados químicos no diagrama das funções discriminantes de MOINE & DE LA ROCHE (1968), mostram tendência para se posicionarem no campo sedimentar, entre grauvacas e folhelhos, conforme apontado por BARBOSA et alii (1981), adicionando ainda que os valores médios - são muito semelhantes aos de folhelhos em termos de elementos-traço. Com tudo isso, reafirma-se a interpretação de sua origem a partir de metamorfismo sobre pelitos, tendo depois evolução mais complexa em ciclos posteriores.

Adicionalmente, acrescentar-se-ia, com relação às rochas kinzigíticas, que OLIVEIRA (1973) estudando estas litologias na região de São José do Rio Pardo-SP, conclui que os caracteres químicos são muito semelhantes aos do folhelho; desta forma atribui origem primária a sedimentos argilosos.

Muito diagnósticas são as tendências reveladas pela FIGURA 8.10, construída conforme recomendação de WAHLSTROM & KIM (1959) onde esses autores representam além do "trend" das rochas ígneas, os campos de variação para os diversos tipos de rochas sedimentares no diagrama triangular $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-(MgO+FeO)}$. Pela disposição dos pontos que representam as rochas charnockíticas, verifica-se tendência bem definida acompanhando aproximadamente o comportamento das rochas ígneas; o mesmo podendo-se dizer dos gnaisses cinzentos, tonalíticos. Por outro lado, observa-se que as rochas calcossilicatadas caem dentro ou próximo do campo das margas, o que vem de encontro às idéias interpretativas de sua gênese; enquanto que as amostras das litologias kinzigíticas se dispõem principalmente no campo dos pelitos, com dispersão para áreas não definidas. Interessante notar que amostra de granulito quartzo-feldspático (alaskítico) correlacionado à Unidade São José de Ubá, posiciona-se no campo dos arcózios.

Empregando-se diagrama ACF (FIGURA 8.11) nota-se que nenhuma amostra coloca-se dentro do campo dos pelitos aluminosos (WINKLER, 1977; figura 5.7), nem mesmo as rochas kinzigíticas. Há concentração na área dos campos que se superpõem, referentes às rochas básicas e andesíticas, margas, grauvacas e rochas quartzo-feldspáticas. Saliente-se, no entanto, que boa parte das rochas calcossilicatadas caem na área das margas. Os gnaisses cinzentos(

FIGURA 8.11- DIAGRAMAS ACF e A'FK, MOSTRANDO OS CAMPOS DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS PRINCIPAIS ROCHAS ÍGNEAS E SEDIMENTARES. 1) PELITOS; 2) MARGAS; 3) CALCÁRIOS; 4) ROCHAS BÁSICAS E ANDESITOS; 5) ROCHAS ULTRABÁSICAS; 6) GRAUVACAS; 7) ROCHAS QUARTZO FELDSPÁTICAS; 8) ROCHAS FERRÍFERAS; SÍMBOLOS COMO NAS DEMAIS FIGURAS.

Unidade Trajano de Moraes) na maior parte concentram-se no campo das grauvacas, escapando alguns pontos para a região das rochas básicas e andesíticas. As rochas charnockíticas e as kinzigíticas não apresentam comportamento definido, espalhando-se pela zona de superposição dos diversos campos.

Já no triângulo A'KF verifica-se concentração de amostras de litologias diversas, misturadas ao longo do lado FK, unicamente desviando-se dessa tendência algumas rochas kinzigíticas, e alguns biotita-plagioclásio gnaisses, que se localizam próximo ou no interior do campo das grauvacas. Há maior concentração de rochas charnockíticas no vértice F, que é o campo das rochas básicas (e andesitos) e tonalitos.

Na busca das evidências comprovadoras das interpretações delineadas ao longo deste texto foram elaboradas outras representações diagramáticas, as quais, entretanto, não discriminaram as naturezas diversas das diferentes litologias, nem mostraram tendências significativas que viessem elucidar os aspectos genéticos estudados.

Algumas conclusões petrogenéticas interessantes podem ser extraídas dos resultados das amostras analisadas no bojo desta pesquisa, já que visaram resolver problemas específicos como discutido a seguir (dados na TABELA 8.1).

A amostra J-1D tomada na Pedreira Itererê, nos domínios da Unidade Bela Joana, foi analisada com o propósito de se verificar o que sucedia com o fenômeno de decharnockitização descrito - no CAPÍTULO 7 e que ocorre quando diques de granito pós-tectônico cortam rochas enderbíticas. A amostra J-1B é de enderbito típico, esverdeado, e a amostra J-1D é do contato do enderbito com o granito pós-tectônico, quando então o enderbito adquire uma colora-ção cinzenta, perdendo a esverdeada. Pela comparação pura e sim-ples dos dados da TABELA 8.1 observa-se que nestes casos ocorre - processo de "acidificação" proveniente de metassomatismo alcalino - muito localizado (faixa de 15 a 20 cm), com enriquecimento principalmente em Na e K (e também Si) e depleção em Ca, Fe e Mg, sem levar em conta outras pequenas variações sem significado.

As análises das amostras J-5, J-7A, J-7C e J-15B visa-

ram estudar, preliminarmente, a evolução das rochas kinzigíticas, bastante transpostas, na faixa de ocorrência das amostras agrupadas na Unidade Ernesto Machado. A amostra J-5 representa típico - enderbito, localizado bem próximo ao contato com os kinzigitos ; as demais são rochas típicas da unidade citada. Constata-se, por comparação, acentuada incompatibilidade química entre os dois tipos de rochas, descartando-se a hipótese formulada por HOLLAND (1900) e discutida mais minuciosamente no CAPÍTULO 7 (Ítem 7.4) . Processos de deformação sobre rochas charnockíticas dariam blasto milonitos, milonitos e cataclasitos que caracterizam as unidades: São José de Ubã e Monte Verde, nunca gerariam rochas kinzigíticas.

Objetivando a busca de relacionamento entre os ortognaisses kinzigíticos da Unidade São Fidélis e os paragnaisses de mesma composição da Unidade Natal, foram analisadas as amostras J-28A (Unidade São Fidélis) e J-200 (Unidade Natal). A análise comparativa dos resultados químicos confirmam o parentesco entre as duas entidades - o que já havia sido cogitado por trabalhos de campo e petrográficos - representando os ortognaisses São Fidélis, produtos de anatexis sobre rochas kinzigíticas da sequência supracrustal antiga (Agrupamento III), sendo as diferenças químicas mais acentuadas aquelas com relação ao ferro, sódio e potássio, o que - pode ser devido a enriquecimentos ligados a fenômenos de migmatização do Ciclo Brasileiro.

A amostra J-28B é de banda neossomática de típico migmatito da Unidade São Fidélis (Pedreira Santo Amaro, bem próximo à cidade de São Fidélis), estranhando-se a relativa pobreza em SiO_2 . Porém, considerando-se a maior riqueza dos elementos Al, Ca, Mg e Fe em relação aos conteúdos do paleossoma (J-28A), as diferenças possam ser devidas à grande quantidade de granadas presentes no neossoma, as quais podem estar atrapalhando a representatividade da amostra.

A fim de se conseguir termo de comparação com rochas calcossilicatadas analisadas pela equipe da GEOSOL, em vários projetos de mapeamento geológico, e cujos resultados aparecem em vários diagramas aqui mostrados, foi analisada a amostra do ponto J-99 (Folha Cambuci) representando lente intercalada em rocha kinzigítica da Unidade Natal, notando-se muita afinidade química às demais

rochas calcossilicatadas da Associação Paraíba do Sul.

Finalmente, usa-se o tratamento diagramático feito por GROSSI et alii (1980a) para o entendimento da petrogênese ligada às unidades Italva (ortognáissica, bem homogênea) e Santo Eduardo (migmática), intimamente inter-relacionadas (q.v. CAPÍTULO 6 - seção 6.1.3), composicionalmente representando (hornblenda)-biotita-plagioclásio gnaisses, com quartzitos, anfibolitos e calcossilicatadas associadas. Quando representados os resultados nos diagramas de MOINE & DE LA ROCHE (1968) verifica-se o agrupamento dos pontos no campo das grauvacas e dispersão entre estas e os folhelhos; os dados plotados em diagramas de variação não apresentam tendência regular e sistemática, tudo isso reforçando a interpretação de origem por anatexis Brasileira afetando supracrustais antigas.

9 - EVOLUÇÃO TECTÔNICA, ESTRUTURAL E TEXTURAL

Não se poderia restringir as abordagens deste capítulo apenas a uma área estudada em escala de semi-detálhe, uma vez que as configurações geométricas (espaciais), planares e lineares, impressas nas rochas, são reflexos de perturbações tectônicas maiores, mais amplas, regionais.

Dentro deste panorama, a região norte fluminense aqui tratada, apresenta feições estruturais compatíveis com aquelas descritas no desenvolvimento de cinturões móveis policíclicos, com caráter nitidamente ensiático, à semelhança dos "mobile belts" africanos e grande parte dos australianos (KRÖNER, 1977), os quais estão relacionados freqüentemente a falhas transcorrentes extensas.

ALMEIDA et alii (1973) reconhecendo nesta faixa a existência de dois ciclos tectônicos distintos, desdobram-na nos cinturões dobrados Paraíba (Ciclo Transamazônico) e Ribeira (Ciclo - Brasileiro), este último sendo responsável pelo rejuvenescimento da região.

Na primeira parte deste capítulo (seção 9.1) apresenta-se a evolução dos conhecimentos a respeito do ambiente tectônico que condicionaria as feições estruturais descritas na segunda parte (seção 9.2).

9.1 - CONSIDERAÇÕES TECTÔNICAS REGIONAIS

Em 1957, ROSIER, notando muita semelhança entre as estruturas da área aqui enfocada e a região alpina por ele estudada, interpreta uma estruturação em "nappes", no que também foi acompanhado em parte por EBERT (1967, 1968). Entretanto, ROSIER (1965) abandona esta suposição por falta de elementos comprovadores e volta a atribuir evolução geossinclinal pura e simplesmente, modelo aceito também pelos autores mais modernos (DELHAL et alii, 1969 ;

CORDANI et alii, 1973 ; GROSSI SAD et alii, 1980a,b,c) além de outros.

Alguns autores, entre os quais EBERT (1968), GROSSI SAD et alii (1980a,b,c), OLIVEIRA (1980) e MACHADO (1983) citam uma série de empurrões na região, pelo que poder-se-ia caracterizar o "thrust belt". No entanto, poucas evidências de acavamento foram detectadas na pesquisa encetada.

Os trabalhos de detalhe que mais dedicaram-se ao estudo específico dos parâmetros estruturais na porção setentrional do Cinturão Ribeira, são os de CAMPANHA (1980,1981) e MACHADO (1983). A análise de ambos torna-se particularmente relevante, uma vez que tratam do ambiente tectônico que se projeta litológica e estruturalmente para dentro da área objeto de pesquisa.

CAMPANHA (1980,1981) visando caracterizar os efeitos de formacionais do Lineamento de Além Paraíba (ALMEIDA et alii, 1975), na região de Três Rios-RJ, evidencia o caráter polifásico do cinturão, cuja primeira fase de dobramento seria recumbente; posteriormente teria ocorrido dobramento cerrado a isoclinal, transposição e migmatização incipiente; admite ainda crenulação da foliação e movimentos transcorrentes.

OLIVEIRA (1980), trabalhando numa área mais ampla, reconhece três fases de dobramento, sendo as duas primeiras concordantes e superpostas, com vergência noroeste; a terceira seria ortogonal, produzindo dobras abertas de amplitudes variáveis.

Como as rochas estudadas encontram-se intensamente sob influência do Lineamento de Além Paraíba, notadamente nas três folhas mais ao norte (Cambuci, São Fidélis e Italva), cabe aqui sua caracterização, mesmo que de forma generalizada. Este, de caráter dextral, comporia rede de falhamentos transcorrentes que adentra os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e sudeste de Minas Gerais, denominada de Zona de Transcorrência São Paulo (HASUI et alii, 1975) ou, mais restritamente, de Faixa Rúptil do Paraíba do Sul (BRAUN, 1972). SADOWSKI (1983) insere o Lineamento de Além Paraíba no contexto de cinturões de cisalhamento dúcteis. O Lineamento de São João do Paraíso (GOMES et alii, 1978), que apresenta prolongamento para o interior da Folha Italva, com toda a certeza

representa a continuidade para noroeste do Lineamento de Além Paraíba, a julgar pelas observações de campo e pelas interpretações de imagens de satélite. Na sua extensão de 40 km, apenas nas folhas Italva e São João do Paraíso, verifica-se o truncamento das estruturas regionais. HASUI et alii (1978) sugerem que a continuação desta mega-estrutura para SW sejam os falhamentos de Taxaquara e Cubatão. Juntando-se todos os possíveis prolongamentos ter-se-ia comprimento de mais de 1.000 km.

Desse modo, o Lineamento de Além Paraíba corresponderia então à Zona Principal de Deformação (CAMPANHA, 1980), cuja atividade reflexa estender-se-ia a dezenas de quilômetros de ambos os lados, afetando, desta feita, a região objeto deste estudo.

MACHADO (1983) discute a estruturação tectônica regional da Faixa Paraíba do Sul, atribuindo-lhe caráter divergente, baseado em perfis geológico-estruturais e análises de meso-estruturas, na região de Vassouras-RJ. Reconhece três fases de dobramento e identifica duas zonas de cisalhamento, uma de alto mergulho e outra de mergulho moderado. A primeira fase se ligaria à geração da xistosidade; a segunda formaria dobras cerradas e isoclinais transpostas e a terceira exibiria perfis entre abertos e fechados, desenvolvendo foliação plano axial. A esta fase relaciona-se, provavelmente, nova transposição, que a nível regional pode estar representada pelas zonas de cisalhamento. O autor denuncia, na área entre o vale do rio Paraíba do Sul e a serra das Araras, clara polaridade tectônica para SE, funcionando o Complexo do Litoral Fluminense (MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 1977) como antepaís, a exemplo do Cráton do São Francisco, para onde aponta a vergência tectônica do resto do cinturão, sentido NW (ALMEIDA, 1977).

Dadas as dificuldades para a perfeita e consistente caracterização de geossinclinal s.s. para o Pré-Cambriano da área aqui enfocada - dentro do princípio uniformitarista - e tendo em vista as considerações tectônicas abordadas por vários autores, prefere-se adotar, pelo menos por ora, postura mais fixista e estudar as estruturas da região sob a ótica da evolução de cinturão móvel, livrando-se dos inconvenientes atrelados à teoria geossinclinal clássica. A colisão continental admitida por CORDANI (1973) no seu trabalho da faixa costeira entre Salvador e Vitória, impli

caria em se admitir o Lineamento de Além Paraíba como a geossutura, como adverte OLIVEIRA (1980).

Como representante do magmatismo básico, comum em muitos ambientes tectônicos, podem-se citar os corpos de anfibolitos e mesmo as rochas ultrabásicas encontradas em Areal, região de Três Rios-RJ (CAMPANHA, 1980), em Ipanema, nordeste de Minas Gerais (ANGELI & RODRIGUES, 1980) e outras ocorrências menores, como aquela da Folha Cambuci (q.v. mapa geológico I). Idêntica função teriam as rochas calcossilicatadas, desde que se comprove a sua origem - por metamorfismo de rochas básicas, como revelam algumas tendências em representações diagramáticas (CAPÍTULO 8).

9.2 - EVOLUÇÃO ESTRUTURAL-TEXTURAL

Reconhece-se que ainda se faz necessária pesquisa detalhada com enfoque nas estruturas, objetivando criteriosa análise estrutural s.s., uma vez que a evolução petrogenética está mais claramente demonstrada e a cartografia das rochas existentes na área está satisfatória nos seus traços mais globais. Procura-se agora, fazer-se a descrição das principais feições estruturais, mostrando-se as relações espaço-temporais.

No Arqueano, ter-se-ia, além das supracrustais adicionadas ao continente, o embasamento plutônico constituído por rochas enderbíticas (Unidade Bela Joana - Suíte Charnockítica - Agrupamento I) e gnaisses tonalíticos (Unidade Angelim, também do mesmo Agrupamento), o qual não teria escapado à intensa remobilização - que sobreveio nos ciclos posteriores. Dado o caráter predominantemente maciço destas rochas, torna-se difícil a identificação de quaisquer elementos estruturais penetrativos relevantes, com exceção de fraturas e foliação incipiente, dada, tanto pelo alinhamento em sistemas sub-paralelos de minerais placóides ou prismáticos, quanto pelo arranjo também paralelo dos porfiroblastos, principalmente de feldspatos. No entanto, estas feições planares foram impostas a estas litologias plutônicas durante processos deformativos ligados aos ciclos posteriores. A textura hipidiomórfica

granular grosseira está ainda em grande parte preservada e a evolução para granoblástica poligonal fina das rochas charnockíticas está muito bem documentada, também, no trabalho de MOUTINHO DA COSTA & MARCHETTO (1978) e reafirmada por OLIVEIRA (1980,1983) e CAMPANHA (1980,1981), cujo produto litológico final é representado pelos blastomilonitos da Unidade São José de Ubã, quando então há predominância da recrystalização sobre a cataclase (q.v. PRANCHAS I e II, pág. 93 e 94, respectivamente).

Preponderando a cataclase sobre a recrystalização, ter-se-ia o domínio mapeado da Unidade Monte Verde exibindo texturas e estruturas cataclásticas (milonitos e cataclasitos). Admite-se que os processos atuantes na geração das feições planares e lineares já teriam agido pelo menos desde o Ciclo Transamazônico, o que é comprovado pelas datações de 2.070 m.a. em blastomilonitos da região de Três Rios-RJ (q.v. CAPÍTULO 10), suspeitando-se de reativações em épocas posteriores.

As rochas supracrustais antigas, representadas predominantemente pelos kinzigitos e khondalitos da Unidade Natal, pelos mármores da Unidade São Joaquim, pelos biotita-plagioclásio gnaisses da Unidade Trajano de Moraes e pelas litologias não mapeáveis na escala deste levantamento: quartzitos, rochas calcossilicatas, anfibolitos, etc., quando preservadas dos efeitos deformacionais posteriores não exibem foliação muito conspícua, à exceção dos kinzigitos.

Os biotita-plagioclásio gnaisses exibem tênue orientação das palhetas de biotita, inserindo-se esse mineral em arranjo granoblástico, equigranular, constituído ainda de quartzo e feldspato, essencialmente. Os mármores, pelas facilidades que apresentam em se recrystalizarem, tornam-se maciços, sem orientação, a qual só vai ser evidenciada quando estão presentes os leitos impuros. Quartzitos, comumente com sillimanita e muscovita, apresentam-se com intensa recrystalização, sendo suas estruturas planares reveladas apenas pela observação daqueles dois minerais; feição estrutural peculiar nestas rochas é a ondulação freqüente, verificada nas intercalações em gnaisses e migmatitos diversos, como resposta à mobilidade advinda de processos anatexíticos do Ciclo Brasileiro. É muito comum se encontrarem estrias de foliação e "moullions"

feições lineares que mostram a trajetória do transporte tectônico horizontal. As rochas calcossilicatadas são bastante isótropas, maciças, de granulação fina, não evidenciando quaisquer sinais de foliação, quando frescas; no entanto, nas capas de alteração, esta feição planar torna-se bastante conspícua. Anfibolitos exibem arranjo paralelo dos cristais de anfibólio, com sua típica textura nematoblástica. Das supracrustais antigas, os kinzigitos são as litologias que melhor deixam transparecer a foliação, com diferenciação metamórfica, ou estrutura (e mesmo textura) do tipo "flaser", com "olhos" de granada ou feldspato e "sobrancelhas" de biotita com sillimanita.

Quase todas as litologias do Agrupamento III possuem - textura alotriomórfica, nematoblástica, lepidoblástica ou nematolepidoblástica.

Os gnaisses kinzigíticos, migmatizados sin-tectonicamente, ou ainda granulitizados, associados aos milonitos e cataclastos enderbíticos (Agrupamento II) na serra do Monte Verde, apresentaram-se levemente discordantes das rochas cataclásticas.

As rochas calcossilicatadas, anfibolitos, mármore, biotita-plagioclásio gnaisses, e todas as demais litologias do Agrupamento III, aparecem como "boudins" embutidos tectonicamente em diversas entidades mapeadas, tendo sido afetadas juntamente com seu embasamento. Por outro lado, os gnaisses tonalíticos da Unidade Trajano de Moraes (biotita-plagioclásio gnaisses), além desse comportamento, são observados como verdadeiros xenólitos, bem angulosos, englobados pelos ortognaisses Desengano, gerando migmatito com mega-estrutura "schollen" cuja expressão em campo propiciou a individualização da Unidade Conceição de Macabu do Agrupamento V.

No Ciclo Transamazônico ocorreu intensa deformação, gerando rochas extremamente laminadas e migmatização sin-tectônica. Dobramento cerrado a isoclinal é típico desta fase, atuando tanto sobre o embasamento plutônico quanto sobre as supracrustais.

Após a produção da dobra fechada, ao se persistir a ação deformante, tem-se flancos estirados, ocorrendo ligeiro espessamento nos ápices; com a continuidade do processo podem romper -

-se, havendo isolamento dos ápices. Nestes casos a foliação regional e local é devida à transposição e caracterizada pelo bandejamento composicional de litologias diferentes - que muitos chamam de diferenciação metamórfica - e também pelo alinhamento em sistemas sub-paralelos dos minerais micáceos.

A primeira fase de migmatização surge por força de movimentos tectônicos de cisalhamento, os quais indicam, com muita segurança na afirmação, um "flow" sob "stress", existindo então íntima relação entre deformação e migmatização. Neste caso, a foliação impressa é definida por penetrativo espaçamento sub-milimétrico das superfícies de descontinuidade, sendo evidenciada pela orientação de palhetas de biotita e de quartzo discóide, e de alongamento de profiroclastos de feldspatos, anfibólios e piroxênios. Intensa transposição da foliação é muito freqüente.

A forte deformação tectônica que teve lugar durante o Ciclo Transamazônico, estruturou todo o pacote mais antigo (embasamento + seqüência supracrustal) segundo mega-homoclinal sub-vertical ondulante, com leves flexuramentos. Como resultado desse processo, em toda a faixa estudada verifica-se persistente orientação das estruturas planares e lineares, segundo as direções $N50^{\circ}$ - -60° E, acompanhando a linha de costa.

"Mega-boudins" mapeáveis, como aquele da serra do Portela (Folha Cambuci), em que um corpo de mármore apresenta pronunciado estiramento que se alonga por vários quilômetros, com largura comparativamente bem estreita, denunciam, de maneira bastante clara, a intensidade dos movimentos tectônicos segundo a direção citada (q.v. mapa geológico I).

Apenas na Folha Macaê, adjacente à Folha Conceição de Macabu, ao sul, são indicadas direções de foliação NW, o que segundo ROSIER (1965) seria devido a comportamento de pós-país para a sua Faixa Saquarema-Cabo Frio-Macaê (Unidade Região dos Lagos, conforme mapas geológicos elaborados pelos geólogos do DRM-RJ), que estaria dentro do contexto do Complexo do Litoral Fluminense, segundo integrações regionais mais recentes. ROSIER (1965) afirma - estar esta região preservada da forte orogênese que se instalou na Faixa Paraíba, e que ele acreditava ser de idade assíntica. Também próximo a Macaê, no litoral, foram encontradas dobras recum -

bentes e foliação sub-horizontal, o que poderia significar o estilo estrutural mais antigo, antes da implantação da estruturação - Transamazônica.

Os alinhamentos estruturais, evidentes em fotos aéreas e imagens de satélite, confirmam a intensidade da estruturação regional na direção $N50^{\circ}-60^{\circ}E$.

O caráter dúctil atribuído por CAMPANHA (1980) para as deformações que ocorrem por toda a porção setentrional da Província Mantiqueira, deve-se à migmatização que libera fluidos neossomáticos, sin-tectonicamente, deixando os corpos rochosos em deformação, num estado semi-plástico.

Os eixos B das mesodobras observadas, bem como as outras lineações medidas ("boudins", orientação de minerais, "moullions", etc.), são verticais, o que sugere, dentro de um panorama cinemático, que a direção do transporte tectônico (eixo A) seria paralelo à direção da foliação regional e sub-horizontal. Sob este prisma seriam geradas falhas de rejeito direcional ("strike - slip faults").

Transformações texturais, em micro-escala, são idênticas às aquelas constatadas por CAMPANHA (1980, 1981) na região de Três Rios-RJ, estando muito bem detalhadas e ilustradas no seu trabalho e no de MOUTINHO DA COSTA & MARCHETTO (1978), aparecendo amostras bastante representativas nas PRANCHAS I e II.

O evento termo-tectônico do Ciclo Brasileiro, além do muito forte caráter termal gerando anatexis generalizada, com grande quantidade de mobilizados e granitóides, promovendo intensa migmatização através dos metatectos gerados, teria importante componente tectônico rúptil, quebradiço ("brittle"), com isso surgindo condições para a criação da última fase de migmatização que aqui produziria principalmente mega-estrutura "schollen" (Unidade Conceição de Macabu) e migmatitos estromáticos (unidades São Fidélis e São João do Paraíso). O comportamento plástico não estaria totalmente ausente no caso dos migmatitos Vista Alegre, Santo Eduardo e Ernesto Machado, este último posteriormente sendo intensamente deformado. Quando as injeções neossomáticas penetraram nos planos espaçados de fraturamento, geraram estruturas do tipo "schollen" em escala mesoscópica e maior; quando se inserindo nos

planos de foliação antiga, predomina a estrutura estromática. No caso da Unidade Conceição de Macabu, podem ocorrer as duas situações e fragmentos de gnaisses da Unidade Trajano de Moraes podem estar sendo englobados pelos neossomas (injeções) dos granitóides Desengano, os quais além de penetrar nos planos de ruptura (fraturamento) percolam também os planos de foliação, apresentando nítido caráter estromático.

Todas as litologias migmatítico-magmáticas do Ciclo Brasileiro apresentam texturas e estruturas metamórficas, resultado da deformação a nível dos grãos minerais. Apenas os granitos pós-tectônicos não estão afetados pelo ciclo, é óbvio.

As deformações no estado rúptil teriam gerado dois sistemas de fraturamento: um paralelo à foliação e outro perpendicular ou diagonal a ela. A alta densidade desse quebramento pode bem ser avaliada pela densa rede de drenagem, no padrão retangular. Alguns granitos pós-tectônicos teriam se aproveitado de algumas dessas fraturas. No Brasileiro houve reativações de antigas zonas fracas.

Após a consolidação da Plataforma Brasileira (ALMEIDA, 1967) ou Plataforma Sul-americana (ALMEIDA et alii, 1973), alcançada no eo-Paleozóico, sobreveio quietude tectônica que só seria interrompida pela Reativação Wealdeniana (ALMEIDA, 1967) no Meso-cenozóico, cujos reflexos na área seriam dados por fenômenos de tração, gerando fraturamentos por onde ascenderam magmas básicos (diabásios) na forma de diques, e as brechas magmáticas de Carapebus (Kbm). Essas manifestações citadas, além do sistema de "rifts" com formação das bacias terciárias e magmatismo alcalino, são efeitos daquela reativação, sentidos em vários pontos da região sudeste do Brasil, sendo coetâneos a movimentos muito enérgicos nos Andes. Também nessa época é provável que tenham sido reativadas antigas zonas de fraqueza, notadamente os falhamentos transcorrentes, e com isso haveria a abertura do Oceano Atlântico e separação dos continentes sulamericano e africano. LOCZY (1970) sugere que os "trends" estruturais já existiam desde os tempos precambrianos e as falhas transcorrentes foram reativadas no Mesozóico, podendo agora ser de caráter normal (gravidade). Movimentos recentes até hoje são constatados na região do Lineamento de Além Paraíba, como revela trabalho de HASUI & PONÇANO (1978), evidenciando epicen

tros de eventos sísmicos.

Estrutura curiosa, que merece ligeiro comentário e que foge à estruturação monótona do homoclinal, ao menos pelos conhecimentos adquiridos com o nível do levantamento efetuado, é o mega-arrasto produzido na região do Lineamento de São João do Paraíso, próximo a Boa Ventura (Folha Italva), sendo destacada em aerofoto por afetar imponente intercalação marmórea (Unidade São Joaquim), a qual estaria acomodada segundo um braquissinclinal, e em planta, assumiria a forma de "ferradura" (GOMES & BATISTA, 1979). Neste caso, o lineamento trunca e deflete as direções estruturais das litologias da área, mesmo aquelas formadas no Ciclo Brasileiro.

10 - ANÁLISE DAS RELAÇÕES TEMPORAIS

A porção setentrional da Província Mantiqueira foi aqui nhoadada de forma privilegiada por um acervo de cerca de uma centena de determinações geocronológicas, reflexo de sua alta complexidade geológica, produto da superposição de ciclos tectônicos.

Como fundamental para a pesquisa dos processos petrogenéticos ocorridos na região, encetou-se uma campanha para determinação de idades absolutas, em escala compatível com a dos levantamentos de campo.

Serviu-se também, para incorporação neste trabalho, da disponibilidade de amostras enviadas ao CPGeo-USP por ocasião do convênio DRM-RJ/TRISERVICE, por volta dos anos 1977/1978, mas que por motivos financeiros não foram tratadas isotopicamente (TH-5), apesar de apresentarem razões Rb/Sr favoráveis em análises semi-quantitativas por fluorescência de raios X.

Na análise que agora se inicia incluir-se-ão as determinações geocronológicas contidas em outros trabalhos já publicados sobre a área, ou então sobre a região como um todo, levando-se em consideração, é claro, as continuidades litológica e estrutural com provadas, com resultados de idade que se inserem, de forma inequívoca, no arcabouço geológico evolutivo da Associação Paraíba do Sul.

Percebe-se, no entanto, que apesar do esforço dispendido, os dados até agora conseguidos, mostram-se ainda insuficientes para o entendimento pleno da problemática evolutiva, necessitando-se de novas determinações e, dentro das possibilidades que se vislumbam, do emprego de metodologias mais confiáveis e diagnósticas dos processos geológicos. Porém, os resultados obtidos representam um avanço no tratamento geocronológico desta faixa e, ao mesmo tempo, mostram acentuada compatibilidade ajustada às interpretações de eventos inerentes à evolução de cinturões móveis, a partir de outras ferramentas de trabalho: dados de campo, petrográficos e químicos.

10.1 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ANTERIORES

Desde os primeiros resultados geocronológicos sobre a região (CORDANI et alii, 1968; DELHAL et alii, 1969), ficou patente - que, as entidades, cronologicamente equivalentes, Paraíba e Juiz de Fora, até então, ambas consideradas como constituídas por metassedimentos e rochas charnockíticas, seriam atribuídas a material mais antigo, de caráter catazonal, enquanto que a entidade Serra dos Órgãos, gnaisses granitóides e migmatitos, representaria a porção granitizada mais nova. Portanto, uma concepção contrária ao que aparecia nos trabalhos pioneiros, regionais, de EBERT (1956b) e ROSIER (1957, 1965).

Mesmo nos trabalhos geocronológicos mais recentes (p.e., SIGA Jr. et alii, 1982) é enfatizado que as rochas do Complexo Serra dos Órgãos representam resultados provenientes de processos palíngênicos em nível de fácies anfibolito, de caráter sin-tectônico. Os dados de campo, bem como os estudos petrográficos, coadunam-se com este panorama evolutivo e isto vai se traduzir no parâmetro diretor da análise que se segue.

Sugestão de idades arqueanas é levantada pelos dados advindos da região de Juiz de Fora-MG, fora da área investigada, apresentando isócrona de referência reunindo principalmente charnockitos, com valores de idade da ordem de 2,8 b.a. (CORDANI et alii, 1973), admitindo a formação, pelo menos de parte destas litologias, no Arqueano. Aparentemente, os processos de retrabalhamento que se seguiram apagaram o registro arqueano, transformando os charnockitos plutônicos em granulitos e blastomilonitos durante os eventos do Ciclo Transamazônico, sendo que a intensa atividade termal do Ciclo Brasileiro provocaria palingênese que afetaria, também, outras litologias.

MOUTINHO DA CÔSTA & MARCHETTO (1978) apresentam idêntica evolução para as rochas charnockíticas da região, no que também foram acompanhados por OLIVEIRA (1980, 1983), sendo que ambas as pesquisas foram apoiadas em critérios petrográficos e estruturais, discordando este último autor apenas da idade da fase de recristalização, que segundo ele seria Brasileira.

CAMPANHA (1980,1981), também confirmando a interpretação deste quadro evolutivo, lembra que as rochas sofrendo blastese acentuada (blastomilonitos) não devem apresentar idades anteriores à primeira cataclase mais intensa, pois esta, além de destruir o agregado cristalino anterior e abrir o sistema, envolveria rochas de natureza e níveis diversos, permitindo acesso de fluidos contaminantes.

Como boa parte das rochas granulíticas alinham-se segundo isócronas Transamazônicas com razões iniciais algo elevadas (CORDANI et alii, 1973), não está fora de propósito admitir-se a geração destas rochas a partir de retrabalhamento crustal por deformação - de litologias anteriormente formadas. Por outro lado, as isócronas Transamazônicas poderiam indicar idade de metamorfismo de rochas arqueanas, já que se aceita, neste caso, contemporaneidade entre processos deformativos, metamórficos e migmáticos, como será melhor explanado no CAPÍTULO 11.

Dentro da interpretação que se propõe neste trabalho pos- suem padrão geocronológico bastante coerente as isócronas Transamazônicas e Brasilianas apresentadas em diversas publicações sobre o tema (vide a seguir). Aparecem geocronologicamente caracteriza- dos, de forma perfeita, os dois ciclos tectônicos: Transamazônico e Brasiliano. O Transamazônico representado por granulitos, blastomi- lonitos, etc., e o Brasiliano evidenciado nos gnaisses granitóides, referidos por ROSIER (1957,1965) como litologia típica da Série da Serra dos Órgãos, a qual incluiria também migmatitos. A presença desses dois eventos é confirmada tanto por resultados Rb-Sr em ro- cha total, quanto pela análise de zircões pelo método U-Pb (CORDANI et alii, 1968; DELHAL et alii, 1969; CORDANI, 1973; CORDANI et alii, 1973; CORDANI & TEIXEIRA, 1979; OLIVEIRA, 1980; CAMPANHA , 1980; SIGA Jr. et alii, 1982).

Nas figuras que mostram as isócronas dos dois ciclos, a - parece um leque de dispersão muito grande, cujos pontos devem re- presentar litologias Transamazônicas não totalmente rejuvenescidas pelo efeito da atividade Brasiliana, com fenômenos ligados às mu- danças no padrão geoquímico do K e, pelo mesmo comportamento, do Rb também. No entanto, existem várias indicações, ainda não de for- ma inquestionável, da presença de um ciclo tectônico intermediã-

rio (Uruaçuano), com idades de eventos em torno de 1.000 m.a.

Cabe aqui discussão a respeito da isócrona obtida para gnaisses kinzigíticos (CORDANI, 1973; SIGA Jr. et alii, 1982) com ajuste passando por 10 (dez) pontos. A idade é de 600 m.a. (Ciclo Brasileiro), com razão inicial superior a 0,72. Os autores citados enfatizam a necessidade de estudos mais completos para o entendimento dos processos petrogenéticos que gerariam estas rochas. Após exaustivos e orientados trabalhos de campo e exames microscópicos, chegou-se a um esquema de evolução destas rochas, cujos resultados aparecem discutidos em vários capítulos deste texto.

As idades aparentes K-Ar, a maioria no intervalo entre 450-500 m.a. (com valores de 420-670 m.a. mais próximo à faixa costeira) indicaria o fechamento do sistema K-Ar nos minerais e, no caso dos granitos pós-tectônicos ou pegmatitos, datariam a própria época de formação destas rochas (SIGA Jr. et alii, 1982).

Granitos tardi-tectônicos apresentariam idades em torno de 560 m.a. e a idade de 460 m.a. representaria a idade do "emplacement" dos granitos de caráter pós-tectônico. Pegmatitos apresentam idades pouco mais jovens (CORDANI et alii, 1973; SIGA Jr. et alii, 1982) apesar de, pegmatitos que cortam rochas blastomiloníticas da região de Três Rios-RJ, apresentarem idades entre 470 e 500 m.a., em determinação de biotitas pelo método K-Ar (CAMPANHA, 1980). Isócrona de granitos pós-tectônicos da Folha São Fidélis, tratados à época do convênio DRM-RJ/TRISERVICE (afloramentos SFJ-200 e SFJ-361) revelaram idade de 490 m.a. (CORDANI & TEIXEIRA, 1979; SIGA Jr. et alii, 1982); idades apresentadas de 432 m.a. nesses granitos, indicam que de fato o seu resfriamento foi relativamente rápido, como seria de se esperar.

Medidas K-Ar feitas em rocha total e em plagioclásio sódico de dique de diabásio que ocorre muito próximo à área aqui enfocada (Folha Cantagalo) forneceu idade de 137 ± 7 m.a. e de 129 ± 6 m.a., respectivamente (DELHAL et alii, 1969); correlaciona-se então, à atividade magmática precursora da manifestação ígnea basáltica da Bacia do Paranã, estando ligada à Reativação Wealdeniana da Plataforma Brasileira (ALMEIDA, 1967).

10.2 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

A localização dos pontos aqui tratados pode ser observada na FIGURA 1.2, na página 5.

Com os dados analíticos constantes da TABELA 10.1 foi possível a construção de 5 (cinco) isócronas verdadeiras e 1 (uma) de referência, através do método Rb-Sr, podendo-se notar a forte influência do Ciclo Brasileiro nesta porção do Cinturão Granulítico Atlântico (WERNICK & ALMEIDA, 1979). As amostras analisadas no CPGeo-USP cujo tratamento não propiciou o traçado de isócronas, encontram-se no APÊNDICE I, no final do texto.

As amostras coletadas na Pedreira Ibitioca, próximo à estação ferroviária de Itererê, ajustam-se muito bem ($MSWD = 0,3914$) segundo isócrona verdadeira com $599,6 \pm 10,2$ m.a., atestando a influência da palingênese Brasileira sobre rochas já anteriormente de composição enderbítica, o que se pode deduzir a partir da razão inicial de 0,708 (FIGURA 10.1). Já havia isócrona verdadeira deste afloramento, no entanto, passando por apenas 4 (quatro) pontos (CORDANI & TEIXEIRA, 1979; SIGA Jr. et alii, 1982). Essa isócrona agora completa-se com 6 (seis) pontos, sendo 3 (três) deles de típicos enderbitos: SFJ-123D, E e F; os outros 3 (três) representando leptinitos associados: SFJ-123A, B e C, todos da Unidade Bela Joana (Agrupamento I do Complexo Juiz de Fora), os leptinitos comportando-se como massas irregulares, contemporâneas, geradas e penetradas no próprio magma enderbítico. Entretanto, os leptinitos por estarem ligados a fase pouco mais tardia de diferenciação, mostram-se enriquecidos em Rb, colocando-se mais à direita em relação à origem da razão Rb^{87}/Sr^{86} (eixo do X). A construção de isócronas separadas para leptinitos e enderbitos não mostra claramente as relações temporais entre estas duas litologias, uma vez que elas se recobrem dentro dos limites de erro. Um dado importante a ser adicionado a esta análise é que o hiperstênio granito (charnockito s.s.) da Suíte Intrusiva Aimorês, a norte da área estudada, na Folha Rio Doce, estado do Espírito Santo, revela resultados praticamente idênticos: 600 m.a. com R.I. = 0,7082, mostrando então, a contemporaneidade dos tipos litológicos que se relacionam ao mesmo ambiente

TABELA 10.1 - RESULTADOS ANALÍTICOS Rb-Sr (Rocha total) DE AMOSTRAS UTILIZADAS NAS ISÓCRONAS

ISÓC. FIG.	Nº de Campo	Nº de (SPR) Laboratório	Fluorescência RX(ppm)		Tubo	Sr ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ (y)	Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁶ (x)	Rocha	Unidade Estrat.
			Rb total	Sr total					
10.1	SFJ-123A	-	223,9	85,2	-	0,77300 ± 02	7,66	leptinito	PEbj
10.1	SFJ-123B	-	217,6	94,5	-	0,76700 ± 02	6,70	"	PEbj
10.1	SFJ-123C	-	148,5	105,3	-	0,74300 ± 02	3,96	"	PEbj
10.1	SFJ-123D	6801	154,6	215,9	Mo	0,72535 ± 10	2,07	enderbita	PEbj
10.1	SFJ-123E	-	56,4	205,2	-	0,71500 ± 02	0,80	"	PEbj
10.1	SFJ-123F	6803	48,2	189,4	Mo	0,71443 ± 21	0,74	"	PEbj
10.2	J-34	6798	115,0	239,7	Mo	0,72088 ± 25	1,39	gnaisse	PEag
10.2	J-118A	6795	120,6	252,2	Mo	0,72190 ± 205	1,38	"	PEag
10.2	J-118C	6797	84,7	223,0	Mo	0,71915 ± 27	1,10	"	PEag
10.2	J-118D	7125	105,2	248,4	W	0,72231 ± 34	1,57	"	PEag
10.2	J-118E	7126	116,2	265,0	W	0,72095 ± 24	1,44	"	PEag
10.3	J-38X	6802	128,1	253,1	Mo	0,72273 ± 47	1,46	"	PEtm
10.3	J-86B	6800	122,1	1045,8	Mo	0,71140 ± 68	0,34	"	PEtm
10.3	CMJ-656B	7127	117,2	142,8	W	0,73393 ± 75	3,08	"	PEtm
10.4	J-22A	7115	110,1	168,8	W	0,73195 ± 63	1,87	"	PEsf
10.4	J-22C	6799	158,0	173,5	Mo	0,73825 ± 99	2,63	"	PEsf
10.4	J-23A	7116	60,1	176,7	W	0,72266 ± 49	0,98	"	PEsf
10.4	J-23B	7117	66,5	186,2	W	0,72343 ± 47	1,09	"	PEsf
10.4	J-23C	7118	86,3	171,5	W	0,72462 ± 48	1,61	"	PEsf
10.5	CBW-74B	6804	58,1	354,9	Mo	0,71098 ± 70	0,47	migmatito	PEse
10.5	CBW-74C	7113	69,8	410,8	W	0,71862 ± 56	0,18	"	PEse
10.5	CBW-74D	7114	87,4	372,6	W	0,71227 ± 27	0,23	"	PEse
10.5	CBW-74E	6805	96,3	360,8	Mo	0,71329 ± 62	0,77	"	PEse
10.6	J-28A	6790	181,6	359,3	Mo	0,72080 ± 44	1,46	neossoma	PEsf
10.6	J-28C	6791	56,6	321,7	Mo	0,71381 ± 25	0,51	"	PEsf
10.6	J-28D	7109	195,0	451,8	Mo	0,71191 ± 30	0,47	"	PEsf
10.6	J-28E	6796	13,7	304,5	Mo	0,71129 ± 32	0,13	"	PEsf

FIGURA 10.1 - ISÓCRONA DOS ENDERBITOS E LEPTINITOS DA UNIDADE BELA JOANA

FIGURA 10.2- ISÓCRONA DOS GNAISSES DA UNIDADE ANGELIM

tectônico, apesar de separados por distância considerável. Os charnockitos de Ubatuba-SP, também em continuidade tectônica, porém a sul, fornecem idade também comparável (600 m.a. com R.I.=0,71), através do mesmo método (Rb-Sr em rocha total), segundo (GASPARINI & MANTOVANI, 1977).

Resultados K-Ar para gabronorito (509 ± 14 m.a.), rocha também hiperstênica, de composição mais básica, indicam que o resfriamento dessa associação litológica (Suíte Charnockítica) se daria a cerca de 100 m.a. após sua formação.

Parece, à primeira vista, que o rejuvenescimento que afetou os ortognaisses da Unidade Angelim não foi tão forte como no caso dos enderbitos da Unidade Bela Joana, pelo menos isso é o que deixa transparecer isócrona obtida com amostras do afloramento J-118 (Folha Italva), apesar de ser idêntica a razão inicial 0,708. A idade calculada é de $731,9 \pm 28,6$ m.a., distribuindo-se os pontos com razoável afastamento em relação ao eixo Y (razão $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$) o que faz aumentar a incerteza a respeito do valor da R.I., além do ajuste pelos cinco pontos não ser refletido pelo MSWD, uma vez que o seu cálculo foi efetuado pelos 3 (três) pontos que melhor se alinham na reta (J-118A, C e E) - FIGURA 10.2.

Nada impede, então, que a partir dos dados de campo, petrográficos e químicos, interpretem-se as unidades Bela Joana e Angelim, como representantes do embasamento plutônico mais antigo, como depreende-se da discussão do item anterior, tendo sido retrabalhadas intensamente por palingênese no Ciclo Brasileiro, com geração de produtos em tudo semelhantes aos originais (primários), fechando-se o ciclo de retrabalhamento após sofrer deformação por cisalhamento durante o Ciclo Transamazônico.

Igualmente não tão rejuvenescidos, apresentam-se os biotita-plagioclásio gnaisses da Unidade Trajano de Moraes, com idades reveladas de $669,4 \pm 27,5$ m.a. e razão inicial (R.I.) de 0,7083, o que descartaria a sua origem, pura e simplesmente, por diferenciação direta do manto. Se isso fosse verdade, representaria o vulcanismo precoce do Ciclo Brasileiro. Interessante notar que idade convencional de afloramento típico desta unidade (CMJ-656 - Folha Conceição de Macabu), cuja amostra é muito rica em biotita, também

FIGURA 10.3 - ISÓCRONA DOS GNAISSES DA UNIDADE TRAJANO DE MORAES

FIGURA 10.4 - ISÓCRONA DOS GNAISSES DA UNIDADE SÃO FIDÉLIS

indica resultado ainda mais antigo (762 m.a.). Convém frisar que trata-se de isócrona de referência, e não verdadeira, e o MSWD de 0,5957 indica bom grau de ajuste (FIGURA 10.3).

Gnaisses homogêneos, coletados nos domínios típicos da Unidade São Fidélis, pelas relações de campo sendo correlacionados no tempo à Unidade Desengano, com boa margem de garantia, revelam idade através de isócrona de $661,6 \pm 21,0$ m.a. com R.I. de 0,7136, o que dá suporte à interpretação da origem dessas rochas por fenômenos de reciclagem crustal (FIGURA 10.4). Pela compatibilidade química e mineralógica, o processo Brasileiro de anatexis afetaria rochas kinzigíticas primárias da Unidade Natal, metassedimentos pelíticos, depositados no Arqueano e metamorfizados no Proterozóico inferior. Os afloramentos estudados foram os de n.ºs. J-22 e J-23, localizados próximo à cidade de São Fidélis, verificando-se na isócrona que 4 (quatro) pontos ajustam-se muito bem (J-22A, J-22C, J-23A e J-23B), através dos quais calculou-se o MSWD de 0,3673, enquanto que a amostra J-23C apresenta-se mais rejuvenescida, não entrando no cálculo do desvio.

A isócrona obtida com amostras coletadas no afloramento CBW-74 (Folha Cambuci), apresentando migmatitos típicos da Unidade Santo Eduardo, revelou idade de 518 ± 110 m.a. e razão inicial de 0,707 (FIGURA 10.5), colocando, então, o processo de migmatização em fase tardi- a pós-tectônica do Ciclo Brasileiro, afetando os ortognaisses Italva; estes últimos seriam gerados na fase sintectônica do ciclo, através de eventos palingenéticos concomitantes aos mesmos processos produtores dos ortognaisses Desengano e São Fidélis, ressaltando-se que, neste caso, o material primário atingido seriam os gnaisses tonalíticos, equigranulares, finos, da Unidade Trajano de Moraes, como justificam os resultados químicos.

Com o propósito de se verificar a época da fase de migmatização estromática da Unidade São Fidélis, procurou-se datar a porção neossomática, normalmente expressiva, a partir de amostras coletadas na Pedreira Santo Amaro, situada bem próximo à cidade de São Fidélis (q.v. FIGURA 1.2) - afloramento J-28. Obteve-se o resultado de $540,3 \pm 23,6$ m.a. com R.I.=0,710, exibindo bom alinhamento (MSWD=0,6391) apesar do ajuste ser quantificado apenas por 3 (três) pontos mais alinhados (J-28A, C e E), aparecendo a amos-

FIGURA 10.5 - ISÓCRONA DOS MIGMATITOS DA UNIDADE SANTO EDUARDO

FIGURA 10.6 - ISÓCRONA DE NEOSSOMAS DOS MIGMATITOS SÃO FIDÉLIS

tra J-28D mais rejuvenescida (FIGURA 10.6). Esse resultado coloca a fase de migmatização, que também igualmente afetou a Unidade S. João do Paraíso, como um processo tardio em relação ao Ciclo Brasileiro.

Não se alcançou êxito na tentativa de se datar a época de geração dos ortognaisses Italva, com as amostras coletadas em pedreira abandonada, localizada nas imediações da Fábrica de Cimento Paraíso (afloramento J-113, Folha Italva). Esse insucesso é condicionado pelos resultados isotópicos muito semelhantes, ou seja, razões isotópicas muito próximas, não se conseguindo a dispersão necessária para obtenção da isócrona (q.v. dados no APÊNDICE I).

11 - EVOLUÇÃO GEOLÓGICA

As relações tectono-estrutural-texturais, assim como as evidências petrológicas e os padrões geocronológicos e geoquímicos apresentados pelas rochas estudadas nesta porção do planeta, são todas elas feições que induzem a se confirmar sua evolução - dentro de modelos já concebidos como caracterizando os chamados - cinturões móveis ("mobile belts"), envolvendo metamorfismo de médio a alto grau, deformação policíclica, migmatização sin-tectônica e característica presença de grandes massas granitóides, e marcada atuação de extensas falhas transcorrentes.

Por todas as nuances que caracterizam esta faixa, é possível bom grau de correlação na comparação com vários cinturões do globo, incluindo principalmente os da África, Groelândia, Noruega e alguns dos australianos.

A extensa complexidade geológica da área é fruto de imbricamentos tectônicos, falhamentos e interdigitações, além de reativações sucessivas. Dentro de um panorama geral, os padrões metamórficos, estruturais e geocronológicos ajustam-se muito bem a modelos propostos de retrabalhamento ensialico proterozóico de embasamento enderbítico e tonalítico, de idade primária arqueana, superposto por seqüência supracrustal. Todas as evidências convergem para se caracterizar a região como de tendência policíclica, tendo sido afetada por eventos posteriores, cuja origem primária remonta ao Arqueano.

11.1 - O ARQUEANO

Referidos ao Arqueano poder-se-ia considerar o embasamento plutônico do Complexo Juiz de Fora (Agrupamento I - unidades Bela Joana e Angelim), onde assentar-se-ia a seqüência supracrustal do Complexo Paraíba (Agrupamento III). Esse conjunto seria retrabalhado nos ciclos posteriores.

11.1.1 - Embasamento Plutônico (Complexo Juiz de Fora)

O Agrupamento I do Complexo Juiz de Fora caracteriza-se por representar o embasamento plutônico, de idade arqueana, composição tonalítica, ora representado pelos enderbitos da Unidade Bela Joana, ora pelos gnaisses tonalíticos da Unidade Angelim, cujos aspectos descritivos estão enunciados no CAPÍTULO 6.

Os dados disponíveis sustentam a hipótese de que a formação das rochas charnockíticas l.s. ocorreu no Arqueano, sendo submetidas a intenso processo de blastomilonitização durante o Ciclo Transamazônico, cujo eixo principal do sistema de deformações encontra-se representado pelo Lineamento de Além Paraíba (ALMEIDA et alii, 1975).

OLIVEIRA (1980) também considera, como arqueana, extensa faixa de rochas granulíticas e charnockíticas da Faixa Juiz de Fora, que se situam a oeste do rio Paraíba do Sul e que foram deformadas e migmatizadas posteriormente.

A evolução textural dos granulitos de São Fidélis-RJ, como descrita no trabalho de MOUTINHO DA COSTA & MARCHETTO (1978) mostra que extenso processo de granulitização (poligonização) afetando estas rochas, pode ser correlacionado ao evento Transamazônico, ficando flagrante que esse processo atuou sobre rochas pré-existentes, muito provavelmente formadas no Arqueano (PRANCHAS I e II).

As evidências de campo, as petrográficas e estruturais, coadunam-se também com o observado por ROSIER (1957), o qual interpretava para as rochas charnockíticas, geração a partir de processos palingenéticos, que teriam ocorrido no Pré-Cambriano superior.

As razões iniciais (Sr^{87}/Sr^{86}) para ambas entidades (q.v. CAPÍTULO 10) de 0,708, em isócronas Brasilianas, já dão boa indicação de que estas rochas devem suas formações a processos mistos (híbridos) onde houve forte contribuição de materiais com vivência crustal anterior. O rejuvenescimento da Unidade Angelim não foi tão acentuado como no caso da Unidade Bela Joana (q.v. capítulo anterior), o que talvez pudesse ser explicado pelo comportamen

(a)

(b)

(c)

PRANCHA I - Feições mesoscópicas mostrando a evolução estrutural das rochas charnockíticas partindo-se em (a) de rocha plutônica, homogênea, grosseira (enderbito da Unidade Bela Joana - Afloramento J-1), passando em (b) por enderbito gnáissico, de granulação média (J-11) até atingir a blastomilonitização em (c) com os blastomilonitos finos da Unidade São José de Ubã (J-200). As feições texturais, microscópicas, estão evidenciadas na Prancha II.

(a)

(d)

(b)

(e)

(c)

(f)

PRANCHA II - Evolução textural das rochas enderbíticas, como apontado em escala de amostra na PRANCHA I. Em (a), (b) e (c) evidencia-se o processo de deformação sobre o hiperstênio, enquanto que em (d), (e) e (f) verifica-se que o fenômeno de poligonização (recristalização) atinge o feldspato. Em ambas as seqüências parte-se de rochas grosseiras (Unidade Bela Joana) em (a) e (d), passando para tipos gnáissicos em (b) e (e), até atingir os granulitos s.s. da Unidade São José de Ubá em (c) e (f). Nícois cruzados. X 25.

to geoquímico diferencial, devido à paragênese diferente. Deve-se acrescentar que rochas charnockíticas, também ígneas, grosseiras, que ocorrem em Ubatuba, apresentam idade de 600 m.a. com R.I. até mais altas (0,709/0,712). No entanto, razões iniciais baixas indicariam não apenas derivação primária do manto, mas, alternativamente, retrabalhamento de regiões com baixa razão inicial.

As determinações de idade acima referidas podem ser interpretadas como a época de forte evento tectono-termal que afetou em larga escala todo o Cinturão Ribeira, o qual durante o Ciclo Brasileiro promoveu intensa palingênese. Anteriormente, durante o Ciclo Transamazônico, já estas rochas haviam sido também intensamente retrabalhadas, só que o processo atuante era de caráter cisalhante, condicionando a instalação de "shear belt".

Deve-se enfatizar que há consenso estabelecido entre numerosos pesquisadores, como por exemplo MOORBATH (1969), de que a crosta continental adquiriu fração importante de sua espessura em idades superiores a 2.500 m.a., em processos que culminaram com metamorfismo profundo de fácies granulito. Além disso, muitos autores atribuem idade primária arqueana para rochas charnockíticas e granulíticas do mundo, desde o trabalho pioneiro e clássico de HOLLAND (1900). JANARDHAN et alii (1979) admite que o processo de charnockitização (q.v. CAPÍTULO 7) tenha se dado por volta de 2.700 m.a. na Índia. Apesar de que esta não é a única época em que haveria geração de rochas hiperstênicas.

SIGA Jr. et alii (1982) admitem haver materiais com vivência crustal pré-Transamazônica a partir do estudo radiométrico do afloramento JD-73, constituído principalmente por granulitos.

Dentro dos limites da área estudada seria muito difícil obter-se registros de eventos mais antigos que os do Transamazônico, tendo em vista os enérgicos efeitos de blastomilonitização - desse ciclo e devido à intensa granitogênese do Brasileiro.

As mesmas considerações abordadas para as rochas charnockíticas são extensivas aos gnaisses tonalitóides da Unidade Angelim, sejam as de ordem tectônica, estrutural, textural, petrológica, geoquímica ou geocronológica.

A função de embasamento plutônico arqueano, atribuído a

essas rochas, pode também ser realçada pelo fato de não conterem, largamente, xenólitos de rochas das outras unidades estratigráficas, apenas constatando-se muitos enclaves microgranulares, o que suporta a inferência de cristalização profunda, conforme assegura DIDIER (1973).

11.1.2 - Seqüência supracrustal (Complexo Paraíba)

O Complexo Paraíba (Agrupamento III) reúne a seqüência metavulcano-sedimentar, representando as rochas supracrustais, muito provavelmente depositadas no Arqueano, hoje indicando produtos de metamorfismo, originalmente com contribuição clástica (arenosa, argilosa ou argilo-arenosa), passando no topo a margas, dolomitos e calcários, além da evidente contribuição vulcânica. Já em 1957, ROSIER, considerava estas litologias como significando, pelo menos em parte, seqüência com características metassedimentares.

Como discutido atrás (CAPÍTULO 6), o Grupo Paraíba de EBERT (1968) era constituído essencialmente de metassedimentos eo-geossinclinais ("sic"), razão pela qual propõe-se restringir o termo Complexo Paraíba à série vulcano-sedimentar, apesar daquele autor não ter admitido a existência do componente vulcânico.

Os mármorees predominantes que caracterizam a Unidade S. Joaquim, juntamente com as rochas calcossilicatadas, estas normalmente aparecendo como intercalações lenticulares por toda a área, embutidas tectonicamente, não possuindo continuidade areal que permitisse a sua individualização como unidade estratigráfica; ambas representam a sedimentação química do Arqueano. A posição de topo, para os mármorees principalmente, pode ser assegurada pelo posicionalmente que ocupam nas áreas intensamente transpostas, colocando-se nos núcleos de sinclinais, tanto observados na mesoescala, na área estudada, quanto no mega-sinclinal de Santa Maria - Madalena (GROSSI SAD et alii, 1980b) onde todo um conjunto montanhoso constituído predominantemente por mármorees (serra das Águas Quentes, serra do Cândido, etc.) representa o núcleo da estrutura.

Vários pesquisadores internacionais, trabalhando em áreas semelhantes, afirmam que as seqüências supracrustais arqueanas iniciaram-se por um pacote terrígeno, clástico, seguido de sedimentação calcária (química) no final.

Existem, também, incontáveis intercalações de rochas - quartzíticas, não mapeáveis na escala de investigação, podendo algumas representar típicos metassedimentos arenosos, enquanto outras assemelham-se a característicos veios de quartzo, recristalizados, exibindo padrão ramificado em alguns afloramentos. A remobilização pode ser devida aos efeitos termiais, posteriores, relacionados ao Ciclo Brasileiro.

Também referidos ao Arqueano devem ser os para-anfibolitos e/ou orto-anfibolitos, estes últimos representando rochas básicas metamorfizadas, aparecendo em alguns afloramentos como verdadeiros diques, discordantes.

Além da Unidade São Joaquim (mármore predominantes) foi possível também a cartografia das unidades Natal (kinzigitos, khondalitos, sillimanita quartzitos, etc.) e Trajano de Moraes (gnaisSES finos, equigranulares, cinzentos, de composição tonalítica). A Unidade Trajano de Moraes deve, muito seguramente, representar o vulcanismo da seqüência.

Todo o conjunto arqueano, embasamento plutônico (Agrupamento I do Complexo Juiz de Fora) + seqüência supracrustal (Agrupamento III - Complexo Paraíba), foi profundamente tectonizado no Ciclo Transamazônico, as supracrustais indo se alojar em muitas - outras unidades litológicas, como "boudins" de dimensões variáveis (até quilométricas, como no caso dos mármore da serra do Portela, Folha Cambuci).

Muito dificilmente poder-se-ia considerar este tipo de seqüência supracrustal como "greenstone belts" recristalizados em grau metamórfico mais elevado, uma vez que, pelas associações litológicas, o Complexo Paraíba deve representar ambiente plataformal de água rasa, normalmente encontrado nas margens continentais; enquanto que os GB indicam fácies de água profunda (grauvacas e turbiditos), conforme pondera WINDLEY (1977).

11.2 - O CICLO TRANSAMAZÔNICO

O Ciclo Transamazônico afetou em grande intensidade toda a área de escudo do continente sulamericano (HURLEY et alii, 1967).

Evidências de campo e petrográficas, aliadas aos resultados geocronológicos, notadamente na região de Três Rios-RJ (q. v. CAPÍTULO 10) mostram que, atribuída ao Ciclo Transamazônico, o correu importante fase de blastomilonitização e transposição que atingiu tanto o embasamento quanto as supracrustais arqueanas, sendo que a fase de metamorfismo muito bem registrada nos produtos - litológicos que caracterizam o Complexo Paraíba, deve ser contemporânea a esta fase deformacional. Este importante evento de retrabalhamento das litologias anteriores por deformação, está notavelmente marcado nas rochas do Agrupamento II, tanto nos milonitos e cataclasitos, de composição enderbítica, da Unidade Monte Verde, como nos blastomilonitos da Unidade São José de Ubá. Nesta última a recristalização predomina quase (ou) completamente, e ambas entidades representam feições petrogenéticas impressas nos enderbitos e litologias associadas, de idade arqueana.

Por outro lado, os enérgicos efeitos de deformação foram responsáveis pela primeira fase de migmatização no cinturão, por efeito das deformações cisalhantes, afetando notadamente as unidades litológicas de composição tonalítica: Unidade Angelim do embasamento plutônico (Agrupamento I) e Unidade Trajano de Morais da série supracrustal (Agrupamento III). No entanto, a superposição do retrabalhamento por anatexis que vai atingir estes tipos litológicos no Ciclo Brasiliano, impede que se conservem registros mapeáveis dessa fase de migmatização Transamazônica.

Em que pese a acentuada deformação sofrida pelas rochas hiperstênicas, não se notam processos diaforéticos em larga escala; pelo contrário, é conservada a paragênese de alto grau (fâcies granulito), verificando-se fenômenos de retrometamorfismo apenas na escala microscópica, assim mesmo localmente, com alguns - grãos de hiperstênio no núcleo de alguns cristais rodeados por anfibólio nas bordas. Os fenômenos cisalhantes também não poderiam

ser os responsáveis para se atingirem as condições de alto grau metamórfico, como apregoam alguns autores mais antigos, pois eles criariam caminhos naturais para hidratação e atenuação das condições metamórficas.

As demais litologias do Arqueano, principalmente os representantes da sequência supracrustal, nesta fase de evolução da Faixa Paraíba vão se embutir tectonicamente, havendo generalizada "boudinage" de diversas rochas.

Os efeitos estruturais dessa deformação são realçados no mármore da Unidade São Joaquim, apenas quando estes contêm impurezas.

Várias análises K-Ar apresentadas por CORDANI (1973) indicam idades de resfriamento relativas ao Ciclo Transamazônico, com valores entre 1.700 e 1.900 m.a.. Por isso este autor atribui a este ciclo fenômenos de microclinização, que afetam rochas granulíticas formadas anteriormente em condições catazonais.

Acredita-se que os "trends" estruturais com direção em torno de $N50^{\circ}-60^{\circ}E$ quase invariavelmente, com mergulhos sub-verticais, foram instalados desde o Ciclo Transamazônico, sendo aquela direção mantida nas reativações posteriores, a qual inclusive influenciou na estruturação do "rift" que precedeu a deriva continental.

11.3 - O CICLO BRASILIANO

O efeito tectono-termal do Ciclo Brasileiro teve atuação muito importante ao longo de toda a costa leste brasileira, sendo o responsável por marcante granitogênese e migmatogênese, com fenômenos bem nítidos de caráter sin-, tardi- e pós-tectônico, que caracterizaram-se por significativo retrabalhamento por anatexis de materiais crustais pré-existent.

O Complexo Serra dos Órgãos agruparia todas as litologias que deveriam sua gênese a processos ligados ao Ciclo Brasileiro, reunindo os agrupamentos IV e V.

O seu intenso efeito apaga todo e qualquer registro geo

cronológico anterior na área, sendo interpretada a existência de embasamento siálico mais antigo a partir das relações isotópicas iniciais e através da integração dos dados petrográficos, estruturais e químicos.

A julgar pelas razões Sr^{87}/Sr^{86} observadas (q.v. CAPÍTULO 10), os resultados disponíveis corroboram grandemente a hipótese de se admitir a existência de fenômenos intensos de reciclagem crustal por palingênese, com pouca - ou talvez nenhuma - contribuição de acreção primária por diferenciação de material do manto.

Deformações dúcteis, com migmatização sin-tectônica, são típicas do Ciclo Transamazônico na área, enquanto que no Ciclo Brasileiro esses efeitos são mais restritos, ocorrendo, além dos eventos rúpteis, principalmente processos mesozonais: feldspatização, migmatização, granitização, anatexis, etc..

Como gnaisses granitóides, homogêneos, bem orientados, originados sin-tectonicamente neste Ciclo, temos as litologias do Agrupamento IV, caracterizadas pelas unidades Desengano e Italva, descritas no CAPÍTULO 6. Também comporiam esta entidade os ortognaisses muito intimamente associados aos migmatitos típicos da Unidade São Fidélis, estes últimos representam fase de migmatização estromática afetando aqueles ortognaisses. O nível de interação entre os dois produtos litológicos é tal que dificilmente poder-se-ia separar um do outro, a não ser em trabalhos de maior detalhe.

Idêntica evolução observa-se entre os ortognaisses Desengano e os migmatitos sin-tectônicos da Unidade Ernesto Machado. Os gnaisses Desengano representariam o produto anatexítico, cujo processo de anatexis afetou rochas kinzigíticas da Unidade Natal (Complexo Paraíba), sendo que a forte transposição tectônica instalada sobre eles gerou os tipos litológicos que caracterizam a Unidade Ernesto Machado, o que pode ser demonstrado por critérios de campo, petrográficos, estruturais e químicos.

A diferença fundamental entre as unidades Desengano e S. Fidélis é que esta última é mais biotítica (FOTOS 8 e 9) tendo uma certa contribuição adicional na sua formação os gnaisses tonalíticos (biotita-plagioclásio gnaisses) da Unidade Trajano de Moraes.

Ambas vão sofrer as deformações Brasileiras (transposições) gerando migmatitos sin-tectônicos, em algumas áreas sendo preservadas desse processo.

Num domínio da área estudada a penetração dos ortognaisses Desengano foi precedida por tectônica rúptil que fragmentou a crosta superior, gerando enormes fragmentos de gnaisses e migmatitos - às vezes decamétricos, produzindo, em mega-escala, estrutura "schollen", cuja expressão em campo permitiu a caracterização de um entidade estratigráfica: Unidade Conceição de Macabu. Os fragmentos (blocos) engolfados são principalmente de biotita-plagioclásio gnaisses, quase sempre exibindo a fase de migmatização sin-tectônica do Ciclo Transamazônico, caracterizados como Unidade - Trajano de Moraes.

A profusão de xenólitos verdadeiros dentro da Unidade - Desengano, como descrito acima, possibilita estimar-se que o seu "emplacement" se deu a níveis crustais superiores (DIDIER, 1973).

Outra litologia intrusiva gerada no Brasileiro seria o ortognaisse da Unidade Italva, de composição tonalítica, cuja palíngênese (FOTOMICROGRAFIA 1) deve ter afetado os gnaisses tonalíticos da Unidade Trajano de Moraes, representando esta, a fase vulcânica da seqüência supracrustal antiga (Complexo Paraíba). Do ponto de vista químico, existe compatibilidade que sustenta a inferência suscitada.

Fase de migmatização instalada sobre a Unidade Italva, como resultado de processos ainda do Ciclo Brasileiro, de caráter tardio, foi a responsável pelo aparecimento de notáveis estruturas metatexíticas, notadamente estromática e flebítica, cuja expressão em campo permitiu a individualização da Unidade Santo Eduardo.

Deve ser enfatizado que todos os produtos palingênéticos do Ciclo Brasileiro (ortognaisses Desengano, São Fidélis e Italva) sofreram evento de deformação após sua geração, resultando unidades estratigráficas migmáticas, respectivamente: Ernesto Machado, São Fidélis e Santo Eduardo. Apenas os granitos pós-tectônicos ficaram imunes à deformação Brasileira.

Esta fase de deformação/migmatização atingindo rochas

FOTOMICROGRAFIA 1 - Textura apresentada pelos ortognaisses Italva, evidenciando-se microclina intersticial, quartzo lobular e muscovita secundária, suspeitando-se de anatexis para sua formação. Em outras preparações destacam-se allanitas (Afloramento J-38). Nicóis cruzados. X25.

FOTOMICROGRAFIA 2 - Abundantes seções basais de sillimanita associada a biotita, feição microscópica típica dos gnaisses e melanossomas de migmatitos da Unidade S. Fidelis (Afloramento J-24). Nicóis paralelos. X 75.

charnockíticas, fez com que surgisse migmatito complexo, cujo produto predominante pode ser representado por paleossoma enderbítico (mais básico) de onde foram separados metatectos (mobilizados) charnockíticos s.s. englobando uma série de outras litologias, notadamente as supracrustais pré-Transamazônicas do Complexo Paraíba. A esta associação denominou-se Unidade Vista Alegre, constituindo, então, o que TOURET (1974) caracterizou como migmatito seco. No entanto, a paragênese primária não é tão anidra; há quantidades apreciáveis de minerais hidratados (anfíbólios e biotitas).

Os típicos migmatitos estromáticos, ou com estruturas dobradas das unidades São Fidélis e São João do Paraíso, com nítida individualização de porções claras (neossomática) e porções escuras (paleossomáticas ou mesossomáticas) parecem ter tido evolução comum, ligada a fenômenos tardi-tectônicos, devendo suas diferenças às associações litológicas que sofreram o processo. Enquanto os migmatitos São Fidélis afetam principalmente rochas kinzigíticas (FOTOMICROGRAFIA 2) e gnaisses cinzentos, finos, equigranulares (Unidade Trajano de Moraes), os migmatitos São João do Paraíso instalam-se sobre estes últimos em associação com rochas charnockíticas diversas. Ambos intercalam tectonicamente outras litologias do Complexo Paraíba, não mapeáveis, como é o caso dos quartzitos, calcossilicatadas, anfíbolitos, etc.. Os aspectos, às vezes localmente semelhantes, devem-se à presença comum e constante dos gnaisses Trajano de Moraes.

Ligada à fase tardia do Ciclo Brasileiro, muito seguramente relacionam-se porções predominantes leucossomáticas (neossomáticas), engolfando outras litologias mais antigas, notadamente kinzigitos, rochas charnockíticas e gnaisses tonalíticos do Arqueano, numa associação altamente complexa, sendo caracterizada nesta pesquisa como Unidade Cambuci, envolvendo, na sua formação inicial, estrutura do tipo "schollen". Todo o conjunto complexo foi também deformado.

Como atividade pós-tectônica ligada ao Ciclo Brasileiro é citada a formação de pegmatitos e diques de granito (aplogranito), ou então, pequenos "stocks", não mapeáveis, que cortam generalizadamente todas as unidades cartografadas e aqui descritas. Na área não se verificam batólitos de dimensões consideráveis. São

comuns "roof pendants", bastante angulosos, com contornos bem nítidos (contatos bruscos) de litologias das unidades São Fidélis, Angelim e Trajano de Moraes, pelo que se pode confirmar a sua geração em níveis superiores da crosta. Isócronas publicadas para estas rochas apontam a sua colocação durante o intervalo de 560 a 460 m.a.. Os diques de granito pós-tectônico, quando cortando as rochas enderbíticas, provocam o fenômeno da decharnockitização já descrito no CAPÍTULO 7.

As numerosas determinações isotópicas K-Ar em biotitas e anfibólios, revelam que no Cinturão Ribeira, durante o Ciclo Brasileiro, ocorreu rejuvenescimento isotópico generalizado, apontando valores de resfriamento crustal que se situam no intervalo entre 607 a 432 m.a. (DELHAL et alii, 1969; CORDANI, 1973; CORDANI et alii, 1973; CORDANI & TEIXEIRA, 1979; SIGA Jr. et alii, 1982).

As isócronas Brasileiras (q.v. CAPÍTULO 10) obtidas para rochas do embasamento plutônico arqueano, traduzem efeitos de retrabalhamento por anatexis, sendo os gnaisses tonalíticos da Unidade Angelim ($731,9 \pm 28,6$ m.a.) atingidos em grau pouco inferior de rejuvenescimento isotópico do que os enderbitos da Unidade Bela Joana ($599 \pm 10,2$ m.a.). A palingênese que afetou os enderbitos, pode ter atuado tanto sobre produtos iniciais grosseiros, sem diferenças nas características texturais da rocha hoje observada, ou então, incidir sobre os blastomilonitos, cataclasitos e milonitos, todos gerados no Ciclo Tansamazônico. A esta última hipótese vem se ajuntar o modelo proposto por PICHAMUTU (1960; In: SUBRAMANIAM, 1967) para as rochas indianas, segundo o qual rochas hipersênicas mais antigas seriam granulitos foliados ou milonitizados e as mais novas seriam granitóides, grosseiras, que se gerariam por palingênese das mais antigas e gradariam para tipo gnáissico. No entanto, qual seria a origem primária dos granulitos foliados ou milonitizados, se não as originalmente plutônicas, grosseiras do embasamento antigo (arqueano)? Mesmo EBERT (1968) e ROSIER (1957, 1965) consideravam as rochas charnockíticas l.s. como manifestação magmática relacionada a atividade mais recente da sua orogênese - Paraíba, admitindo que poderiam ter sido geradas por palingênese.

11.4 - O FANEROZÓICO

Após as últimas manifestações magmáticas pós-tectônicas do Ciclo Brasileiro, representadas na área pelos pegmatitos e diques de aplogranito, com fenômenos que se estenderam até o limiar do Paleozóico, aconteceu a consolidação da extensa plataforma (Plataforma Brasileira ou Sulamericana) e um longo período de quietude tectônica, a qual só viria a ser perturbada no Mesozóico, durante a Reativação Wealdeniana (ALMEIDA, 1967). Essa reativação - induziria, notadamente, fenômenos tracionais (fraturamentos) os quais seriam reflexos coetâneos de movimentos mais enérgicos que estavam ocorrendo no Sistema Cordilheirano dos Andes. Aproveitando canais abertos (fraturas) ascenderiam diques de diabásio, cuja idade média é de 133 m.a. (DELHAL et alii, 1969), portanto do Cretáceo inferior, como prova determinação de idade comentada no CAPÍTULO 10, em amostra situada próximo e a oeste da área aqui estudada.

Por essa época começava a se instalar um sistema rifteano que culminaria com a abertura do Oceano Atlântico e separação dos continentes sul-americano e africano.

LOCZY (1970) sugere que os "trends" estruturais das zonas de fraqueza, por onde ocorreram esses processos, já existiam desde o Prê-Cambriano. É admitido por alguns autores que a deriva continental não é um evento isolado, mas sim, consequência de mudanças estruturais mais antigas. A exemplo do que se observa no Cinturão Zambesi (África), ocorreram repetidos tectonismos espasmódicos em zonas lineares bem definidas e estas, uma vez mobilizadas, nunca mais alcançaram a estabilidade cratônica, como pondera KRÖNER (1977).

As brechas magmáticas que ocorrem em morrotes na Folha Carapebus, muito provavelmente se correlacionem com idênticas litologias, de caráter alcalino, que ocorrem mais ao sul, região de Casemiro de Abreu e Cabo Frio, onde foram efetuadas determinações geocronológicas, pelo que se pode estimar a idade de sua formação por volta de 60 m.a., portanto do início do Terciário (CORDANI & TEIXEIRA, 1979).

A instalação do sistema de "rift" provocou também a formação de bacias continentais terciárias, das quais a Formação Barreiras é um representante na área investigada, porém estando exposta em apenas dois afloramentos da Folha Carapebus (Tb). Nas folhas Macaé e Cabiúnas, contíguas e a sul da porção aqui tratada, aparecem também algumas poucas exposições dessa entidade. Trabalhos anteriores tributavam em mapas geológicos, extensa área na Baixada Campista para esses sedimentos inconsolidados. Contudo, verifica-se que em grande parte ocorrem solos eluviais de migmatitos da Unidade São Fidélis. Essa constatação foi coadjuvada pela abertura de profundos cortes na melhoria do traçado da rodovia BR-101, que corta a porção sul da área, cuja execução dos trabalhos rodoviários foi contemporânea ao levantamento geológico de campo.

O Quaternário se faz representar pelos expressivos leques aluviais na Baixada Campista, cuja extensão e largura notáveis devam ser devidas a atividade do refluxo marinho. Na Folha Carapebus aparece individualizada significativa faixa de típicas restingas litorâneas, com acentuado contraste geomorfológico evidenciado em fotos aéreas.

12 - CONCLUSÕES

As discussões abordadas nos capítulos anteriores permitem caracterizar toda a faixa estudada como parte de um "mobile belt", dentro de regime ensiálico, com vocação policíclica.

Prefere-se, pelo menos por ora, adotar postura mais fixista, tendo em vista as dificuldades ainda encontradas para se provar a evolução da região à luz da Tectônica de Placas, do Proterozóico inferior para cá, como preferem muitos pesquisadores nacionais e internacionais ao se referirem a outros vários cinturões móveis do Brasil e do mundo.

Pode ser que até o Proterozóico inferior, porém mais exatamente no Arqueano, tenha predominado crescimento crustal segundo modelo do tipo cordilheirano, onde as litologias plutônicas do embasamento (Agrupamento I - Complexo Juiz de Fora), representadas pelas unidades Bela Joana e Angelim, desempenhariam a mesma função que os batólitos tonalíticos gerados em áreas orogênicas modernas. A extensão do Cinturão Granulítico Atlântico (WERNICK & ALMEIDA, 1979), contínuo pelo menos até o Ciclo Transamazônico, permite extrapolar que, se um regime de colisão continental foi ativo até essa época, então as placas não eram tão pequenas quanto estima WINDLEY (1977). Arcos magmáticos ativos são os principais sítios de crescimento crustal e a presença de rochas hiperstênicas são a feição característica da crosta inferior formada em tais arcos.

Ao se aceitar conceituações mobilistas admite-se que a margem continental do tipo Pacífico, ativa durante o Arqueano, hoje estaria revertida a tipo Atlântico, passiva e estabilizada.

Acredita-se que boa parte da crosta continental dessa região já estava formada desde o Arqueano, sendo de constituição siálica, havendo retrabalhamento por deformação cisalhante no Ciclo Transamazônico e por anatexis no Ciclo Brasileiro. Pelo menos aqui não se acredita que tenha havido crescimento (e espessamento) contínuo de crosta continental.

A evolução cinemática do cinturão é largamente dominada por movimentos verticais, porém análise de zonas de cisalhamento indicam movimentos transcorrentes.

Relacionado ao Arqueano ter-se-ia o embasamento plutônico (Agrupamento I do Complexo Juiz de Fora), de afinidade tonalítica (enderbitos e gnaisses tonalíticos), representando crescimento crustal através de magmatismo gerado em níveis profundos da crosta continental antiga, cristalizando-se diretamente nas fácies granulito e anfibolito alto, apresentando "trend" de diferenciação predominantemente de natureza calco-alcalina; algumas indicações toleíticas (diagrama AFM do CAPÍTULO 8) poderiam significar um certo caráter bimodal. A esse embasamento sobrepor-se-ia uma pilha supracrustal (Agrupamento III - Complexo Paraíba), cujos produtos originais, depositados em tempos pré-Transamazônicos, seriam pelitos, psamo-pelitos, psamitos, margas, calcários, dolomiticos, além de predominante contribuição vulcânica, podendo-se supor ambiente de sedimentação plataformal de água rasa.

Durante o Ciclo Transamazônico (Proterozóico inferior) todo o conjunto arqueano seria intensamente afetado por deformações cisalhantes, ligadas a falhamentos com efeitos transcorrentes, fenômenos estes que, durante esta época, atingiu a escala mundial, promovendo forte blastomilonitização e cataclase, com produção da primeira fase de migmatização, de caráter sin-tectônico, que originaria produtos espalhados por toda a área, onde duas entidades podem ser mapeadas como representantes deste evento (unidades São José de Ubã e Monte Verde, ambas do Agrupamento II).

No Ciclo Brasileiro (Proterozóico superior) ocorre generalizada palingênese (anatexis) formando importantes massas granitóides a partir de produtos rochosos mais antigos. Também seria o ciclo responsável por geração de migmatitos com diversas estruturas e relações paleossoma-neossoma, o que propiciou a individualização de 7 (sete) unidades migmáticas diferentes, conforme melhor explanado nos capítulos 6 e 11, tendo cada uma, sua própria evolução.

Os poucos e inexpressivos representantes litológicos de idade mesozóica, atestam o tipo de evolução que atuou no Fanero -

zôico, com processos tracionais, responsáveis pela quebra, fragmentação e separação do Gondwana, aos quais ligar-se-iam magmatismo básico, magmatismo alcalino, além da formação de bacias costeiras.

A extrema complexidade geológica das litologias precambrianas é resultado de imbricamentos tectônicos, falhamentos e interdigitações, além das sucessivas reativações; como agravante, tem-se ainda, a variedade composicional das rochas pretéritas e os processos posteriores de anatexis.

Os "trends" estruturais foram impressos por ocasião da implantação do cinturão cisalhante ("thrust belt") no Ciclo Transamazônico, estruturando-se quase que invariavelmente na direção $N50^{\circ}-60^{\circ}E$, a qual é mantida nas reativações que sobrevieram.

Rochas originalmente geradas em níveis crustais diferentes, por conseguinte exibindo paragêneses de fácies diferentes, podem, hoje, ocupar posições contíguas devido a movimentações tectônicas que aconteceram mais energicamente no Ciclo Transamazônico, mas que, seguramente foram reativadas no Brasileiro e em épocas posteriores. Por isso não se necessita de admitir exumações exageradas para o aparecimento de rochas catazonais.

O quadro até agora apresentado e descrito, possibilita um posicionamento não-uniformitarista em relação aos regimes tectônicos que atuaram em toda a Associação Paraíba do Sul, atribuindo-se-lhe rápido crescimento, principalmente por plutonismo no Arqueano, cisalhamento no Proterozóico inferior, predominância de eventos termiais e deformações no Proterozóico superior e fenômenos tracionais no Fanerozóico. Dessa forma foram estabelecidas grandes descontinuidades tectônicas entre cada uma das eras geológicas. O lado uniformitarista da evolução poderia ser explicado pelo fato de que processos físico-químicos semelhantes controlaram sedimentação, magmatismo e metamorfismo ao longo de toda a história do planeta.

Nas incursões interpretativas a cerca da origem das plutônicas arqueanas, é bastante sedutora a idéia contida no livro de MASON (1971) onde se admite material antigo, não diferenciado, quase homogêneo, caracterizado como uma protocrosta simática. Evento

fundente no Arqueano, produziria as escórias de rochas silicáticas diferenciadas que seriam as massas continentais primitivas. Depois dessa época haveria pouca, ou nenhuma, produção de material novo primário, e sim, predominando processos de reciclagem. Qualquer tentativa de se estudar o gradiente geotermal e as condições físico-químicas dos tempos primitivos, devem levar em consideração que estimativas da temperatura da superfície terrestre, no Arqueano, chegam a valores da ordem de 300°C (SHULDINER, 1982). Além disso, o calor da Terra era muito maior, porque elementos radioativos não tinham sofrido tanto decaimento, ressaltando-se ainda, a grande quantidade de elementos radioativos de meia vida curta, hoje em quantidades infinitesimais.

Não descartável é a idéia da atuação de evento intermediário entre os ciclos Transamazônico e Brasileiro (Ciclo Uruaçuano) relacionado ao Proterozóico médio (± 1.000 m.a.). Existem para tanto algumas insinuações nas publicações que se referem aos resultados geocronológicos; isto confirmado, então, alguns dos eventos atribuídos ao Ciclo Brasileiro poderiam ser pouco mais antigos.

Mesmo sendo relativamente grande a quantidade de determinações de idade (métodos Rb-Sr, K-Ar e algumas poucas U-Pb) na porção setentrional e central da Província Mantiqueira, faz-se necessário lançar mão de metodologias de maior valor interpretativo, como por exemplo Sm-Nd, Pb-Pb e maior utilização do método U-Pb, afim de se testarem as hipóteses evolutivas até aqui propostas. Claro que, um incremento cada vez maior de determinações Rb-Sr, em litologias de gênese e idade ainda não totalmente esclarecidas, podem trazer subsídios adicionais importantes. Novas análises pelo método K-Ar não alterarão o quadro até agora delineado.

Estudo geoquímico, detalhado e profundo, incluindo todas as variações litológicas encontradas na área, representa importante sustentáculo para os testes de evolução propostos neste estágio do conhecimento científico sobre a região.

Procurou-se, na medida do possível, fazer-se a compatibilização da evolução da área com semelhantes evoluções atribuídas e descritas para várias áreas do globo já melhor estudadas. No entan

to, preocupou-se não em se fazer ajuste de forma simplista, apenas rotulando o ambiente tectônico, mas buscando, a nível de detalhe, descrições de fatos que viessem elucidar os processos geológicos - estes sim a preocupação maior - que teriam acontecido, seja com apoio dos critérios petrogenéticos, geoquímicos, tecto-estruturais, geocronológicos, etc.. Muitas vezes, nessas outras províncias contemporâneas semelhantes, as relações petrogenético-estruturais são mais evidentes e por felicidade expõem-se mais claramente.

Todos os tipos litológicos podem distribuir-se entre os complexos aqui discutidos (Juiz de Fora, Paraíba e Serra dos Órgãos), definindo-se a sua presença segundo critérios explicitados inicialmente no CAPÍTULO 6, quando se tratava das unidades precambrianas. Não se vê motivo para identificar a existência de outra entidade, como por exemplo o Complexo do Litoral Fluminense, pelo menos dentro dos limites pesquisados, muito embora, a sul da área, na Folha Macaé e adjacentes, verifica-se conjunto litológico com características composicionais, estruturais e texturais diferentes das observadas na porção estudada. Esse conjunto é denominado de Unidade Região dos Lagos pelos geólogos do DRM-RJ, figurando em muitos mapas geológicos publicados, podendo fazer parte do que se define como Complexo do Litoral Fluminense, porém esta entidade estratigráfica maior não apresentaria a expressão que lhe atribuem muitos trabalhos regionais.

Adicione-se, finalmente, às conclusões desta pesquisa que abre-se amplo leque de opções para trabalhos futuros, que sempre complementar-se-ão, como pode ser depreendido pelas entrelinhas do texto que ora se conclui. Configura-se portanto, intrincado campo de especulações petrogenéticas, estruturais e tectônicas, que irão continuar a merecer estudos adicionais por parte do autor.

13 - AGRADECIMENTOS

O produto que ora se encerra é resultado não de um trabalho integralmente isolado, mas contou com a colaboração de grande número de pessoas, que interferiram diretamente em alguma fase de sua execução. A todos esses fica consignado o tributo de profunda gratidão.

Ao Prof. Dr. Marcos Aurélio Farias de Oliveira pela objetiva e segura orientação, coadjuvada pelo convívio profissional.

Aos colegas geólogos da TRISERVICE, com os quais foram compartilhados os trabalhos iniciais de mapeamento geológico: Benedito Souza Gomes, Carlos Rogério Damião, Celina Maria Leite Marchetto, Wagner Geraldo da Silva e Wilson Correa da Silva, sob a eficaz supervisão do geólogo Dr. Luís Alfredo Moutinho da Costa.

Ao Prof. Dr. Koji Kawashita e todo o corpo técnico-administrativo do Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP -CPGeo - USP - pela dedicação e prestimosidade na execução das análises geocronológicas e discussão dos resultados.

Ao Prof. Dr. Raphael Hypólito pela generosidade em facilitar a execução das análises químicas no laboratório do Departamento de Mineralogia e Petrologia do IG-USP.

Aos professores doutores Asit Choudhuri e Eberhard Wernick, além dos demais colegas do Departamento de Mineralogia e Recursos Minerais do IGCE-UNESP (campus de Rio Claro), pelas frequentes discussões e constante incentivo.

Aos geólogos do Departamento de Recursos Minerais, órgão da administração estadual do Rio de Janeiro, pela cordialidade e presteza, colocando à disposição todo o acervo da entidade e prontificando-se a colaborar nos trabalhos.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro aos trabalhos de campo.

Aos funcionários da UNESP-Rio Claro que muito contribuíram com suas atividades para que se atingisse o objetivo pretendi

do, especialmente à senhora Nadia Regina Pereira Lopes Lunardi(se
cretária) e aos senhores Wilson Missoni (desenhista) e Antonio Carl
os Bueno de Moraes (laminador).

Aos colegas, amigos e professores do curso de pós-gradua
ção do IG-USP, que na discussão de aspectos relevantes, muito contr
ibuíram para a concretização deste trabalho.

A todos, o mais sincero agradecimento.

14 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.de (1967) - Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Bol.DGM-DNPM, 241, 36p., Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, F.F.M.de (1977) - O Cráton do São Francisco. Rev.Bras. - Geoc., 7(4): 349-364.
- ALMEIDA, F.F.M.de; AMARAL, G.; CORDANI, U.G. & KAWASHITA, K.(1973) - The precambrian evolution of the south american cratonic margin south of the Amazon river. In: The ocean basins and margins. Plenum Publ. Co., 1: 411-446, New York.
- ALMEIDA, F.F.M.de; HASUI, Y. & CARNEIRO, C.D.R. (1975) - Lineamento de Além Paraíba. An.Acad.Bras.Ciênc., 47(3/4): 575, Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, F.F.M.de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.de & FUCK, R.A. (1977) - Províncias estruturais brasileiras. Atas VIII Simp.Ged Nord., 363-391, Campina Grande.
- ALMEIDA, F.F.M.de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.de & FUCK, R.A. (1981) - Brazilian structural provinces: an introduction. Earth Sci.Rev., 17: 1-29.
- ALMEIDA, F.F.M.de & HASUI, Y (1984) - O Pré-Cambriano do Brasil. Edgar Blücher Ltda., 378 p., São Paulo.
- ANGELI, N. & RODRIGUES, E.de P. (1980) - Pesquisa de níquel em parte da região centro-leste do estado de Minas Gerais. An.XXXI - Cong.Bras.Geol., 4: 2403-2414, Camboriú-SC.
- BARBOSA, A.L.de M. et alii (1980) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folhas Anta, Duas Barras, Terezópolis e Nova Friburgo. Relatório Final, 2 vol., convênio DRM/GEOSOL, Niterói-RJ (inédito).
- BARBOSA, A.L.de M. et alii (1981) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folhas Cava, Miguel Pereira, Paraíba do Sul e Três Rios. Relatório Final, 2 vol., convênio DRM/GEO-SOL, Niterói-RJ (inédito).
- BARBOSA, A.L.de M. et alii (1982) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folhas Varre-Sai, Eugenópolis, Itape-

runa e Miracema. Relatório Final, 2 vol., convênio DRM/GEOSOL, Niterói-RJ (inédito).

BATISTA, J.J. et alii (1978a) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folha Italva. Mapa geol.com nota explic no verso, convênio DRM/TRISERVICE, Niterói-RJ.

BATISTA, J.J. et alii (1978b) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folha São Fidélis. Mapa geol.com nota explic.no verso, convênio DRM/TRISERVICE, Niterói-RJ.

BRAJNIKOV, B. (1953) - Sur la présence au Brésil de roches du type charnockite. C.R.Acad.Sci.Paris, 237: 1258-1260, Paris.

BRANDALISE, L.A. et alii (1976) - Projeto Vale do Paraíba do Sul. Relatório Final, convênio DNPM/CPRM, 411 p., Belo Horizonte.

BRAUN, O.P.G. (1972) - As faixas rúpteis do Brasil. An.XXVII Cong. Bras.Geol., mimeografado, Belém.

CAMPANHA, G.A.da C. (1980) - O Lineamento de Além Paraíba na área de Três Rios(RJ). Diss.mestrado, IG-USP, São Paulo.

CAMPANHA, G.A.da C. (1981) - O Lineamento de Além Paraíba na área de Três Rios(RJ). Rev.Bras.Geoc., 11(3): 159-171.

CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO (1979) - Folhas do Rio de Janeiro, Vitória e Iguape. DNPM, nota expl., 240 p., Brasília.

CHOUDHURI, A.(1984) - Paragenesis and stability of hornblende in charnockitic gneiss and mafic granulite - examples from Minas Gerais. An.Acad.Bras.Ciênc., 56(2): 155-161, Rio de Janeiro.

CONDIE, K.C. (1967) - Geochemistry of early precambrian greywackes from Wyoming. Geoch.Cosm.Acta , 31:2135-2149.

COORAY, P.G. (1969) - Charnockites as metamorphic rocks. Am.Jour. Sci., 267:969-982.

CORDANI, U.G. (1971) - Síntese da geocronologia precambriana da região costeira Atlântica meridional da América do Sul. An.XXV Cong.Bras.Geol., resumos e comunicações, p.179,São Paulo.

CORDANI, U.G. (1973) - Evolução geológica precambriana da faixa costeira do Brasil entre Salvador e Vitória. Tese Liv.Doc., IG-USP, São Paulo.

- CORDANI, U.G.; DELHAL, J.; GOMES, C.B. & LEDENT, D. (1968) - Nota preliminar sobre idades radiométricas em rochas da região da serra dos Órgãos e vizinhanças (leste de Minas Gerais e estado do Rio de Janeiro). *Rev.Bras.Geoc.*, 17(1): 89-92.
- CORDANI, U.G.; DELHAL, J. & LEDENT, D. (1973) - Orogêneses superposées dans le Pré-Cambrian du Brésil sud-oriental (états de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). *Rev.Bras.Geoc.*, 3(1):1-22.
- CORDANI, U.G. & TEIXEIRA, W. (1979) - Comentários sobre as determinações geocronológicas existentes para as regiões das folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguape. In: Texto Explicativo - Folhas Rio de Janeiro (SF-23), Vitória (SF-24) e Iguape (SG-23). DNPM, 175-207, Brasília.
- DELHAL, J.; LEDENT, D. & CORDANI, U.G. (1969) - Ages Pb/U, Sr/Rb et Ar/K des formations métamorphiques et granitiques du sud - est du Brésil (états de Rio de Janeiro et de Minas Gerais). *An. Soc.Géol.Belg.*, 92: 271-283.
- DERBY, O.A. (1880) - On the age of the brazilian gneiss series , Discovery of Eozoon. *Am.Jour.Sci.*, 3a. Série, Vol.XIX, 324-326.
- DE WAARD, D. (1969) - The occurrence of charnockites in the Adirondacks - a note on the origin and definition of charnockite. *Am. Jour.Sci.*, 267: 983-987.
- DIDIER, J. (1973) - Granites and their enclaves. Elsevier, 393 p.
- DRURY, S.A. (1973) - The geochemistry of precambrian granulite facies rocks from the Lewisian complex of Tiree, Inner Hebrides, Scotland. *Chem.Geol.*, 11(3): 167-188.
- EBERT, H. (1954) - Relatório de atividades. In: Relatório anual - do diretor da Div.Geol.Min., ano 1953, DGM-DNPM, 79-85, Rio de Janeiro.
- EBERT, H. (1955) - Pesquisas na parte sudeste do estado de Minas-Gerais. In: Relatório anual do diretor da Div.Geol.Min., ano 1954, DGM-DNPM, 79-89, Rio de Janeiro.
- EBERT, H. (1956a) - A tectônica do sul do estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. In: Relatório anual do diretor da Div.Geol.Min., ano 1956, DGM-DNPM, 97-107, Rio de Janeiro.

- EBERT, H. (1956b) - Beitrag zur gliederung des Präkambriums in Minas Gerais. Geol.Runds., 45(3): 451-521.
- EBERT, H. (1962) - Baustil und regionalmetamorphose in präkambrischen Grundgebirge Brasiliens. Tscherm.min.u.petrog.Mitt., 8(1): 49-81.
- EBERT, H. (1967) - A estrutura pré-cambriana do sudeste de Minas Gerais e áreas adjacentes. Bol.Paran.Geoc., 26: 42-45.
- EBERT, H. (1968) - Ocorrência de fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipótese sobre sua origem. An.Acad.Bras.Ciênc., 40 (supl.): 215-229.
- FYFE, W.S. (1973) - The granulite facies, partial melting and the archaean crust. Phil.Trans.Roy.Soc.London A, 273: 457-461.
- FYFE, W.S. & LEONARDOS Jr., O.H. (1974) - Ancient metamorphic migmatite belts of the Brazilian Atlantic Coast. The African connection. Rev.Bras.Geoc., 4(4): 247-251.
- GASPARINI, P. & MANTOVANI, M.S.M. (1979) - Geochemistry of charnockites from São Paulo, Brazil. Earth and Plan.Sci.Let., 42:311-320.
- GOMES, B.S. et alii (1978) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folha São João do Paraíso. Mapa geol.com nota expl.no verso, convênio DRM/TRISERVICE, Niterói-RJ.
- GOMES, B.S. & BATISTA, J.J. (1979) - Mármore de Italva: geologia e reservas. Min.Met., ano XLII, nº 407.
- GOMES, B.S. et alii (1981) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folhas Renascença, Dolores de Macabú, Conceição de Macabú, Carapebus, Macaé e Cabiúna. Relatório Final, 3 vol. convênio DRM/TRISERVICE, Niterói-RJ, (inédito).
- GROSSI SAD, J.H. & LADEIRA, E.A. (1968) - Esboço tectônico do estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000. Apres.XXII Cong.Bras. Geol., Belo Horizonte.
- GROSSI SAD, J.H. et alii (1980a) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folha Santo Antonio de Pádua. Mapa geológico e texto expl., convênio DRM/GEOSOL, Niterói-RJ.

- GROSSI SAD, J.H. et alii (1980b) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folha Santa Maria Madalena. Mapa geol. e texto expl., convênio DRM/GEOSOL, Niterói-RJ.
- GROSSI SAD, J.H. et alii (1980c) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folha Trajano de Moraes. Mapa geol. e texto expl., convênio DRM/GEOSOL, Niterói-RJ.
- GUIMARÃES, D. (1951) - Arqui-Brasil e sua evolução geológica. Bol. DFPM-DNPM, 88, 314 p., Rio de Janeiro.
- GUIMARÃES, D. (1956) - Os charnockitos do Espírito Santo. Bol. Inst. Tecn. Ind., 2, Belo Horizonte.
- HANSON, G.N. (1980) - Rare earth elements in petrogenetic studies of igneous systems. Ann. Rev. Earth Plan. Sci., 8: 371-406.
- HARRIS, N.B.W.; HOLT, R.W. & DRURY, S.A. (1982) - Geobarometry, geothermometry and late Archaean geotherms from the granulite facies terrain of South India. Jour. Geol., 90:509-527.
- HARTT, C.F. (1870) - Geology and physical geography of Brazil. Tradução em 1941 por Edgar Sussekund de Mendonça e Eliar Dolianiti. Cia. Ed. Nacional, São Paulo.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R. & COIMBRA, A.M. (1975) - The Ribeira Folded Belt. Rev. Bras. Geoc., 5(4): 257-266.
- HASUI, Y. & PONÇANO, W.L. (1978) - Geossuturas e sismicidade no Brasil. An. 2º Cong. Bras. Geol. Eng., 1: 331-338, São Paulo.
- HASUI, Y.; SADOWSKI, G.R. & CARNEIRO, C.D.R. (1978) - A zona marginal sul do Cráton do São Francisco. An. Reun. Prep. Simp. Crat. S. Franc., SBG(núcleo da Bahia). Pub. Esp. nº 3: 205-224, Salvador.
- HASUI, Y. & OLIVEIRA, M.A.F. de (1984) - Província Mantiqueira-setor central (Complexos Juiz de Fora, Barbacena e Varginha). In: (ALMEIDA, F.F.M. de & HASUI, Y., coord.) - O Pré-Cambriano do Brasil. Edard Blücher Ltda., 308-344, São Paulo.
- HENDERSON, J.B.; CALDWELL, W.G.E. & HARRISON, J.E. (1980) - Igneous and high-grade metamorphic rocks. North American Commission on stratigraphical nomenclature. Geol. Soc. Am. Bull., Part I(9): 374-376.
- HIGGINS, M.W. (1971) - Cataclastic rocks. Prof. Paper, USGS, 687,

97 p., Washington.

- HOLLAND, T.H. (1900) - The charnockite series, a group of archaean hypersthenic rocks in Peninsular India. Geol.Surv.Ind., mem 28: 119-249.
- HOWIE, M.A. & SUBRAMANIAM, A.M. (1957) - The paragenesis of garnet in charnockite, enderbite, and related granulites. Min.Magaz., Vol.XXXI (238): 565-586.
- HURLEY, P.M. et alii (1967) - Test of continental drift by comparison of radiometric ages. Sci., 157: 495-500.
- JANARDHAN, A.S.; NEWTON, R.C. & SMITH, J.V. (1979) - Ancient crustal metamorphism at low P_{H_2O} : charnockite formation at Kabbaldurga, south India. Nat., 278: 511-514.
- KAWASHITA, K.; MANTOVANI, M.; THOMAZ Fº, A.; TORQUATO, J.R. & BERENHOLC, M. (1974) - Método radiométrico Rubídio-Estrôncio - procedimento de análise no CPGeo-USP. Manual interno do CPGeo-USP, São Paulo.
- KAWASHITA, K.; SATO, K. & SONOKI, I.K. (1983) - Um sistema de aquisição e processamento de dados "on line" em um espectrômetro de massa no CPGeo. Manual interno do CPGeo-USP, São Paulo.
- KRAUSKOPF, K.B. (1972) - Introdução à geoquímica. Trad. de Michal Lando e Paulo S.C. Bogus. Polígono, EDUSP, 2 vol., São Paulo.
- KRÖNER, A. (1977) - Precambrian mobile belts of southern and eastern Africa - ancient sutures or sites of ensialic mobility? a case for evolution toward plate tectonics. Tectonoph., 40(1-2): 101-135.
- LAMEGO, A.R. (1936) - O maciço de Itatiaia e regiões circundantes. Bol.Serv.Geol.Min., DNPM, 88: 1-93, Rio de Janeiro.
- LOCZY, L.de (1970) - Role of transcurrent faulting in South American tectonic framework. Am.Ass.Petrol.Geol., Bull., 54(11): 2111-2119.
- MACHADO, R. (1983) - Considerações sobre a estruturação tectônica divergente da porção ocidental do estado do Rio de Janeiro. Atas 4º Simp.Reg.Geol., SBG(núcleo de São Paulo), São Paulo.
- MAPA GEOLÓGICO DO BRASIL E DE ÁREA OCEÂNICA ADJACENTE, INCLUINDO

- DEPÓSITOS MINERAIS (1981) - Departamento Nacional da Produção Mineral. (SCHOBENHAUS Fº, C. et alii, coord.), texto expl. a sair, Brasília.
- MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (1977) - Convênio DRM/INPE. Texto expl., 41 p., Niterói-RJ.
- MASON, B.H. (1971) - Princípios de geoquímica. Trad. de Rui Ribeiro Franco. Polígono, EDUSP, 403 p., São Paulo.
- MIYASHIRO, A. (1975) - Metamorphism and metamorphic belts. Georg. Allen and Unwin, 2a. edição, 492 p., Londres.
- MOINE, B. & DE LA ROCHE, H. (1968) - Nouvelle approche du problème de l'origine des amphibolites à partir de leur composition chimique. Comp. Rendus Acad.Sci.Paris, 1, 267, Série D, Paris.
- MOORBATH, S. (1969) - Evidence for the age of deposition of the Torridonian sediments of north-west Scotland. Scot.Jour.Geol., 5: 154-170.
- MOUTINHO DA COSTA, L.A. & MARCHETTO, C.M.L. (1978) - Evolução textural dos granulitos de São Fidélis, RJ. An. XXX Cong.Bras.Geologia, 3: 1250-1264, Recife.
- NEWTON, R.C.; SMITH, J.V. & WINDLEY, B.F. (1980) - Carbonic metamorphism, granulite and crustal growth. Nat., 288: 45-49.
- OLIVEIRA, A.I. & LEONARDOS, O.H. (1943) - Geologia do Brasil. Série didática 2, 2a. ed., Min.Agric., Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, M.A.F.de (1973) - Petrologia das rochas metamórficas da região de São José do Rio Pardo, SP. Rev.Bras.Geoc., 3(4): 257-279.
- OLIVEIRA, M.A.F.de (1980) - Petrologia das rochas granulíticas da Faixa Paraíba do Sul, estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. Tese Liv.Doc., IGCE-UNESP, Rio Claro.
- OLIVEIRA, M.A.F.de (1981) - Granulitos da Faixa Paraíba do Sul: - caracteres químicos dos piroxênios e valores geotermométricos. Rev.Bras.Geoc., 11(4): 222-226.
- OLIVEIRA, M.A.F.de (1982) - Bulk geochemistry of the Paraíba do Sul Granulitic Belt. Rev.Bras.Geoc. 12(1-2-3): 369-374.
- OLIVEIRA, M.A.F.de (1983) - As rochas granulíticas da Faixa Paraí

- ba do Sul. Rev.Bras.Geoc., 13(2): 84-92.
- ROSIER, G.F. (1957) - A geologia da serra do Mar entre os picos - de Maria Comprida e do Desengano (estado do Rio de Janeiro) . Bol. DGM-DNPM, 166: 1-58, Rio de Janeiro.
- SADOWSKI, G.R. (1983) - Sobre a geologia estrutural de cinturões de cisalhamento continentais. Tese Liv.Doc., IG-USP, São Paulo.
- SHULDINER, V.I. (1982) - The oldest high grade terranes: possible relicts of primeval earth crust. Rev.Bras.Geoc., 12(1-2-3): 45-52.
- SIGA Jr., O.; TEIXEIRA, W.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. & DELHAL, J. (1982) - Padrão geológico-geocronológico das rochas de alto grau da parte setentrional da Faixa Ribeira, a norte do Rio de Janeiro, Brasil. Actas 59 Cong.Latinoam.Geol., 1: 349-370, Buenos Aires.
- SIGHINOLFI, G.P. (1971) - Investigations into deep crustal levels: fractionating effects and geochemical trends related to high grade metamorphism. Geoch.Cosm.Acta, 35: 1005-1022.
- SILVA, J.N. & FERRARI, P.G. (1976) - Projeto Espírito Santo. Relatório Final, convênio DNPM/CPRM, 408 p., Belo Horizonte.
- SILVA, W.G.da et alii (1978) - Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro - Folha Cambuci. Mapa geológico com nota exp no verso, convênio DRM/TRISERVICE, Niterói-RJ.
- SUBRAMANIAM, A.P. (1959) - Charnockites of the type area near Madras: a reinterpretation. Am.Jour.Sci., 257: 321-353.
- SUBRAMANIAM, A.P. (1967) - Charnockites and granulites of southern India - a review. Medd.fra Dansk Geol.Forem Kob., 17: 473-493.
- TARNEY, J. (1976) - Geochemistry of archaean high grade gneisses, with implications as to the origin and evolution of the precambrian crust. In: (WINDLEY, B.F., ed.) - The early history of the earth. Wiley, 405-417, Londres.
- TOURET, J. (1971) - Le facies granulite en Norwege Meridionale.I. Les associations mineralogiques. Lithos, 4: 239-249.
- TOURET, J. (1974) - Facies granulite et fluides carboniques. In : Geologie des domaines cristalins. Cent.Soc.Geol.Belg., 267-287,

Liège.

- WAHLSTROM, E.E. & KIM, O.J. (1959) - Precambrian rocks of the Hall Valey Area, Front Range, Colorado. Bull.Geol.Soc.Am., 70: 1217-1244.
- WELLS, P.R.A. (1977) - Pyroxene thermometry in simple and complex systems. Cont.Min.Petrol., 62: 129-140.
- WERNICK, E. (1967) - A geologia da região de Amparo, leste do estado de São Paulo. Tese dout., FFCL, Rio Claro.
- WERNICK, E. & ALMEIDA, F.F.M.de (1979) - The geotectonic environments of early precambrian granulites in Brazil. Prec.Res., 8: 1-17.
- WERNICK, E.; HASUI, Y. & BRITO NEVES, B.B.de (1978) - As regiões de dobramentos Sudeste e Nordeste. An. XXX Cong.Bras.Geol., 6: 2493-2507, Recife.
- WILSON, A.F. (1976) - Aluminium in coexisting pyroxenes as a sensitive indicator of changes in metamorphic grade within the mafic granulite terrane of the Fraser Range, Western Austrália . Cont.Min.Petrol., 56: 255-277.
- WINDLEY, B.F. (1977) - The evolving continents. John Wiley & Sons, 385 p., New York.
- WINKLER, H.G.F. (1977) - Petrogênese das rochas metamórficas. Tradução Carlos Burger Jr., Edgar Blücher Ltda., 254 p., São Paulo.
- WOOD, B.J. & BANNO, S. (1973) - Garnet-orthopyroxene and orthopyroxene-clinopyroxene relationships in simple and complex systems. Cont.Min.Petrol., 42: 109-124.

APÊNDICE I - RESULTADOS ANALÍTICOS Rb-Sr DE AMOSTRAS NÃO UTILIZADAS NAS ISÓCRONAS (rocha total)

(Método: Fluorescência de Raios X)

Nº Campo	Nº Laborat. (Separação)	Rocha	Unidade Estrat.	Semi-quantitativa			Quantitativa			SPR	Rb/Sr	Tubo	$\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}$		$\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}$	
				Rb ppm	Sr	Data	Rb ppm	Sr	Data				Y		X	
J-22B	15143	gnaisse	PEsf	133	186	Jul/83					0,715	Mo				
J-24A	15145	"	idem	108	211	"					0,513	Mo				
J-25A	15146	"	idem	137	144	"					0,954	Mo				
J-28B	15138	neossoma de migmatito	idem	127	337	"					0,376	Mo				
J-33	15147	gnaisse	PEag	107	230	"					0,465	Mo				
J-38A	15139	"	PEit	116	354	"	116,5	355,6	Jul/83	6793	0,328	Mo	0,71856±15		0,950	
J-38B	15139	"	idem	105	337	"	114,7	333,3	Abr/84	7110	0,344	Mo	0,70831±77		0,287	
J-38C	15139	"	idem	116	369	"	115,4	376,8	"	7111	0,306	Mo	0,72052±25		0,314	
J-60B	15150	"	PEtm	75	336	"					0,222	Mo				
J-86A	15148	"	idem	129	896	"					0,144	Mo				
J-113	15140	"	PEit	81	458	"	87,5	458,5	Jul/83	6794	0,191	Mo	0,71506±06		0,552	
J-113A	16171	"	idem	86	444	Abr/84	68,6	472,9	Abr/84	7120	0,145	W	0,71491±42		0,420	
J-113B	16171	"	idem	91	522	"	88,0	557,1	"	7121	0,158	W	0,71498±37		0,457	
J-113C	16171	"	idem	78	495	"	88,3	536,2	"	7122	0,164	W	0,71428±36		0,476	
J-113D	16171	"	idem	94	517	"	89,5	544,0	"	7123	0,165	W	0,71511±44		0,476	
J-113E	16171	"	idem	97	477	"	94,1	556,9	"	7124	0,169	W	0,71538±17		0,489	
J-118B	15141	"	PEag	93	221	Jul/83					0,419	Mo				

JOB JESUS BATISTA 1924

A horizontal number line with tick marks at 0, 1, 2, 3, 4, and 5 km.

EUGENIO- LIS	(TAPERU- BA)	BOM JE- SU DO (ITABAPUA)	M. MO- DO DO SUL
MIRACEMA	(SÃO JOÃO DO PARAÍSO)	ITALVÍ	MORRO DO COCO
SANTO ANTÔNIO DE PAZUA	CANBUÍ	SÃO FIDELIS	TRAVESSA
SANTA MARIA MADEIRA	RENASÇA- ÇA	SOREI DO MIRAGU	CAMPOS

QUATERNÁRIO

TERCIÁRIO

Tb - Aflorentamentos de sedimentos do Grupo Barreiras

ME.SOZÓICO

Kbm - Brechas magmáticas

Cretáceo Inferior

- Diques de diabásio

PROTEROZÓICO SUPERIOR A EO-PALEOZÓICO

PEcb -Unidade Cambuci- variedade litológica numa relação migmatítica complexa com neossoma pegmatóide e paleossoma variado: rochas charnockíticas (ls), kinziqóiticas, khondalitos, bi- ps - gnaisses, etc...

PCsf - Unidade São Fidélis - associação de gnaisses e migmatitos com estruturas predominantes estromática e fibítica, com melanossoma de bi-pg. gnaisses (PEtm) ou kinzigiticos (PEnt) e leucossoma pegmatóide e aplítico

PEjp Unidade São João do Paraíso - migmatitos com coloração cinza-azulada do paleossoma de (gd)-(hb)-bi-pg-mi gnaisses.

PCs.e Unidade Santo Eduardo- migmatitos principalmente com estruturas dobradas, estromáticas e flebíticas, representando um princípio de anatexis dos gnaisses tonalíticos da PEit.

Pleu. Unidade Ernesto Machado - migmatitos intensamente transpostos com paleosoma essencialmente kinzigítico e neossoma quartzo-feldspático. Afeta principalmente a PEde.

Pévoa Unidade Vista Alegre- associação complexa dos migmatitos, metamorfitos e migmatitos da suite chernockítica: domínios restritos de litologias não chernockíticas.

PEcm Unidade Conceição de Macabú - migmatitos com megaestrutura "schöffen". - Blocos de decamétricos de gnaisses e migmatitos anteriores, englobados pelos ortogneisses da Unidade Desengano (PEde).

Unidade Desengano - ortogonais kinzigíticos grosseiros ou médios, — macios ou foliados: (sill) - (co) - gr - bi - or - pa - mi - anaises.

PE41 Unidade Itálva - ortognaisses de granulação média a fina, homogêneos - composição tonalítica (hb)-bi-pg gnaisses.

PEsj Unidade São Joaquim - mármores, intercalações de anfibolitos, calcossilicatos e gnaisses.

Pent Unidade Natal- metassedimentos kinzigíticos com intercalações subordinadas de calcossilicatadas, sill - quartzitos etc.

PEtm Unidade Trajano de Moraes - predominam bi-pg gnaisses (tonalíticos) finos a médios, equigranulares; intercalações de anfíbolitos; quartzitos, etc.

Pemv Unidade Monte Verde - milonitos e cataclasitos enderbíticos.

PCJ Unidade São José de Uba- granulitos blastomiloníticos (granulitos -
ataskíticos)

PEag Unidade Angelim-ortognaisses porfiroblásticos orientados tonalíticos -

hb - (ml) - bi - pg gnaisses rejuvenescidos no Ciclo Brasileiro.

PE bi Unidade Bela Joana - predominam enderbitos grosseiros, maciços ou -

levemente orientados, rejuvenescidos no Ciclo Brasileiro.

CONVENÇÕES
LITOLÓGICAS CARTOGRÁFICAS

af -ANFIBOLITO
ch -CHARNOCKITOS

DB -DIABÁSIO
 gr -GRANITO
 JO -JOTUNITO

VILAS COM MENOS DE 5000 HAB.
 RIOS

p -LEPTINITO
 ma -MÁRMORE
 no -NORITO

pg -PEGMATITO
pr -PIROXENITO
sp -SERPENTINITO

qt - QUARTZITO

g m - AGUA MINERAL

- AMETISTA
- BRITA

- BERILO
- DIATOMITO
- FELDSPATO

a -MÁRMORE (CIMENTO, CAL, ETC.
b -MÁRMORE PARA BLOCOS

- MICA
- MANGANÊS
- PARALELEPÍPEDO

-QUARTZO (CRISTAL DE ROCHAS)

MAPA GEOLÓGICO II

JOB JESUS BATISTA

(Reinterpretado e modificado a partir dos levantamentos do convênio DRM-RJ/TRISERVICE do qual participaram também os seguintes geólogos: Benedito Souza Gomes, Carlos Rogério Damiano, Wagner Geraldo da Silva e Wilson Correa da Silva. Sob coordenação de Luiz Alfredo Moutinho da Costa e petrografia de Celina M.L. Marchetto).

ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS TOPOGRÁFICAS

SANTO ANTONIO DE PIEDRA	CAMBICU	ELIO PUELLO	TRINHEIRO
SANTA MARIA	PERUSSINGO	JOSE DE MAGALHAES	CAIPIRES
TRAIANO DE MORAIS	CONCEICAO DE MACABU	CARAPEBUS	MACAÉ
CONCEICAO DE MACABU	MACAÉ	SANTANA	GUARU

LOCALIZAÇÃO NO ESTADO

LEGENDA NO MAPA GEOLÓGICO I