

ANÁLISE DE MOVIMENTOS TECTÔNICOS UTILIZANDO PRODUTOS DE SENSORES
REMOTOS NA REGIÃO DO ESPINHAÇO MERIDIONAL (MG)

Paulo Veneziani
Juércio Tavares de Mattos
Tomoyuki Ohara
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

Hans D. Schorscher
Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo IG/USP
Cidade Universitária - Pinheiros - São Paulo-SP

RESUMO

A área estudada compreende parte do Espinhaço Meridional no Estado de Minas Gerais. Caracteriza-se geologicamente pela exposição de seqüências metassedimentares Proterozóicas, de uma típica associação "granite-greenstone belt" Arqueana, gnaisses, migmatitos, granulitos, metassedimentos e unidades máficas e félsicas atribuídas ao pré-cambriano indiferenciado. Sofreu uma evolução geológica complexa tipicamente policíclica e polimetamórfica. As deformações observadas nas unidades litológicas acima citadas, desenvolveram-se desde as épocas deposicionais (sinsedimentares) e durante as fases compressivas, ativas repetidamente ao longo da história geológica da região, resultando em orogêneses superimpostas. Feições de tectônica rúptil e rúptil-dúctil são parte dos diferentes eventos ocorridos e exibem registros estruturais e petrográficos. Tais feições foram analisadas com a utilização de produtos de sensores remotos (MSS, RBV e TM do LANDSAT, mosaicos de radar e mapas aeromagnéticos) e trabalhos de campo. Os principais resultados observados foram: 1 - identificação de 7 conjuntos de zonas de juntas controlados pelas direções NS, EW e NW-SE; 2 - tais direções (NS, EW e NW-SE) de fraturamento exerceram controles paleogeográficos, sedimentológicos e tectono/estruturais desde o Arqueano até o Proterozóico Superior e constituem antigas linhas de fraqueza da crosta terrestre; 3 - identificação de diferentes movimentos tectônicos (compressivos e tensionais) ao longo das 7 direções principais de fraturamento durante o transcorrer da história evolutiva da região; 4 - o conjunto de dados analisados permitiu inferir mecanismos compatíveis com movimentos intraplacas ensialícos durante a evolução Proterozóica da região.

ABSTRACT

The area under study, the Southern Espinhaço Region, Minas Gerais State, Brazil, comprises metasedimentary sequences of Proterozoic, a typical granite-greenstone belt of Archaean age, gneiss, migmatites, granulites and metasedimentary and mafic to felsic units attributed to individed Precambrian. The region suffered a complex geologic evolution, including polycyclic and polimetamorphic events. Deformations occurred during the deposition of sediments (syndimentary) and due to compressive forces acting repeatedly during the geologic history of the region, resulting in superimposed orogenesis. The rúptile, rúptile-ductile tectonics that were part of different events registered in the petrographic and structural record were analysed by LANDSAT (MSS, RBV and TM) and radar images, aeromagnetic data and field work. The main results of this research are: a) Identification of 7 sets of joint zones which are controlled along N-S, EW and NW-SE directions during the Archaean to Late Proterozoic events; b) Identification of sinistral transcurrent movements along N50-60W lineaments during the compressive phase of Late Proterozoic; c) Occurrence of different tectonic movements (compression and tension) along the main directions of fracturing; d) Finally the analysis of lithostratigraphic and fracturing data permits to envisage the geologic history of Proterozoic evolution of the region characterized by mechanism compatible to intraplate tectonic movements (ensialic environment).

1. INTRODUÇÃO

Apresenta-se de forma sintética os resultados de pesquisa realizada na parte Meridional da Cordilheira do Espinhaço, no Estado de Minas Gerais. A área situa-se entre as coordenadas geográficas 18°00' e 19°00'S e 42°00' e 44°30'W.

As características litológico-estruturais de tal área são bastante complexas pois nela ocorrem desde litotipos gerados em níveis crustais profundos até coberturas carbonática-pelíticas de níveis superiores. Rochas migmatito-granulíticas de alto grau metamórfico (porção E e, a S e SE da área), podem representar regiões de regeneração da crosta (níveis crustais profundos tectonicamente obduzidos - Schorscher et alii, 1982). Rochas granitoides e terrenos "granite-greenstones" diferenciados, total ou parcialmente retrabalhados nos ciclos Transamazônico e Brasileiro associam-se com as primeiras e, com estas, constituem representantes da crosta arqueana.

Conjuntos lito-estruturais de tipo vulcano-sedimentar, cujas origens supracrustal ou de crosta simática primitiva continuam em discussão (bem como suas relações com os terrenos "latu sensu" graníticos) também estão presentes. Os terrenos migmatíticos e de magmatitos adjacentes, podem relacionarem-se a uma possível sialização crustal.

Paragneisses foram reconhecidos ao longo da borda leste da Cordilheira em suas extremidades meridionais (Pflug, 1965; Schorscher et alii, 1982) com idades atribuídas ao Proterozóico Inferior (Ciclo Minas).

Sobre estes terrenos cristalinos alocam-se sequências metassedimentares mais novas. A provável idade de formação da bacia - deposição sedimentar é Proterozóica inferior (Supergrupo Minas - Espinhaço). Tais sedimentos foram posteriormente metamorfizados e deformados. Sobrepondo-se parcialmente a estes, unidades do Proterozóico Superior (Supergrupo São Francisco), constituem uma cobertura carbonática-pelítica que encerrou os ciclos magmáticos-sedimentares pré-cambrianos. Tais unidades, em conjunto, sofreram parcialmente os efeitos tectono-termais do ciclo Brasileiro.

A diversificação litoestrutural, geometricamente complexa devido a superposição de eventos tectono-magmáticos, configura e demarca na crosta a história policíclica da área em questão. O grau de metamorfismo/polimetamorfismo regional varia de arquimetamórfico a alto de W para E.

Procurou-se, com a utilização de produtos de sensores remotos (imagens fotográficas e cartas aeromagnéticas) estabelecer critérios de análise e interpretação das feições de tectônica rúptil, rúptil-dúctil e dúctil, registradas estrutural e petrograficamente, durante o decorrer da história evolutiva da região.

A partir dos dados obtidos foi estabelecida uma correlação com modelos de evolução tectônica/geotectônica. Tal correlação baseou-se es-

sencialmente nos dados estratigráficos obtidos e nos dados de movimentos identificados ao longo das principais direções de fraturamentos da área estudada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados como fontes de obtenção de dados os seguintes materiais:

- 1 - imagens em papel fotográfico, nas escalas 1:250.000 e 1:100.000, do MSS, RBV e TM/LANDSAT e mosaicos do radar do RADAMBRASIL (1:250.000) - Tabela 1;
- 2 - mapas aeromagnéticos do Convênio Geofísico Brasil - Alemanha, na escala de 1:100.000 (DNPM-PRAKLA, 1971-1972);
- 3 - as folhas topográficas SE-23-ZA-Curvelo e SE-23-ZB-Guanhães, na escala de 1:250.000 (respectivamente IBGE 1980 e 1983);
- 4 - mapas geológicos pré-existent (até 1986), executados com variadas finalidades, diferentes escalas e descontínuos.

A metodologia empregada constou das seguintes fases:

- 1 - Fotoanálise e fotorinterpretação - baseou-se nos critérios desenvolvidos por Riverau (1970), Soares e Fiori (1976), Veneziani e Anjos (1982) e Veneziani e Crepani (no prelo). Tais critérios estabeleceram uma codificação da relação função-objeto que permite analisar indiretamente as propriedades físico-químicas dos materiais rochosos superficiais. Ao mesmo tempo, através dos estudos da estrutura e das relações de ordem dos "objetos" imageados, possibilita a elaboração de mapas fotolitológicos com informações estratigráficas, estruturais e, a respeito da cronologia dos eventos tectônicos;
- 2 - Interpretação dos mapas aeromagnéticos - baseou-se essencialmente nos critérios de Telford et alii (1978) e Gay Jr. (1972). Procurou-se estabelecer as relações entre o comprimento de onda e a amplitude com as anomalias observadas, a fim de se obter características indiretas dos materiais rochosos. Ao mesmo tempo, além de delinear os lineamentos magnéticos, interpretar o movimento relativo ocorrido ao longo destes, quando possível;
- 3 - Análise de fraturamentos - foi desenvolvida através de métodos gráficos (feixes de fraturas) e estatísticos (diagramas de rosácea, "Schmidt" e de Aliyev, 1979). Plická (1974) denominou "zonas de juntas" aos sistemas em que estas exibem paralelismo, estabelecimento rigoroso (cm a m) e mergulhos entre 70° e 90°. Quando as zonas se estendem por grandes áreas e distâncias, alinham-se segundo um mesmo azimute e delinham estruturas profundas que afetam rochas da superfície, dão origem aos "conjuntos de zonas de juntas" (feixes de fraturamentos). Nas imagens fotográficas (MSS, RBV, TM/LANDSAT e mosaicos de radar) as zonas de juntas são indicadas pelas feições

lineares negativas *retilíneas*, pois estas representam a interseção das zonas verticais sub-verticais, com a superfície do terreno. As feições lineares foram contadas azimute por azimute, propiciando a elaboração de curvas de isodensidades. Ao mesmo tempo foram analisadas graficamente através do traçado de feixes de fraturamentos. A análise dos lineamentos foi feita de modo integrado (imagens - mapas aeromagnéticos). Procurou-se através da observação das feições de arrasto dúctil, de deslocamento de unidades geológicas, superposição de estratos, diferenciação das foliações cataclásticas e metamórficas e, arrasto de anomalias de máximos e mínimos, identificar os movimentos relativos;

2.4 - Trabalhos de campo - foram empregados os critérios usuais com especial atenção na obtenção de dados de atitudes de zonas de juntas, de feições cataclásticas e de deformações rúpteis, rúpteis-dúcteis-dúcteis indicativas de movimentos relativos, distensivos e compressivos.

3. RESULTADOS - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÕES

3.1 - ESTRATIGRAFIA

A Figura 1 é o mapa geológico, bastante simplificado, da área estudada. Mostra apenas as grandes unidades litoestruturais e foi confeccionado a partir dos dados de Veneziani (1987).

- Pré Cambriano Indiferenciado - engloba várias unidades geológicas, de composições e origens diferentes e, que são pouco conhecidas devido estarem apenas localmente mapeadas. Desde o início deste século (ex. Derby, 1906; Harder e Chamberlin, 1915) todas as rochas que ocorrem no anticlinal central da Serra do Espinhaço e a leste desta, foram consideradas como "embasamento cristalino" do Minas, Espinhaço, Macaúbas, Bambuí, etc. Conceitos controversos sobre o posicionamento estratigráfico destas rochas foram apresentados nos trabalhos de Barbosa (1954), Door (1969), Herz (1970), Pflug e Renger (1973), Schorscher (1975) e Schorscher (1978). Somente mais recentemente (Schorscher et alii, 1982; Inda et alii, 1984) é que se estabeleceu o quadro atual que reconhece a existência de rochas "latu sensu" graníticas embasamentais arqueanas (gnaisses, migmatitos e tonalitos e granodioritos intrusivos), paragnaisses arqueanos e proterozóicos equivalentes às sequências supracrustais respectivas e, granitóides proterozóicos intrusivos além de variedades arqueanas e proterozóicas pro-parte metassomatizadas e polimeta-mórficas (Schorscher e Leterrier, 1980; Bastos Neto, 1981; Uhlein e Dardenne, 1984). Seguindo estes conceitos mais atuais, as rochas reconhecidas arqueanas foram englobadas no Complexo Migmatito Granulítico de Minas Gerais (CMG) e as demais unidades descritas a seguir do "embasamento cristalino", na falta de elementos mais precisos sobre seu posicionamento estratigráfico, no Pré-Cambriano Indiferenciado (Veneziani, 1987). *Rochas granítico-gnaissíicas* (granitóides) do Complexo Granitóide de Minas

Gerais e Espírito Santo (Inda et alii, 1984) apresentam caráter polimetamórfico, foram originadas provavelmente em tempos arqueanos (retrabalhadas no Transamazônico e Brasileiro) e podem estar ligadas a evolução do "CMG"; *sequências de xistos verdes* correspondem a talcoxitos, cloritaxistos, "xistos magnesianos" (Renger, 1970), xistos máficos (Bastos Neto, 1981), sequência vulcano sedimentar de serro (Uklein e Dardenne, 1984) e "xistos da Serra Negra" (Gorlt, 1972). Tais sequências (vulcanoclásticas, vulcânicas e epiclásticas) do ponto de vista estratigráfico podem reunir rochas supracrustais arqueanas e/ou dos supergrupos Minas-Espinhaço, com grau metamórfico variando, de W para E, de xisto verde médio a anfibolito superior; *xistos e quartzitos*, intercalados, que ocorrem no extremo E da área, constituem uma sequência de metassedimentos epiclásticos finos (metapelitos com evidências de atividades biogênicas? - grafita), quartzitos micáceos e xistos verdes (provavelmente vulcânico - vulcanoclásticos e/ou metaultramáficos). Apresentam um grau médio de metamorfismo; *cianita xistos* com intercalações de "anfibolitos" localizados a E da Serra Negra (Fontes et alii, 1978 e Veneziani, 1987).

- Complexo Migmatito-Granulítico de Minas

Gerais - rochas "sensu latu" graníticas (gnaisses e migmatitos, tonalitos e granodioritos intrusivos) e paragnaisses cuja natureza remonta ao arqueano; pacotes de quartzitos, xistos, itabiritos, calciossilicáticos e eventuais outros metassedimentos que constituem corpos que não possuem conexão com os metassedimentos típicos do Minas (ex: associação, grupo, formação, Caraca, Itabira, Piracicaba - Cercadinho), ou do Espinhaço (ex: Formação Sopa-Brumadinho), ou ainda, com os da Serra Negra que podem ser em partes Espinhaço, em partes Minas (quando com itabiritos hematíticos) e finalmente, que não estão relacionadas com restos de cinturões de rochas verdes arqueanos, foram incluídas, do mesmo modo, que no trabalho de Inda et alii (1984), no Complexo Migmatito-Granulítico de Minas Gerais. Tais metassedimentos, inicialmente mencionados, podem ser reconhecidos pelo fato de serem mais maduros e resistentes a erosão e em parte indicam a existência de paragnaisses no "CMG" (ainda que sem definição estratigráfica), que portanto na sua porção centro leste deixa de ser apenas um embasamento arqueano. Representa uma unidade poli-genética e policíclica arqueana com coberturas de mesma idade e mais novas (supracrustais proterozóicas), todas poli-metamórficas de alto grau. Tal fato indica a possibilidade de existência de quantidades consideráveis de materiais paragenéticos a exemplo de paragnaisses, migmatitos de metagrauvacas, metarcóseos, em grandes partes indistintos dos gnaisses/migmatitos embasamentais, devido a falta de mapeamentos de detalhe. Um exemplo de tal fato pode ser indicado pelos contatos transicionais de rochas quartzosas (CMG qz na Figura 1) com biotita gnaisses bandados, descritos por Fontes et alii (1978) e verificados "in loco" pelo autor do presente trabalho, sugerindo tratar-se de relictos de sequência paragenética arenítica do tipo grauuvaca/arcósio-quartzito are-

nito, que ao sofrer processos metamórficos transformou-se em gnaisses/migmatitos e quartzitos.

Os supergrupos Rio Paraúna, Minas, Espinhaço e São Francisco, em comparação com as unidades já descritas, são melhor conhecidos do ponto de vista estratigráfico. Portanto se são apresentados com base nos trabalhos mais recentes.

- Supergrupo Rio Paraúna - apresenta-se subdividido, da base para o topo, em Grupo Pedro Pereira (unidades ultramáficas e vulcano-sedimentar) e, Grupo Costa Sena com sucessões predominantemente epiclásticas finas e grosseiras respectivamente denominadas de formações Barão de Guaicuí e Bandeirinha (Tabela 2). As relações estratigráficas-litoestruturais de tais unidades com os migmatitos/gnaisses cinzentos (crustais de alto grau de metamorfismo) caracterizam ambientes geológicos típicos de "greenstone belts" arqueanos (Fogaça et alii, 1984).

- Supergrupo Minas - a sequência metasedimentar que ocorre na banda E da Cordilheira do Espinhaço, associa termos petrográficos tais como itabiritos com níveis-lentes de hematita, quartzitos micáceos, filitos prateados e cinzentos que sugerem uma identidade com o Minas do Quadrilátero Ferrífero. Outros termos, quartzitos grosseiros e conglomerados polimictos com seixos de itabirito, como típicos de Fm. Sopa-Brumadinho (Supergrupo Espinhaço). Discussões essencialmente polêmicas (Renger, 1979; Schorsch et alii, 1982; Uhlein e Dardenne, 1984; Inda et alii 1984) prejudicaram análises objetivas a respeito da natureza estratigráfica ou tectônica desta sequência. Do mesmo modo os quartzitos da Serra Negra podem pertencer ao Minas ou ao Espinhaço. Quanto às faixas metassedimentares restritas, de alto grau metamórfico, da região de Guanhaes, quando associadas a formações ferríferas de fácies óxido a hematita e a minérios ricos de ferro, são consideradas do Minas na região (Schorsch et alii, 1982).

Supergrupo Espinhaço - a estratigrafia básica do Espinhaço foi elaborada por Pflug (1968). Conhecimentos adicionais foram publicados por Renger (1970, 1972), Pflug e Renger (1973), Scholl e Fogaça (1979) e outros. A coluna estratigráfica básica, simplificada, é mostrada na Tabela 3. O grau metamórfico é baixo (subfacies muscovita-clorita). Possivelmente o Supergrupo Espinhaço é mais antigo que 1700m.a. (Inda et alii, 1984; Veneziani, 1987), portanto do Proterozóico Inferior a (?) Médio. Seu posicionamento em relação ao Minas é controverso. Door (1969) e Ladeira (1980) consideraram-no sotoposto ao Minas. Almeida (1977), Brito Neves et alii (1979) mais novo (sobreposto ao Minas). Pflug (1965), Schorsch (1979), Schorsch et alii (1982), Veneziani (1987) analisando aspectos estratigráficos, cronológicos e evolutivos, apoiam a hipótese de contemporaneidade.

Supergrupo São Francisco - Pflug e Renger (1973) reuniram todos os sedimentos posteriores aos eventos Minas e Espinhaço da região do Espinhaço Meridional, sob tal denominação (no caso específico a "fácies molassa" - Macaúbas e a "epicontinental" - Bambuí).

Grupo Macaúbas - as colunas estratigráficas básicas e mais completas para a região foram apresentadas por Hettich (1976), Karfunkel e Karfunkel (1977) e Karfunkel (1985). Na Tabela 4 apresenta-se a estratigrafia de Karfunkel e Karfunkel (1977), adotada por Veneziani (1987). Com relação a idade Scholl (1976) considera entre 950-1350m.a. (conophyton) e Almeida e Litwinski (1984) no intervalo entre 950 e 660m.a.

Grupo Bambuí - apesar da sequência de rochas carbonatadas que se estende por vasta área da bacia do Rio São Francisco ser conhecida desde o século passado, somente em 1961 foi definida a litoestratigrafia por Branco e Costa. A Tabela 5 é a coluna adotada por Veneziani (1987) baseado em Inda et alii (1984). Teixeira (1985), com base em datações em parte radiométricas em parte paleontológicas, considerou para o início de desenvolvimento da bacia sedimentar em determinados setores, uma idade de cerca de 1.000m.a.

Rochas Igneas Básicas e Ultramáficas - rochas básicas e ultramáficas pertencentes a grupos genéticos e posições tectônicas diferentes ocorrem na área estudada. São todas metamórficas, pertencentes a unidades pré-cambrianas distintas. Com base nos trabalhos de Renger (1970, 1972), Herz (1970), Schorsch (1975), Schorsch et alii (1982), Couto et alii (1981), Veneziani (1987) entre outros, podem ser agrupadas de maneira geral, como se segue: *metaultramáficas arqueanas* formando um grupo de rochas mais antigo, polimetamórfico, originalmente de alto grau, retrometamorfisado em fácies xisto verde, que dá origem a níveis ou corpos nos gnaisses do "CMG"; *metaultramáficas arqueanas mais novas* que são os komatiitos dos "greenstone belts"; *metabásicas proterozóicas*, do "tipo alpino", alçadas tectonicamente na borda leste do Espinhaço que podem ter se formado por fusão parcial (no manto superior) com idades arqueanas, ou proterozóicas, ou ambas e têm composição residual com cromititos maciços "podiformes"; *metabásicas arqueanas* que ocorrem em dois grupos distintos, como anfíbolitos polimetamórficos nas rochas do "CMG" e como metavulcânicas associadas às sequências vulcano-sedimentares (ex.: supergrupo Rio Paraúna); outro grupo distinto de rochas metabásicas (diabásios, gabros, metadiabásios, metagabros e anfíbolitos) com natureza metamórfica e texturas ígneas relictos são os "anfíbolitos diabásoides" que intrudem o complexo embasamental, os supergrupos Paraúna e Espinhaço mas não foram encontradas nos supergrupos Minas e São Francisco; ocorrem ainda *xistos verdes de metavulcânicas básicas* na "sequência de xistos verdes" basal do Espinhaço, em vários níveis do Minas, incluídos na sequência de Xistos Verdes deste trabalho; finalmente dois grupos de *rochas básicas*

ticas com composições e idades diferentes cor tam todas rochas pré-cambrianas, sendo aparen temente inexistentes no Bambuí (as mais anti gas são posteriores a orogenia Minas-Espinhaço, afetadas pelo metamorfismo termal brasileiro; as mais novas correspondem ao magmatismo meso zóico).

3.2 - CONCEITOS EVOLUTIVOS

A análise do quadro estratigráfico, bem como dos eventos magmáticos, mostra a diversi ficação litoestrutural da área estudada. Deixa evidente a história policíclica e polimetamor fica devido à superposição dos eventos tectono -magnéticos.

Como representantes dos tempos arqueanos encontram-se além das rochas "latu sensu" gra níticas, metassedimentos de alto grau metamór fico e restos de cinturões de rochas verdes (greenstone-belts). No "CMG" os gnaisses-migma titos e os tonalitos e granodioritos intrusi vos representam as infracrustais (formadas em níveis inferiores da crosta) e os metassedimen tos do alto grau, as supracrustais correspon dentes. Juntamente com os restos dos "greensto ne belts", constituem as rochas embasamentais dos metassedimentos Proterozóicos dos supergrupos Minas-Espinhaço. Finalmente como representan tes dos níveis mais superiores da crosta, e en cerrando os ciclos tectono-magnéticos proteroz óicos ocorrem as rochas do Supergrupo São Francisco.

Guardadas as devidas restrições é possí vel estabelecer uma analogia da área estudada com o modelo de níveis estruturais de Mattauer (1973). De E para W é possível correlacionar as unidades litoestruturais com os níveis es truturais inferior, médio e superior, sequen cialmente (Figuras 1 e 2). Os estilos de defor mações também se tornam menos complexos no mes mo sentido, isto é a E da Cordilheira predomi nam as deformações dúcteis e rúpteis-dúcteis e já nos domínios do Bambuí as deformações rúp teis. Portanto a evolução tectônica/geotectôni ca da região é bastante complexa.

Os primeiros conceitos sobre tal evolução foram esboçados por Harder e Chamberlim (1915) e até hoje mantêm aspectos atualísticos, compa tíveis com os modernamente explicáveis por tec tônica de placas. Seguem-se os baseados nos mo delos geossinclinais (Ex.: Pflug e Renger, 1973). Atualmente aceita-se para os tempos pro terozóicos inferiores (deposição dos sedimen tos Minas-Espinhaço) uma correlação com um rift intracontinental e seu desenvolvimento pa ra uma margem continental ativa de tipo alpino em ambiente ensialico e, para os estágios oro gênéticos, fenômenos associados a processos de obducção crustal (Schorscher, 1975; Schorscher et alii, 1982; Veneziani, 1987).

Várias fases-estágios compressivos e dis tensivos sucederam-se durante o desenrolar da história evolutiva da região, dos tempos ar queanos aos sub-recentes. As direções estrutu rais NS, NW-SE e EW, destacadas por Almeida Abreu e Schorscher (1984) e Veneziani (1987) como as mais antigas (arqueanas) e responsá

veis pelos controles paleogeográficos, sedimen tológicos e evolutivo-estruturais da bacia do Espinhaço na região, obviamente sofreram movi mentos tectônicos diferenciados durante as fa ses-estágios acima mencionados. Estes movimen tos foram analisados com a utilização dos da dos obtidos através da interpretação dos produ tos de sensores remotos e trabalhos de campo.

3.3 - FRATURAMENTOS

Foram identificados 7 direções principais de conjuntos de zonas de juntas (feixes de fra turamentos): N15 a 30E, N20 a 30W, N50 a 60W, N80W, N75E a EW, N50 a 60E e N10 a 15W. Secun dariamente foram encontrados alguns feixes orientados segundo N45E. Este conjunto de fei xes, resultante da propagação vertical de movi mentos tectônicos relativos a estruturas pró fundas, (Hodgson, 1965; Badgley, 1965; Plicka, 1974), reflete as principais direções de falha mentos que seccionam a área estudada. As zona s de juntas portanto, são feições rúpteis que independem geneticamente de esforços locais (como as juntas relativas aos dobramentos, p. ex.), associam-se intimamente a linhas antigas de fraqueza crustal e, no caso específico, re resultaram da reativação-distensão generaliza da que se iniciou no final do Pré-Cambriano e se estendeu até tempos sub-recentes.

Nos casos em que as zonas de juntas não originam feixes, isto é, distribuem-se de ma neira discreta, considera-se anomalias de fra turamento em relação às tendências regionais (Figura 3).

A análise feixes-anomalias mostrou um con trole geológico (estrutural/estratigráfico) das unidades presentes na área, segundo as di reções arqueanas (NS, EW e NW-SE).

A aplicação do método de Aliyev (1979), para as zonas de juntas delineadas sobre as imagens fotográficas, confirmou o resultado so bre o controle. O traçado dos eixos de distri buição das zonas mostrou nitidamente que as di reções NS, EW e NW-SE (no caso específico N20-30W, N60-75E e N50-60W respectivamente) consis tem em linhas de fraqueza crustal antigas, as quais propiciam a concentração e desenvolvimen to das zonas de juntas associadas geneticamen te aos esforços compressivos e distensivos, atuantes durante a evolução geológica - tectôni ca da área estudada. A Figura 4 é um exemplo para zonas de juntas com direção N50-60E.

Os resultados da análise dos lineamentos (falhamentos) realizada com os produtos de sen sores remotos (imagens e mapas aeromagnéticos) mostraram que a configuração geométrica é com patível com o modelo de Riedel (1929) adaptado por Sadowski (1983). Evidências perceptíveis nestes produtos e de campo indicam que para um determinado estágio, coincidente com a últi ma fase compressiva tangencial que afetou a área, as direções principais dos falhamentos comportaram-se da seguinte maneira: N50 a 60W - transcorrências sinistras, coincidentes com a direção principal de cisalhamento; N20 a 30E e N40 a 45E - transcorrências destrais; N80W a EW - transcorrências sinistras; N30 a 45W -

transcorrências sinistrais; N60 a 75E - falhas normais; N10 a 15E - possivelmente transcorrências destrais; N20 a 30W e NS - falhas inversas - empurrões (Figura 5).

3.4 - MOVIMENTOS TECTÔNICOS

Para analisar os movimentos tectônicos as seguintes premissas foram consideradas: a) cada tipo de movimento pertence a um ambiente tectônico distinto; b) é gerado por um regime determinado de esforços; c) atinge seu desenvolvimento máximo em um estágio definido durante o transcorrer de um ciclo tectônico; d) é necessário que a relação função objeto fique bem definida através da interpretação dos dados de sensores remotos.

Para os tempos proterozóicos inferiores (sedimentação e vulcanismo relativos ao Supergrupo Espinhaço) o ambiente tectônico era do tipo "rift" intracontinental e respectiva evolução para margem continental ativa, do tipo alpino em meio ensialico. Nesta fase ficam caracterizadas "a", "b" e "c" com predominância de esforços distensivos ao longo (paralelos) da direção NS (N20-30W). Durante o período de ocorrência dos fenômenos tectogenéticos (tempos proterozóicos ainda não definidos) "a", "b" e "c" ficam caracterizados através da predominância de esforços compressivos perpendiculares à direção N-S (empurrões e nappes - particularmente no Supergrupo Minas do Quadrilátero Ferrífero - paralelos a esta direção).

A análise dos produtos de sensores remotos, mostrou através do estudo das relações de ordem entre as zonas fotolitológicas (Rivereau, 1970; Veneziani e Crepani, no prelo) a cronologia dos eventos. Foi possível reconhecer através do posicionamento de unidades litoestratigráficas com idades diferentes (ao longo das descontinuidades), os movimentos de origem compressiva devido aos esforços tangenciais perpendiculares à direção NS(d).

Foi elaborada, a partir dos dados acima mencionados aos quais adicionaram-se os dados estratigráficos-estruturais e as evidências de campo, uma tentativa de reconstituição dos movimentos tectônicos ao longo da história geológica da área estudada. Atingiu-se os seguintes resultados (resumidamente):

a) final dos tempos proterozóicos a sub-recentes - predominância de movimentos distensivos atestados pela distribuição generalizada dos conjuntos de zonas de juntas e pelo magmatismo Mesozóico;

b) idade proterozóica ainda não definida - predominância de movimentos compressivos durante a fase de metamorfismo regional e deformação das unidades Minas-Espinhaço. As três direções estruturais arqueanas (N20-30W; N50 a 60W e N60-75E, NS; NW-SE e EW respectivamente), associadas as demais direções já mencionadas apresentaram durante este período movimentos compatíveis com o modelo de Sadowski, 1983 (Figura 5);

c) proterozóico inferior - predominância de mo-

vimentos distensivos, responsáveis por intenso "block faulting" e geração de sistema "rift" ao longo da direção N-S (N20-30W). As direções NW-SE (N50-60W) e EW(N60-75E) também apresentavam componentes verticais de movimentos, atestados pelos controles paleogeográficos, sedimentológicos da bacia Espinhaço e pelo vulcanismo associado (Almeida Abreu e Schorscher, 1984; Veneziani, 1987);

d) tempos arqueanos - na seção em que se abordou a estratigrafia ficou evidente a complexidade do "embasamento arqueano". Portanto a tentativa de reconstituição dos movimentos para este período é bastante difícil, devido a falta de dados e, adquire com caráter especulativo. Teoricamente na época em que as condições para abertura do "rift" NS tornaram-se favoráveis, a direção do esforço máximo deveria alinhar-se paralelamente ao eixo maior do "rift". A abertura deste sistema significa um alívio - distensão e representa o início do processo de separação de placas. Porém ao considerar o tempo anterior à ocorrência deste fenômeno, efeitos compressivos perpendiculares à direção de máximo esforço estariam atuando sobre a direção EW (N60-75E). Tal fato é mostrado pela foliação metamórfica dos gnaisses, migmatitos e metassedimentos de alto grau do "CMG", localizados a E da Cordilheira do Espinhaço, que se orienta segundo EW com vergência para S. Portanto ao longo da direção arqueana N50-60W, ocorreriam movimentos transcorrentes destrais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reading (1980) associou a zonas de cisalhamento por falhamentos transcorrentes, regimes transtensivos e transpressivos. Os primeiros relacionam-se aos ciclos de adelgaçamento da crosta, formação de sistemas "rifts", vulcanismo e sedimentação e os segundos são responsáveis pelos processos deformacionais. Ambos envolvem movimentos diferenciados destrais - sinistrais ou vice-versa e ocorrem nas zonas terminais dos falhamentos principais.

Haralyi et alii (1984), Veneziani (1987) constataram, através da interpretação de dados de sensores remotos, que os lineamentos com direção N50-60W aparentemente terminam na proximidades do paralelo 19°00'S (Figura 6).

Almeida Abreu et alii (1986) definiram uma zona de cisalhamento dúctil de baixo ângulo, acompanhando aproximadamente a borda E do Espinhaço (região de Alvorada de Minas - Itapanhoacanga - Jacém - São Sebastião do Bom Sucesso), posteriormente observada por Veneziani (1987). Os registros cataclásticos - estruturais, que ocorrem nas unidades geológicas da região, evidenciam a propagação de cisalhamento dúctil (Ramsay, 1980) para níveis crustais superiores associada a grandes falhamentos inversos-empurrões.

Schorscher (1975) e Schorscher et alii (1982) interpretaram estruturas (cavalgamentos profundos) existentes a Sul da área estudada, como responsáveis pelo caráter plurifacial do

metamorfismo regional Minas-Espinhaço e, por um rápido aumento do grau metamórfico (xisto verde alto para hidrogranulito) a E da falha principal do Borrachudos. A zona de cisalhamento dúctil caracterizada por Almeida Abreu et alii (1986), representa a continuidade da estrutura acima mencionada. Schorscher et alii (1982) concluíram pela existência de um espessamento crustal significativo na região e pela provável existência de uma zona de obdução em torno da direção NS.

A associação dos modelos acima discutidos com os dados de Veneziani (1987) permite, guardadas as devidas restrições, elaborar as seguintes conclusões:

a - as direções de fraturamentos N20-30W (NS), N50-60W (NW-SE) e N60-75E (EW), são devidas a estruturas de idade arqueana e exerceram controles paleogeográficos, sedimentológicos e tectono/estruturais ao longo de toda história evolutiva da região. Consistem em linhas de fraqueza da crosta;

b - as demais direções de fraturamentos têm sua distribuição controlada pelos três sistemas arqueanos e como eles, apresentam caráter policíclico;

c - possivelmente, para tempos proterozóicos inferiores a geração da bacia Espinhaço se deu sob regimes transtensionais (Figura 6). A tectogênese, sob regime transpressivo de idade Proterozóica não definida;

d - a obdução - contração crustal pode, geneticamente, ser responsável pelos movimentos transcorrentes sinistrais ao longo da direção de falhamentos N50-60W, durante o regime transpressivo;

e - a integração destes resultados levam a reconstrução da evolução geotectônica do Supergrupo Espinhaço como decorrente de movimentos restritos de tectônica de placas em ambiente ensialico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIYEV, A. Regional Fracturing of the Pamirs and its metallogenic significance. *Doklady Akad. Nauk. USSR*, Vol 250: 90-93, 1979.
- ALMEIDA ABREU, P.A.; SCHORSCHER, H.D. Archaean basement configuration and influences of the evolution of the lower proterozoic Espinhaço Supergroup in Minas Gerais, Brazil. *27th IGC (Precambrian Geology)*. Resumos. Moscow USSR C:05, 2, 1984.
- ALMEIDA ABREU et alii. Elementos da Zona de Cisalhamento Dúctil da Borda Oriental da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. *Anais do 34º Congresso. Bras. de Geol.* Goiânia, 1986.
- ALMEIDA, F.F.M. de. O Craton do São Francisco. *Rev. Bras. de Geoc.* São Paulo, 7(4), 349-64, 1977.
- ALMEIDA, F.F.M.; LITWINSKI, N. Província Mantiqueira (Setor Setentrional). *O Pré-Cambriano do Brasil* (F.F.M. de ALMEIDA e Y. HASUI, coord.). Edgar Blücher Ltda., p. 282-307, 1984.
- BADGLEY, P.C. Structural and tectonic principles. Harper & Row Publishers, New York, 511 p., 1965.
- BARBOSA, O. Evolution du Géosynclinal Espinhaço. *Congr. Geol. Int. Sect. XIII, Fac 14*, 1736, Argel, 1954.
- BASTOS NETO, A.C. Projeto mapeamento geológico do Espinhaço Meridional. *Relatório de Quadrículas: Dom Joaquim. Convênio DNP/M/FUNDEP*. Diamantina, MG, 31 p., 1981.
- BRANCO, J.J.R.; COSTA, M.T. Introdução. In: BRANCO, J.J.R. ed. Roteiro para a excursão Belo Horizonte-Brasília. Contribuição a XIV *Congres. Bras. de Geol.* Pesq. Radioat., UFMG (publicação 15), 1961.
- BRITO NEVES, B.B. de et alii. A evolução geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: dados novos e interpretação. *Rev. Bras. de Geoc.* Nucl. S. Paulo, SBG, SP, (9), 71-85, 1979.
- DERBY, O.A. The Serra do Espinhaço, Brazil. *Jour. of Geol., Chicago*, 14(3), 394-401, 1906.
- DNP/M/PRAKLA - CONVÊNIO GEOFÍSICO BRASIL ALEMANHA Mapas de isoanomalias de intensidade de magnética total (1:100.000). MME/DNPM, Belo Horizonte, 1971, 1972.
- DORR, J. VAN, N. II Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Geol. Surv. Prof. Pa.* 641-A, 107 p. Washington DC, 1969.
- FOGAÇA, A.C.C.; SCHOLL, V.W. Estratigrafia e tectônica das zonas arqueanas e proterozóicas da Região de Guinda e Gouveia (MG). *Anais do XXXIII Congr. Bras. de Geol.*, V.VI, p. 2638-2653, Rio de Janeiro, 1984.
- FOGAÇA, A.C.C. et alii. Estratigrafia da sequência supracrustal arqueana na Porção Meridiana Central da Serra do Espinhaço, MG. *Anais do XXXIII Congr. Bras. de Geol.*, V. VI, 1984.
- FONTES, C.Q. et alii. Projeto Jequitinhonha: Relatório final. Belo Horizonte, DNP/M/CPRM, 12 V. 1978.
- GAY, JR., S.P. The new basement tectonics: Aeromagnetic lineaments, their geological significance and their significance to geology. *American Stereo Map. Co.* Utah, 68 p., 1972.
- GORLT, G. Fazieswechsel und Metamorphose in der Westlichen Serra Negra: Espinhaço Zone, Minas Gerais, Brasilien. *Geol. Rundsch.* 61, 166-201, 1972.
- HARALYI, N.L.E. et alii. Ensaio sobre a estruturação crustal do Estado de Minas Gerais com base na informação geofísica e geológica. *Vol. Djalma Guimarães, Bol. Esp.*, SBG, Núcleo de Minas Gerais, 1984.
- HARDER, E.C.; CHAMBERLIN, R.T. The geology of Central Minas Gerais, Brazil. *S.Geol.* 13, 341-378 e 384-424. Chicago, 1975.

- HETTICH, M. A glaciação proterozóica no Norte de Minas Gerais. *Anais do XXIX Congres. Bras. de Geol.*, Ouro Preto. *Anais Belo Horizonte*, V.1, 23-30, 1976.
- HERZ, N. Gneissic and igneous rocks of the Quadrilátero Ferrífero, MG, Brazil. *Prof. Pap. V.S. Geol. Survey*, Washington, M. 641B, 58 p., 1970.
- HODGSON, R.A. Genetic and geometric relations between structures in basement and overlying sedimentary rocks. *Am. Assoc. Petr. Geol. Bull.*, V.45, 935-949, 1965.
- IBGE. Folha Curvelho SE-23-ZA. Escala de 1:250.000. *Fund. Inst. Bras. Geogr. Estatist.* Rio de Janeiro, 1980.
- IBGE. Folha Guanhães SE-23-ZB. Escala de 1:250.000. *Fund. Inst. Bras. Geogr. Estatist.* Rio de Janeiro, 1983.
- INDA, H.A.V. et alii. O Cráton do São Francisco e a faixa de dobramentos Araçuaí. In: Schobbenhaus C. et alii, Coordenadores: *Geologia do Brasil e da área Oceânica Adjacente, incluindo Depósitos Mineraiis*, DNPm, Brasília, 501 p., 1984.
- KARFUNKEL, B.; KARFUNKEL, J. Fazielle Entwicklung der Mittleren Espinhaço-Zone mit besonderer Berücksichtigung des Tillitproblems. Minas Gerais. *Geol. Jahrb. Beih. Hannover*, (24), p. 3-91, 1977.
- KARFUNKEL, J. et alii. O Grupo Macaúbas em Minas Gerais, revisão dos conhecimentos. *Anais do 3º Simpósio de Geologia de Minas Gerais*. SBG, Bol.5, 45-59, 1985.
- LADEIRA, E.A. Gênese do ouro na Mina de Morro Velho e no Distrito de Nova Lima, MG., Brasil. *XXXI Congr. Bras. de Geol.*, Bol. 2, p.371, Cambariú, SC, 1980.
- MATTAUER, M. Les deformations des materiaux de l'écorce terrestre. Paris, Ed. Hermann, 493 p., 1973.
- COUTO, P.J.G. et alii. Considerações sobre a idade do Crupo Bambuí com base em análise isotópicas de Sr. e Pb. *Rev. Bras. Geoc.*, 11(1) -18, 1981.
- PELUG, R. A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais. DNPm, *Div. Geol. Min.*, Bol. 226, 55 p., Rio de Janeiro, 1965.
- PFLUG, R. Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, Minas Gerais. DNPm, *Div. Geol. Min. Not. Prel. e Estud.*, 142, 20 p., Rio de Janeiro, 1968.
- PFLUG, R.; RINGER, F. Estratigrafia e evolução geológica da margem SE do Craton Sanfranciscano. *Anais do XXVII Congr. Bras. de Geol.*, V.2. 5-19, Aracaju, 1983.
- PLICKA, M. Observations on joint zones in Moravia Czechoslovakia. *Proceedings of the First International Conference on the New Basement Tectonics*. Utah, publi. 5, 279-289, 1974.
- RAMSAY, J.C. Shear Zone Geometry: a review. *Journ. of Struct. Geol.*, V.2, nº 12, p. 83-99, 1980.
- READING, H.G. Characteristic and recognitions of strike-slip fault systems. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment*, 4, 7-26, 1980.
- RENGER, F. As Rochas Ultrabásicas da Serra do Espinhaço, MG, SBG, *Rev. Bras. de Geoc.* Vol. 2 nº 3, p. 151, 160, 1970.
- RENGER, F. As rochas ultramáficas da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. *Rev. Bras. Geoc.*, V. 2, 151-160, 1972.
- RENGER, F. Evolução dos conceitos geológicos da Serra do Espinhaço. *Simp. Geol. de Minas Gerais - Geologia do Espinhaço*, 1. *Diamantina*. B.H., SBG, Núcleo de Minas Gerais, 9-27, 1979.
- RIEDEL, W. Zur Mechnik Geologischer Brucherscheinungen. *Centralbl. f. Mineral. Geol. und Pal.*, v. 1929 B, 354-422, 1929.
- RIVERAU, J.G. Notas de aula do curso de fotointerpretação. *Publ. Dep. Geoc. Univ. Brasília*; Série Didática nº 4, Brasília, DF, 1970.
- SADOWSKI, G.R. Sobre a Geologia de Cinturões de Cisalhamento Continentais. IG/USP, São Paulo (Tese de Livre Docência), 1983.
- SCHORSCHER, H.D. Entwicklung des Polimetamorphen Präkambrischen Raumes, Itabira, Minas Gerais, Brasilien. 302p., Heidelberg (Tese de Doutorado), 1975.
- SCHORSCHER, H.D. Evolução Geotectônica da parte Meridional do Geossinclinal Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *XXX Congres. Bras. de Geol.*, Bol. 1, Resumos; p. 48. Recife, 1978.
- SCHORSCHER, H.D. Evolução Arqueana e Proterozóica do Quadrilátero Ferrífero e partes Meridionais da Serra do Espinhaço. *1º Simpósio sobre a Geol. do Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais*. Resumos, Salvador, 1979.
- SCHORSCHER, H.D.; LETERRIER, J. Metassomatic formation of granitic rocks; petrology and chemistry. *Congress Geologic International*, 26, Resumés. Paris, V.1 p. 87, 1980.
- SCHORSCHER, H.D. et alii. Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais State: Rio das Velhas Greenstone Belt and Proterozoic Rocks. *Intern. Symp. Archaean and Early Proterozoic Crustal Evol. and Metall.* ISAP. Excursion Guyde (annex) - Field Trip, N. 3, 44 p. CPM-SME, Salvador, 1982.
- SOARES, P.C.; FIORI, A.P. Lógica e Sistemática na Análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. *Not. Geomorf.*, Campinas, 16(32), 71-104, 1976.
- TEIXEIRA, W. A Evolução Geotectônica da Porção Meridional do Cráton do São Francisco, com base em Interpretações Geocronológicas. IG/USP (Tese de Doutorado), 1985.

- TELFORD, W.M. et alii Applied Geophysics.
Cambridge University Press. London, 860 p.
1978.
- UHLEIN, A.; DARDENNE, M.A. Estratigrafia e
Tectônica da Região de Serro (MG), borda
leste da Serra do Espinhaço Meridional.
XXXIII Congres. Bras. de Geol., V.4, p.
2289 a 2301, Rio de Janeiro, 1984.
- VENEZIANI, P. Análise de movimentos da
tectônica rúptil e rúptil-dúctil através
da interpretação de produtos de sensores
remotos na região do Espinhaço Meridional
(MG): uma correlação com processos
evolutivos. Tese de Doutorado. IG/USP,
SP, 186 p., 1987.
- VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. dos. Metodologia
de Interpretação de Dados de Sensoriamento
Remoto e Aplicações em Geologia. *INPE-2227-
MD/014*, São José dos Campos, SP, 54 p.,
1982.
- VENEZIANI, P.; CREPANI, E. Sensoriamento Remoto
na Geologia, INPE, São José dos Campos, SP.
(no prelo).

TABELA 1

PRODUTOS UTILIZADOS

SENSORES	IMAGENS FOTOGRÁFICAS
MSS	CANAL 5 - $R\lambda = 0,6 - 0,7 \mu m$
Re = 79m	CANAL 7 - $R\lambda = 0,8 - 1,1 \mu m$
RBV	0,505 a 0,750 μm
Re = 40m	
TM	CANAL 4 - $R\lambda = 0,76-0,90 \mu m$
	CANAL 5 - $R\lambda = 1,55-1,75 \mu m$
	CANAL 7 - $R\lambda = 2,08-2,35 \mu m$
Re = 30m	
RADAR	SLAR DO RADAMBRASIL-MOSAICOS
Re = 25m	$R\lambda = 3,2cm$

Re = Resolução espacial

 $R\lambda$ = Resolução espectral

TABELA 2

COLUNA ESTRATIGRÁFICA SIMPLIFICADA DO SUPERGRUPO RIO PARAUAHA
(Fogaça et alii, 1984)

SUPERGRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	LITOLOGIAS
Espinhaço	—	S. João da Chapada	—
Rio Parauha	Costa Sena	Bandeirinha	Quartzitos micáceos às vezes com estrat. cruzada; filitos com cianita; conglomerados polimictos; quartzitos laminados grosseiros; quartzitos micáceos com cianita e turmalina;
		Barão do Guaiçuí	Quartzo-mica-xistos, quartzo-muscovita - (sericita) - xistos, quartzo xistos, cianita-muscovita-xistos (e todos os termos transicionais entre estas litologias);
	Pedro Pereira	Unidade Vulcano Sedimentar	Clorita-biotita-epidoto-xistos, com quartzo em leitos paralelos a xistossidade.

SEQUÊNCIA INFRAESTRUTURAL DE GOUVEIA

TABELA 3

COLUNA ESTRATIGRÁFICA ADOTADA PARA O SUPERGRUPO ESPINHAÇO

FORMAÇÃO	LITOLOGIAS	OBSERVAÇÕES
Rio Parauha Grande	Filitos, metassilitos e metargilitos com lentes de dolomitos e quartzitos	-
Córrego Pereira	Quartzitos micáceos ou puros, quartzitos feldspáticos com estratificações cruzadas, laminações convolutas e diques de arenito	-
Córrego da Bandeira	Filitos e quartzitos e porções essencialmente quartzíticas	-
Córrego dos Borges	Quartzitos micáceos às vezes puros, finamente laminados, com estratificações cruzadas; brechas intraformacionais	-
Santa Rita	Filitos, metassilitos, quartzitos sericíticos e filitos quartzosos	-
Galho do Miguel	Quartzitos com mega estratificações cruzadas localmente com laminações de xistos argilosos paralelas ao acamamento	-
Sopa-Brumadinho	Filitos e metaarenas (F); quartzitos, filitos hematíticos, filitos e conglomerados local/diamantíferos, oligomictos e polimictos (E); filitos e quartzitos micáceos ou não (D)	Os níveis D,E e F não foram separados
São João da Chapada	Quartzitos micáceos ou não, localmente com seixos (C); filitos hematíticos (B); metaconglomerados, brechas e quartzitos (A)	Os níveis A,B e C não foram separados
Sequência de xistos verdes	Clorita-actinolita-albita-quartzo xistos, quartzo clorita xistos, quartzo-clorita-sericita xistos, sericita-quartzo xistos, filitos, possivelmente derivados de rochas vulcânicas; xistos e filitos metacristalinos grafitosos, xistos com cloritose	Esta unidade é considerada uma sequência basal do Espinhaço

TABELA 4

COLUNAS ESTRATIGRÁFICAS DO MACAÚBAS

Heintzen, 1976 (Espinhaço Central)	Karfunkel & Karfunkel (1977) (Espinhaço Central)
Unidade F: quartzitos finos a médios (200m)	Formação Carbonita: quartzitos, metassilitos e filitos com intercalações de xistos verdes (mais de 1000m de espessura)
Unidade E: xistos verdes (50-200m)	
Unidade D: quartzitos médios (300m)	
Unidade C: quartzitos metassilitos, filitos, alternados (200-300m)	
Unidade B: metagrauwacs com seixos (=200m)	Formação Terra Branca: filitos e sedimentos associados (50-350m)
Unidade A: quartzitos conglomeráticos (150m)	Formação Califorme: quartzitos com intercalações de conglomerados (0-200m)
-DISCORDÂNCIA- Supergrupo Espinhaço	-DISCORDÂNCIA- Supergrupo Espinhaço

TABELA 5

COLUNA ESTRATIGRÁFICA ADOTADA PARA O GRUPO BAMBUÍ

FORMAÇÕES	LITOLOGIAS
Três Marias	Silitos cinza esverdeados, lentes de arcólios, silitos, ardósias e conglomerado basal (de 250 a 1000m) Obs.: Não ocorre na área estudada
Serra da Saudade (1)	Folhelhos, argilitos e silitos esverdeados com intercalações de pequenas lentes de calcários (+130m a SW da Cordilheira do Espinhaço - Schöhl, 1972)
Lagoa do Jacaré (Nhandituba-2)	Intercalações repetidas de calcários, oolíticos e pisolíticos, dolomitos, silitos e ardósias (de 100 a 250m)
Serra de Santa Helena	Folhelhos, ardósias, argilitos, silitos margas, intercalações de calcários pretos, mármore e filitos (+130m a SW da Cordilheira do Espinhaço - Schöhl, 1972)
Sete Lagoas - Januária	Calcários e dolomitos divididos em 5 horizontes (3): A,B,C,D,E.
Bebedouro - Jequitaiá	Sedimentos silico-argilosos com níveis de para-conglomerados (seixos facetados e estriados de gnaisses, granitos, quartzitos, xistos, filitos, calcários, dolomitos, chert e vulcânicas e quartzitos (1 a 70m)

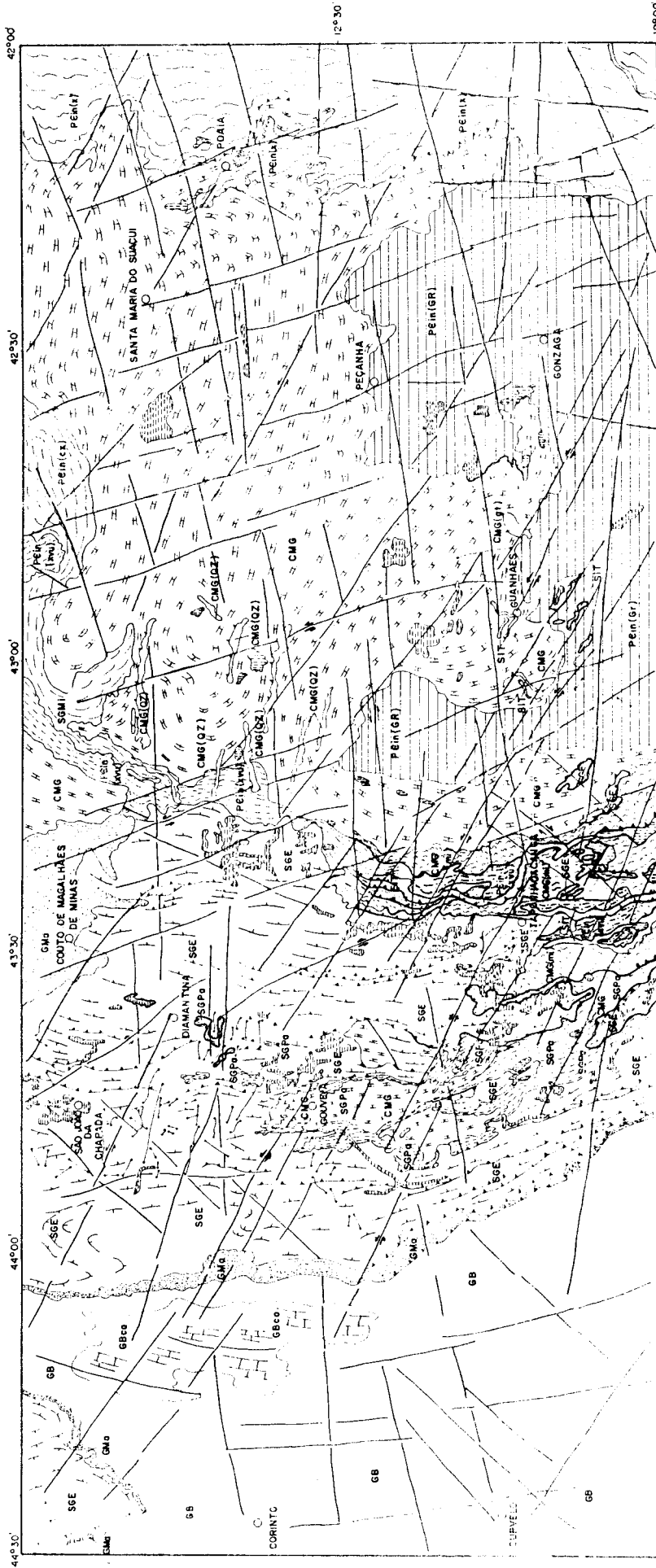





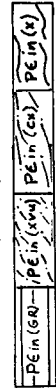
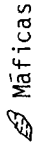
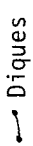

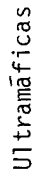


Fig. 1 - Mapa geológico.

-  - Grupo Bambuí; (ca) calcários
-  - Grupo Macaúbas
-  - Supergrupos Espinhaço (E) e Minas (Mi); (sit) - Sequências itabiríticas indivisas
-  - Supergrupo rio Paraúna
-  - Complexo Migmatito - Granulítico de Minas Gerais; (QZ) Quartzitos; (Mi) milonito gnaisses
-  - Pré-Cambriano Indiferenciado; (GR) Granitóides; (XVU) - Sequência de xistos verdes; (CX) - Cianita xistos; (X) Sequência xistosa.

- Rochas Básicas
-  Máficas
-  Diques
-  Falhas
-  Ultramáficas

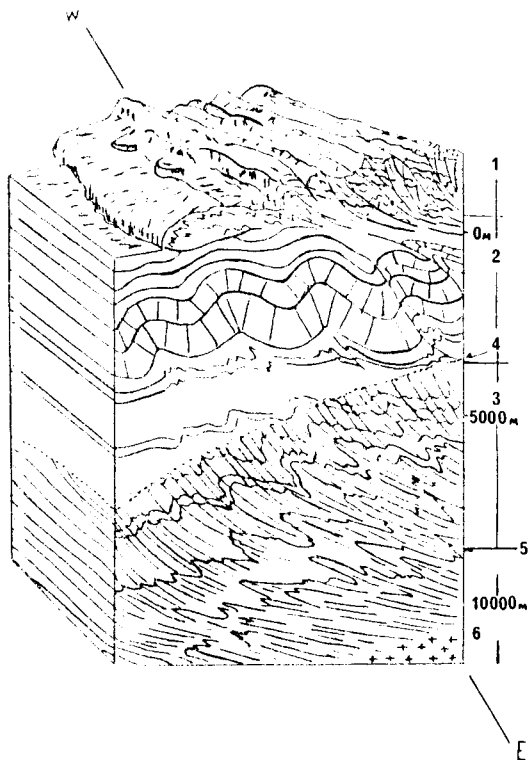


Fig. 2 - Estilos de deformações (Mattaue, 1973).

- 1 - Nível estrutural superior
- 2 - Nível estrutural médio
- 3 - Nível estrutural inferior
- 4 - "Front" superior da xistosidade
- 5 - Limite superior da foliação
- 6 - Início da fusão

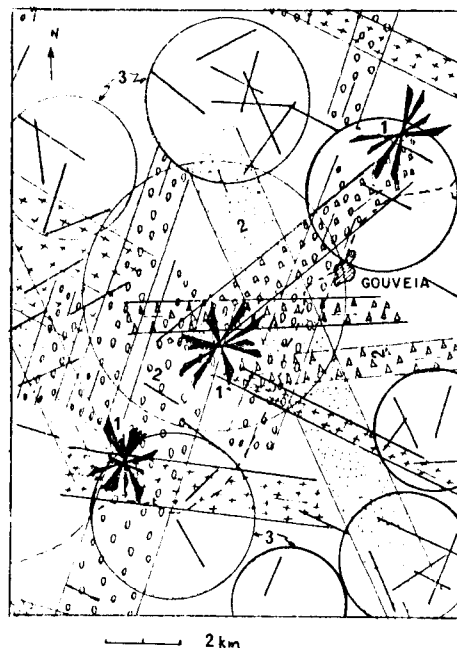


Fig. 3 - Feixes de fraturamentos, região do antiforme central do Espinhaço (Veneziani, 1987).

- 1 - Diagrama de Rosácea para zonas de juntas verticais (dados de campo)
- 2 - Feixes de fraturamentos (Exs.)
- 3 - Anomalias de fraturamentos

Observar a concentração de anomalias caracterizando a área de exposição de rochas arqueanas (SGPa e CMG).

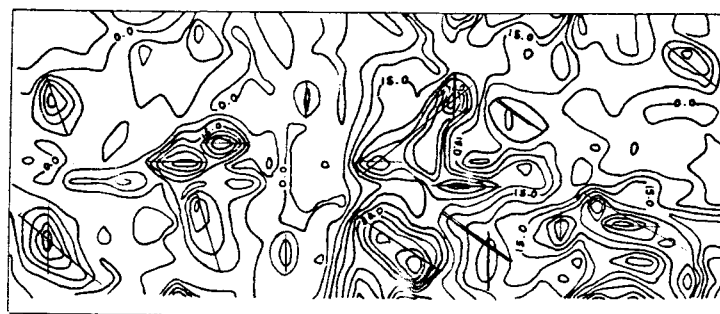


Fig. 4 - Curvas de isodensidades de zonas de juntas (N50-60E).

Observar o controle N-S, E-W e NW-SE para a distribuição das zonas de juntas com direção N50-60E.

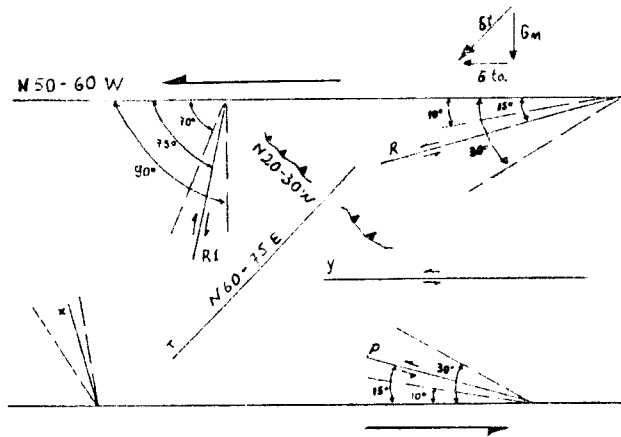


Fig. 5 - Modelo de Riedel (1929) modificado por Sadowski (1983), com dados de Veneziani (1987).

R e R1 - sintéticas e antitéticas em relação ao movimento principal (Riedel's); P - simétrica a R e sintética em relação ao movimento principal; T - tração; Y - sintética ao movimento principal e paralela ao mesmo; X - simétrica ao R1; σ_t - direção de máximo esforço compressivo; σ_n - esforço compressivo normal; σ - esforço compressivo tangencial.

OBS.: σ_t pode assumir um ângulo de 30° a 45° com a zona principal de cisalhamento.

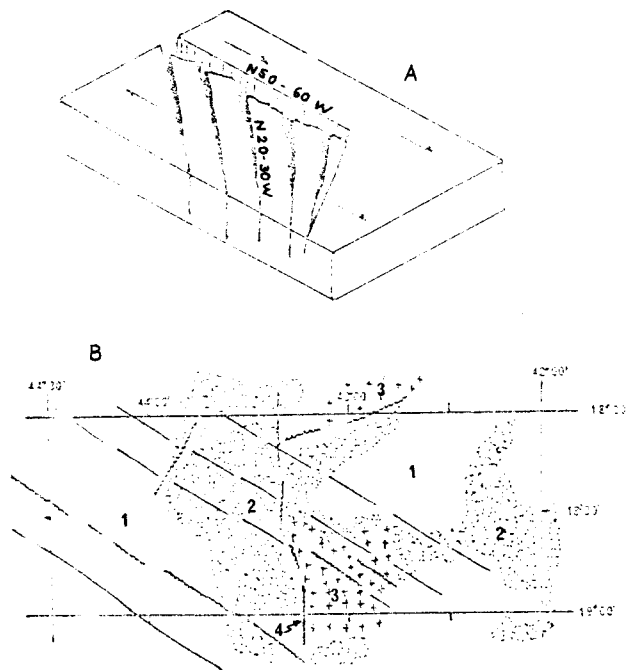


Fig. 6 - A - Modelo de Reading (1980) e B - interpretação de dados aeromagnéticos.

Em "A" observa a formação de sistema "Rift" associado a terminal de transcorrências. Em "B" a terminação aparente das folhas transcorrentes com direção N50-60W.

1 - anomalias de pequena amplitude e baixo comprimento de onda; 2 - anomalias de amplitude intermediária e baixo comprimento de onda; 3 - anomalias de grande amplitude e baixo comprimento de onda; 4 - zona de espessamento crustal; lineamentos profundos.