

CARACTERIZAÇÃO DE ESTRUTURAS LINEARES A PARTIR DE DADOS DE  
SENSORIAMENTO REMOTO; SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL (MG)

Marx Prestes Barbosa  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12200 - São José dos Campos - São Paulo - Brasil

Hans Daniel Schorscher  
Universidade de São Paulo  
Instituto de Geociências  
Caixa Postal 20.899 - 01498 - São Paulo - SP - Brasil

RESUMO

Estudos na escala 1:250.000 com base em dados de interpretação de imagens fotográficas do LANDSAT e de RADAR do Projeto RADAMBRASIL em terreno geológico limitados pelos paralelos  $19^{\circ}00'$  e  $20^{\circ}00'$  de latitude sul e pelos meridianos  $42^{\circ}00'$  e  $45^{\circ}00'$  de longitude oeste mostram o seguinte arcabouço litoestrutural. A área é representada por rochas do Complexo Migmatítico-granulítico de Minas Gerais no leste, sul e sudeste; por rochas do Espinhaço Meridional no centro-norte; por rochas do Quadrilátero Ferrífero no sul e por rochas do Supergrupo São Francisco na porção centro-oeste. Através da análise dos elementos texturais de relevo e drenagem foram discernidas seis direções principais: NS,  $N20^{\circ}-40^{\circ}E$ ,  $N40^{\circ}-70^{\circ}E$ ; EW,  $N40^{\circ}-70^{\circ}W$  e  $N20^{\circ}-40^{\circ}W$ . Nas áreas onde ocorrem as rochas do Supergrupo São Francisco somente as direções  $N20^{\circ}-40^{\circ}W$ ,  $N20^{\circ}-40^{\circ}E$  e  $N40^{\circ}-70^{\circ}E$  possuem expressão regional enquanto as outras direções possuem somente reflexos isolados. Em termos evolutivos pode-se inferir que as rochas do Supergrupo São Francisco foram fracamente afetadas somente pelo último evento da reativação tectono-orogênica que formou os dobramentos e falhas de empurrão no Espinhaço evidenciadas pelas direções de cisalhamento  $N20^{\circ}-40^{\circ}E$ ,  $N20^{\circ}-40^{\circ}W$ ,  $N40^{\circ}-70^{\circ}E$  e  $N40^{\circ}-70^{\circ}W$ . Após esta reativação a parte leste da região de estudo foi afetada pelos processos de caráter distensivos e evidenciados pela injeção de material magnético de idades diferentes.

ABSTRACT

Studies in the scale of 1:250.000 based on data interpretation of photographic LANDSAT and radar imageries of RADAMBRASIL Project in geologic terrains limited by parallels  $19^{\circ}00'$  and  $20^{\circ}00'$  of south latitude and by meridians  $42^{\circ}00'$  and  $45^{\circ}00'$  of west longitude show the following lithostructural framework. The area is

represented by rocks of the Complexo Migmatítico-Granulítico of Minas Gerais state in the east, south and southeast; by rocks of the Espinhaço Meridional in the center north; by rocks of the Quadrilátero Ferrífero in the south and by rocks of the Supergrupo São Francisco in the centerwest. Through the analysis of textural elements of drainage and relief six principal directions were discriminated: NS,  $N20^{\circ}-40^{\circ}E$ ,  $N40^{\circ}-70^{\circ}E$ , EW,  $N40^{\circ}-70^{\circ}W$ , and  $N20^{\circ}-40^{\circ}E$ . In the areas where occur the rocks of the Supergrupo São Francisco only the directions  $N20^{\circ}-40^{\circ}W$ ,  $N20^{\circ}-40^{\circ}W$ ,  $N20^{\circ}-40^{\circ}E$  and  $N40^{\circ}-70^{\circ}E$  have regional expression, whereas the other directions have only isolated reflexes. In evolutionary terms we can infer that the rocks of the Supergrupo São Francisco were poorly affected only by the last event of tectono-orogenic reactivation that formed the folds and thrust faults in the Espinhaço evidenced by the directions of strike slip faults  $N20^{\circ}-40^{\circ}E$ ,  $N20^{\circ}-40^{\circ}W$ ,  $N40^{\circ}-70^{\circ}E$ , and  $N40^{\circ}-70^{\circ}W$ . After this reactivation the east part of the study regions was affected by tectonic processes of distensible character evidenced by injection of magmatic material of different ages.

## 1. INTRODUÇÃO

A área de estudo compreende as folhas cartográficas de Belo Horizonte e de Itabira na escala de 1:250.000 sendo limitada pelos paralelos  $19^{\circ}00'$  e  $20^{\circ}00'$  de latitude sul e os meridianos  $42^{\circ}00'$  e  $45^{\circ}00'$  de longitude oeste. A geologia da região é caracterizada por complexa evolução policíclica Pré-cambriana e reativações tectonomagmáticas fanerozóicas (Inda et alii, 1984).

Este trabalho apresenta alguns resultados de interpretações geológicas regionais baseadas essencialmente em dados de sensoriamento remoto, estudos e integrações bibliográficas e levantamentos preliminares de campo.

## 2. METODOLOGIA

Para a elaboração dos dados de Sensoriamento Remoto foram utilizadas as imagens do LANDSAT e mosaicos de radar semicontrolados do Projeto RADAMBRASIL na escala de 1:250.000. O método de interpretação empregado é o de Guy (1966) com modificações e adaptações de Soares e Fiori (1976), Santos et alii (1981) e Veneziani e Anjos (1982).

O mapa de integração geológico-regional foi elaborado na escala de 1:250.000 simplificado e reduzido para fins de apresentação neste trabalho (Figura 1). Ele baseia-se na integração dos levantamentos pré-existentes (descontínuos, de escalas diferentes e muitas vezes contraditórios) com métodos e dados novos de sensoriamento remoto, além de informações de campo. Da mesma forma foi elaborado um mapa de fotoloteamentos (Figura 2).

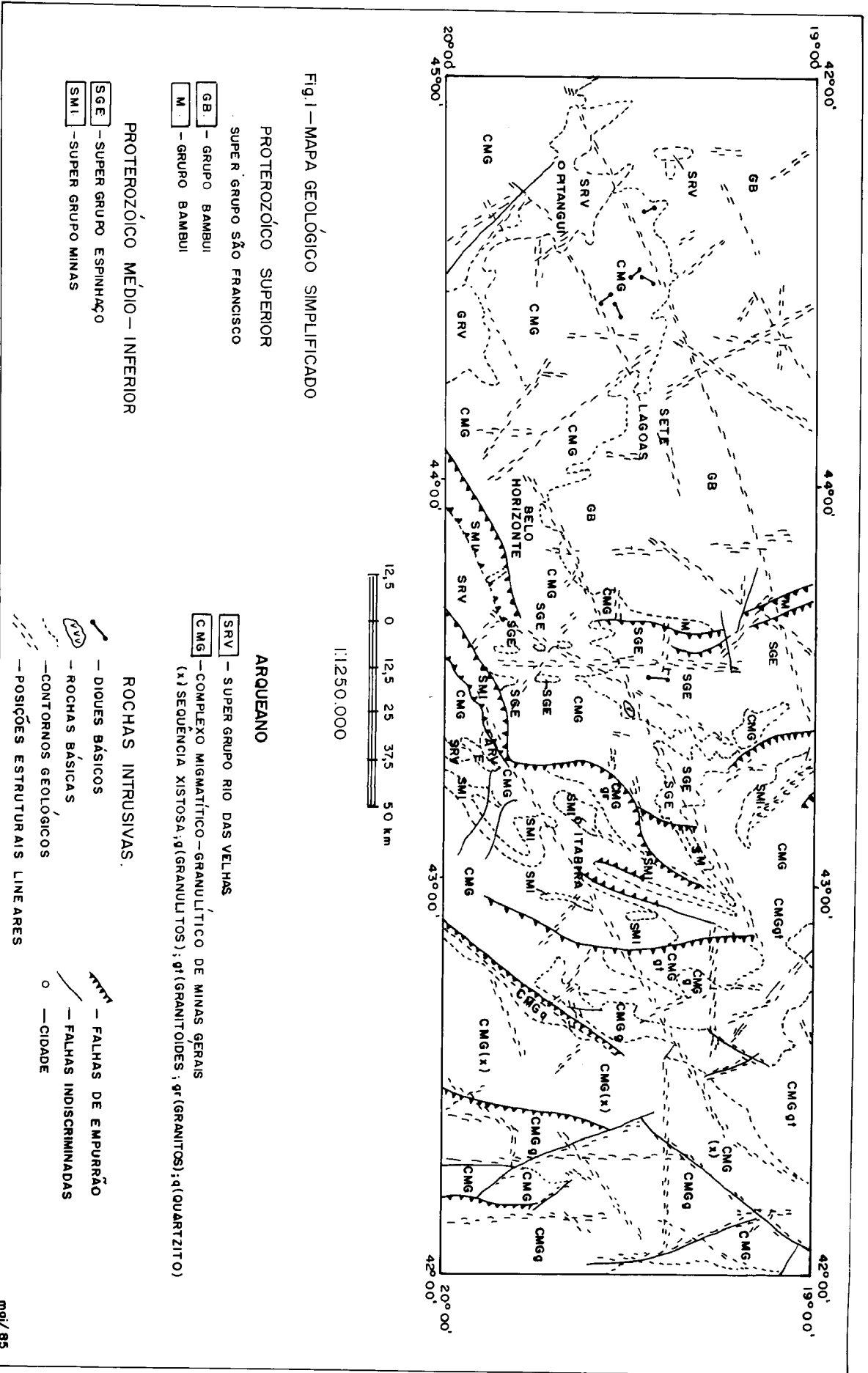


Fig.1—MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO

PROTEROZOÍCO SUPERIOR

- SUPER GRUPO SÃO FRANCISCO
- GB — GRUPO BAMBUÍ
- M — GRUPO BAMBUÍ

PROTEROZOÍCO MÉDIO—INFERIOR

- SGE — SUPER GRUPO ESPINHAÇO
- SMI — SUPER GRUPO MINAS

ARQUEANO

- SRV — SUPER GRUPO RIO DAS VELHAS
- CMG — COMPLEXO MIGMATÍTICO—GRANULÍTICO DE MINAS GERAIS
- (\*) SEQUÊNCIA XISTOSA; q (GRANULITOS); gr (GRANITÓIDES); qz (QUARTZITO)

ROCHAS INTRUSIVAS.

- DIQUES BÁSICOS
- ROCHAS BÁSICAS
- CONTORNOS GEOLÓGICOS
- POSIÇÕES ESTRUTURAIS LINEARES
- FALHAS DE EMPURRÃO
- FALHAS INDISCRIMINADAS
- — CIDADE

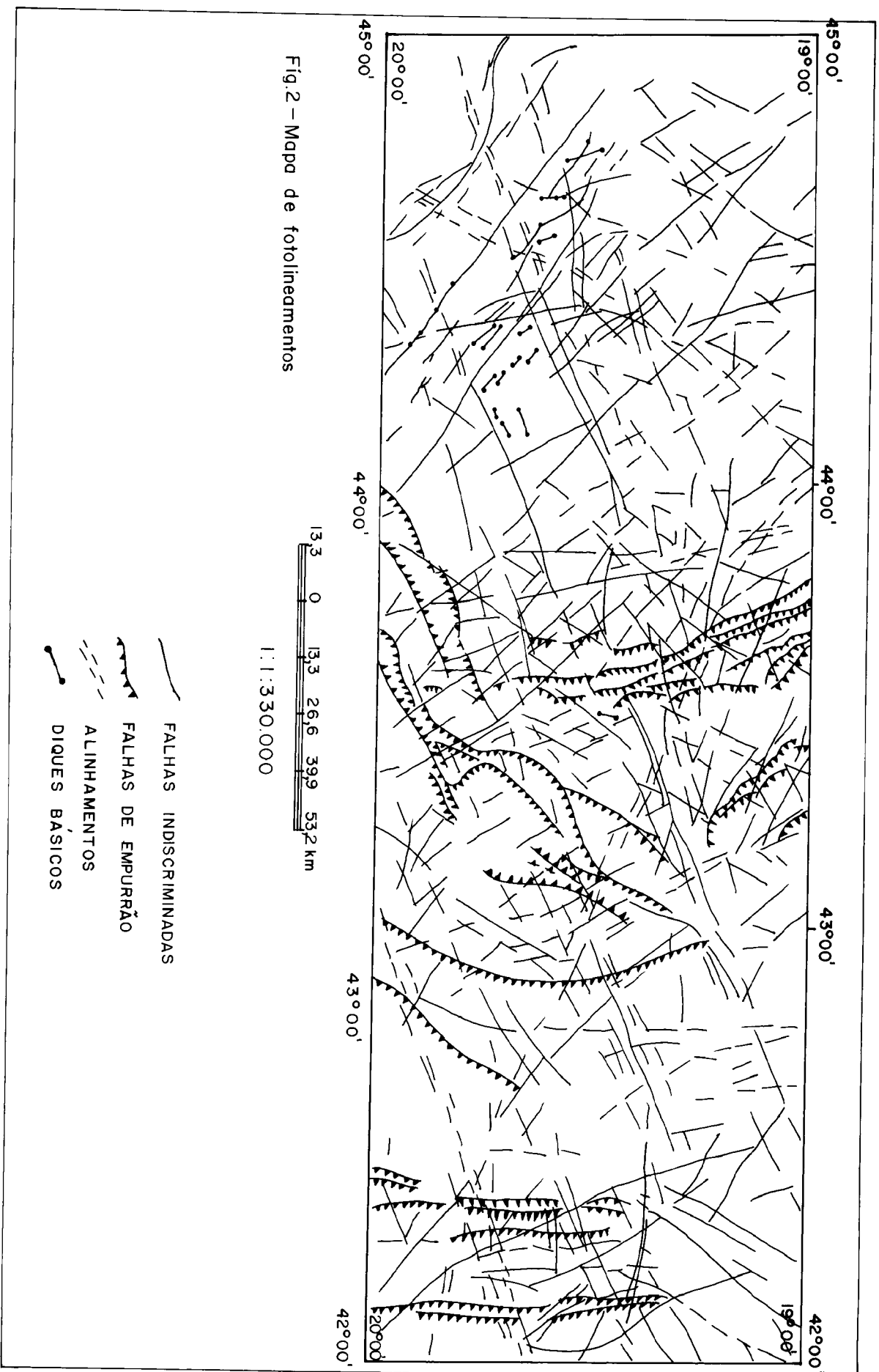


Fig.2 - Mapa de fotolimeamentos

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 3 mostram o contexto geológico regional baseado no conceito litoestrutural desenvolvido por Inda et alii (1984) para esta parte do Cráton de São Francisco. A Figura 2 apresenta feições estruturais lineares fotointerpretadas onde ficam evidentes seis direções principais: NS,  $N20^{\circ}-40^{\circ}E$ ,  $N40^{\circ}-70^{\circ}E$ , EW,  $N20^{\circ}-40^{\circ}W$  e  $N40^{\circ}-70^{\circ}W$ .

Todas as direções são bem definidas no complexo migmatítico-granulítico, nos terrenos do Espinhaço e do Quadrilátero Ferrífero.

A direção NS, de reativação múltipla, tem expressão tensional arqueana, sendo uma das direções condicionantes das sequências supracrustais de tipo "greenstone belt" (Figura 1 e 3; Inda et alii, 1984; Fogaça e Almeida Abreu, 1984), é reativada no Proterozóico (?) inferior com o início da formação da bacia Espinhaço-Minas. Posteriormente, em estágios compressivos a grande maioria destes lineamentos, que originalmente representaram falhas de crescimento Espinhaço-Minas, foi reativada como falhas inversas (empurrões) até em épocas Pós-supergrupo São Francisco, como indicado pela verticalização e inversão dos depósitos Bambuí e Macaúbas, ao longo da borda W da serra do Espinhaço. A existência de período de reativação dessa mesma direção NS durante a sedimentação do Grupo Bambuí, provavelmente sob forma de movimentos epirogenéticos que se diferenciaram da bacia Bambuí em altos e baixos estruturais, é sugerida pela alongação geral NS dos principais corpos de rochas carbonáticas com estromatólitos.

A direção NW (em torno de  $N40^{\circ}-70^{\circ}W$ ) é evidenciada como outra condicionante do cinturão arqueano Rio das Velhas, como indicado pela sua configuração geral, pela continuação da parte W do Quadrilátero Ferrífero em direção NW à região da cidade de Pitangui (Figura 2 e 3) e pela forma do sinclinal Vargem da Lima do Grupo Maquiné no Quadrilátero Ferrífero. (Dorr II, 1969, plate 1).

Tal continuação do "greenstone belt" Rio das Velhas para W, além das áreas de ocorrência previamente conhecidas e sem hiato físico, complementa resultados anteriores, cujas interpretações são controversas (Menezes Filho et alii, 1977; Schobbenhaus Filho - Coordenador, 1978 a e b; IGA/SET, 1978; Ladeira, 1981; Shorscher (apud Schobbenhaus Filho e alii - coordenador, 1982).

Reativações posteriores desta direção na área de ocorrência do Supergrupo São Francisco são pouco evidentes.

A direção EW não está evidenciada como condicionante das unidades arqueanas do complexo migmatítico granulítico de Minas Gerais e nas sequências de tipo "greenstone belt". Tal direção evidente na época da instalação da bacia Espinhaço-Minas, proporcionando fraturas sinsedimentares no embasamento, preenchidas sob forma de diques sedimentares de direção EW (Sperber, 1975 e 1976), causando também ondulações de direção EW e conseqüentes variações faciais (Schorscher, 1975), bem como decompondo o embasamento juntamente com as direções NS e NW-SE (ambas de reativação proterozóica (?) inferior) em mosaico de blocos de dimensões quilométricas que exerceram controle e influência sobre a sedimentação do Super

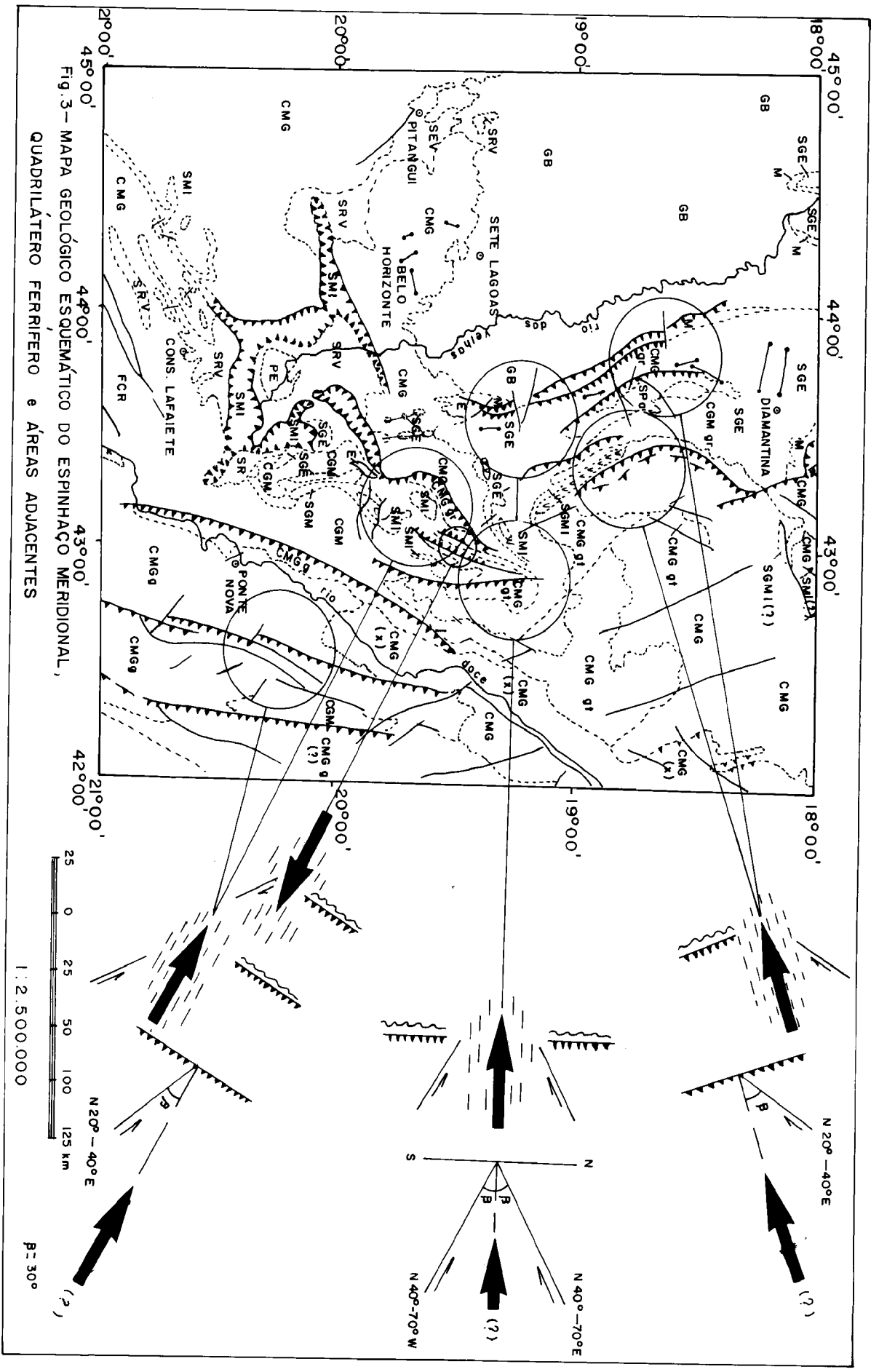


Fig. 3— MAPA GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO DO ESPINHAÇO MERIDIONAL,  
 QUADRILÁTERO FERRIFERO e ÁREAS ADJACENTES

Fig.3 — MAPA GEOLÓGICO ESQUEMÁTICO DO ESPINHAÇO MERIDIONAL, QUADRILÁTERO FERRÍFERO E ÁREAS ADJACENTES

PROTEROZOÍCO SUPERIOR  
-SUPERGRUPO SÃO FRANCISCO

GB — GRUPO BAMBUI

M — GRUPO MACAUBAS

PROTEROZOÍCO MÉDIO-INFERIOR

FCR — FORMAÇÃO CARANDAI

S G E — SUPER GRUPO ESPINHAÇO

S M I — SUPER GRUPO MINAS

ARQUEANO

S P a — SUPER GRUPO PARAÚNA

S R V — SUPER GRUPO RIO DAS VELHAS

CMG — COMPLEXO MIGMATÍTICO-GRANULÍTICO DE MINAS GERAIS

(x) SEQUÊNCIA XISTOSA ; (g) GRANULITOS ; (gt) GRANITÓIDES ; (gr) GRANITO

ROCHAS INTRUSIVAS

 DIQUES BASICOS

 ROCHAS BASICAS

 CONTATOS GEOLÓGICOS

 FALHAS INDISCRIMINADAS

 FALHAS DE EMPURRÃO

o CIDADES

grupo Espinhaço (Almeida Abreu and Schorscher, 1984).

As direções  $N40^{\circ}-70^{\circ}W$  e  $N40^{\circ}-70^{\circ}E$  são condicionantes do cinturão arqueano Rio das Velhas na parte S da região (Figura 3) e reativadas no próterozóico (?) inferior. Componentes cisalhantes de esforços de tectônica orogenética direcionais de E para W são responsáveis pelos empurrões e dobramentos de direção NS do Supergrupo Espinhaço. Na área de ocorrência das rochas do Grupo Bambuí a direção  $N40^{\circ}-70^{\circ}W$  está mais fracamente representada do que a  $N40^{\circ}-70^{\circ}E$ , fato compatível com a evolução regional de cavalgamento e metamorfismo mais intensos na parte sudeste do Grupo Bambuí, a NE de Belo Horizonte (Scholl 1973 a e b).

As direções entre  $N20^{\circ}-40^{\circ}E$  e  $N20^{\circ}-40^{\circ}W$  são condicionantes de litologias de alto grau metamórfico, migmatitos e gnaisses do complexo migmatítico-granulítico de Minas Gerais em suas porções W, menos retrabalhadas por eventos tectonometamórficos posteriores. Tais direções caracterizam, nestas regiões, direções de eixos de dobras de migmatitos e gnaisses, bem como direções de foliações principais de alto grau destas litologias crustais que se encontram cobertas e em contato com supracrustais sempre de baixo grau metamórfico. Considerando este aspecto específico relativo à sequência do tipo "greenstone belt" Rio das Velhas de idade arqueana (Herz, 1970; Cordani and Brito Neves, 1982; Wernick e Artur, 1983; Teixeira, 1982; Ladeira et alii, 1983) e seus encaixantes migmatito-gnáissicos, também arqueanos, caracterizam-se as direções entre NNW e NNE como as mais antigas da região, relacionadas à formação em processo metamórfico crustal de alto grau do complexo migmatítico-granulítico de Minas Gerais (Figuras 1 e 2).

As direções definidas  $N20^{\circ}-40^{\circ}E$  e  $N20^{\circ}-40^{\circ}W$  foram reativadas durante a orogênese Minas-Espinhaço por esforços direcionais SE e NE, os quais originaram componentes cisalhantes que tiveram como resultado movimentos diferenciais e rotacionais de blocos com deslocamento para W e intensidade crescente de N para S (Figuras 1, 2 e 3). Os esforços acarretaram também formação de empurrões de direções NS a NNE, mas com vergência para leste (Figuras 2 e 3), também descritas na região de Itabira e Santa Maria de Itabira (Schorscher, 1975). Estas direções são bem evidenciadas nas regiões ocupadas por rochas do Supergrupo São Francisco (Figuras 1 e 2).

Magmatismo básico fissural pertencente a grupos definidos e de idades diferentes desde sin-Espinhaço a Fanerozóico (Inda et alii, 1984) ocorre por toda a região, exceto na área de distribuição do Supergrupo São Francisco. As rochas metabasálticas e basálticas produzidas formam diques, "pluges" e "stocks" respectivamente alinhados em todas as seis direções descritas.



#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA ABREU, P.A.; SCHORSCHER, H.D. Archean basement configuration and influences of the Lower Proterozoic Espinhaço Supergroup in Minas Gerais, Brazil. International Geologic Congress, 27<sup>th</sup> Moscow. URSS, 1984. Abstracts, v. 2, sections 04, 05. p 248.
- CORDANI, U.G.; BRITO NEVES, B.B. The geologic evolution fo South America during the Archean and Early Proterozoic. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHEAN AND EARLY PROTEROZOIC GEOLOGIC EVOLUTION AND METALLOGENESIS (ISAP). Anais. Salvador, SBG, 1982.
- DORR II, J.V.N. Physiographic stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS, Prof.Pap. 641-A, 110 pp., Washington, D.C., 1969.
- FOGAÇA, A.C.C.; ALMEIDA ABREU, P.A.; SCHORSCHER, H.D. Estratigrafia da seqüência supracrustal arqueana na porção mediana-central da serra do Espinhaço, Minas Gerais. XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Simpósio "Greenstone Belts". Rio de Janeiro, 1984.
- GUY, M. Quelques principes et quelques expériences sur la méthodologie de la photointerpretation. ACTE DU II SYMPOSIUM INTERNATIONAL DE PHOTOINTERPRETATION, 1:21-41. Paris, 1966.
- HERZ, N. Gneiss and igneous rocks of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Prof. Pap. U.S. Geol. surv. nº 641-B. Washington, 1970, 58p.
- IGA/SET (Instituto de Geociências Aplicadas/Secretaria do Estado de Ciência e Tecnologia). Mapa Geológico, Folha Belo Horizonte 1:500.000. PROJETO RADAR-MINAS GERAIS. Belo Horizonte, 1978,
- INDA, H.A.V.; SCHORSCHER, H.D.; DARDENE, M.A.; SCHOBENHAUS, C.; HARALYI, N.L.E.; BRANCO, P.C.deA.; RAMALHO, R. O Cráton do São Francisco e a faixa de dobramentos Araçuaí. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.deA.; DERZE, G.R.; ASMUS, U.E. (coordenadores). GEOLOGIA DO BRASIL. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais. Escala 1:2.500.000. Minist. Minas e Energia. D.N.P.M., Rep. Fed. Brasil, Brasil, D.F., 1984.
- LADEIRA, E.A. Primeiras lavas com almofadas ("Pillows") encontradas no Supergrupo Rio das Velhas de Idade Arqueana, no Quadrilátero Ferrífero e no Distrito de Pitangui, Minas Gerais. CIÊNCIAS DA TERRA, nº 1. São Paulo, nov/dez 1981, pp.12-14.
- LADEIRA, E.A.; ROESER, H.M.P.; TOBSCHALL, H.J. Evolução petrogenética do Cinturão de Rochas Verdes Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, MG. II SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS. Anais. SBG, Boletim nº 3. Núcleo de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1983.
- MENEZES FILHO, N.R. de; MATTOS de, G.M.M.; FERRARI, P.G. Projeto Três Marias. Relatório Final. DNPM. Belo Horizonte, 1977.
- SANTOS, A.R. dos; ANJOS, C.E. dos; BARBOSA, M.P.; VENEZIANI, P. Projeto estudo das rochas intrusivas: Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, parte sul e leste do Estado de Minas Gerais e sudeste do Estado de São Paulo. 3º SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA. SBG. Atas, v.1. Curitiba, 1981. pp. 343-358.

- SCHOBENHAUS FILHO, C. (coordenador) Folhas Rio de Janeiro (SF-23), Vitória (SF-24) e Iguape (SG-23). CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO. DNPM. Brasília, 1978a.
- SCHOBENHAUS FILHO, C. (coordenador) Folha Belo Horizonte (SE.23). CARTA GEOLÓGICA DO BRASIL AO MILIONÉSIMO. DNPM. Brasília, 1978b.
- SCHOLL, W.H. Sedimentologie und geochemie der Bambui-Gruppe am SE-Rand des São Francisco-Beckens, Minas Gerais, Brasilien. Heidelberg, Universität Heidelberg, 1973a. 101 p. (Tese de Doutorado).
- SCHOLL, W.H. Sedimentologie der Bambui Gruppe im SE-Teil des São Francisco-Beckens (Minas Gerais, Brasilien). Munster. Forsh. Geol. Palaont. 31/32, 71-99. Munster, 1973b.
- SCHORSCHER, H.D. Entwicklung des polijmetamorphen Prakambrischen Raumes Itabira, Minas Gerais, Brasilien. Universität Heidelberg. Heidelberg, 1975, 304p. (Tese de Doutorado).
- SCHORSCHER, H.D. Mapa geológico do Espinhaço Meridional, Quadrilátero Ferrífero e arredores. In: Schobbenhaus Filho, C. (coordenador) MAPA GEOLÓGICO DO BRASIL DA ÁREA OCEÂNICA ADJACENTE INCLUINDO DEPÓSITOS MINEIRAIS. Escala 1:2.500.000. Minist. Minas Gerais. DNPM. Rep. Fed. Brasil, Brasil, D.F. 1982.
- SOARES, P.C.; FIORI, P.C. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em Geologia. Not. Geomorfol. 16(32):17-104. Campinas, 1976.
- SPERBER, M.W. Geologie des Prakambriams am Sud-West-Rand der serra do Cipó (Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasilien). Freiburg, 1975.
- SPERBER, M.W. Sandsteingänge im kristallinen Grundgebirge NE von Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasilien. Munster. Forsh. Geol. Palaont., 38/39, 61-73, 3 Abb., 1 tab. Munster, 1976.
- TEIXEIRA, W. Geochronology of the southern part of the São Francisco Craton. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHEAN AND EARLY PROTEROZOIC GEOLOGIC EVOLUTION AND METALLOGENESIS (ISAP). Anais, Salvador, SBG, 1982.
- VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. dos. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em Geologia. 61 p. INPE, São José dos Campos, 1982 (INPE-2227-MD/014).
- WERNICK, E.; ARTUR, A.C. Evolução policíclica de terreno arqueanos no leste do Estado de São Paulo e sul de Minas Gerais. II SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS. Geologia do Precambriano. Anais. SBG. Boletim nº 3. Núcleo de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1983.