

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

# **PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL**

**CONTRATO CPRM 059/PR/05 - UFMG**

**FOLHA ESPERA FELIZ 1:100.000**  
**SE-24-V-A-IV**

## **RELATÓRIO FINAL**

***Autor:***  
**Adolf Heinrich Horn**

2006

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CENTRO DE PESQUISA PROFESSOR MANOEL TEIXEIRA DA COSTA**

**UFMG**

 **CPRM**  
Serviço Geológico do Brasil

Secretaria de Geologia, Ministério de  
Mineração e Transformação Mineral Minas e Energia

  
GOVERNO FEDERAL

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL  
Programa Geologia do Brasil  
Contrato CPRM 059/PR/05-UFMG

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
SILAS RONDEAU CAVALCANTE SILVA  
Ministro

**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
CLÁUDIO SCLIAR  
Secretário

**CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**  
AGAMENON SÉRGIO LUCAS DANTAS  
Diretor-Presidente

MANOEL BARRETTO DA ROCHA NETO  
Diretor de Geologia e Recursos Minerais

JOSÉ RIBEIRO MENDES  
Diretor de Hidrogeologia e Gestão Territorial

FERNANDO PEREIRA DE CARVALHO  
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

ÁLVARO ROGÉRIO ALENCAR SILVA  
Diretor de Administração e Finanças

EDILTON JOSÉ DOS SANTOS  
Chefe do Departamento de Geologia

INÁCIO DE MEDEIROS DELGADO  
Chefe da Divisão de Geologia Básica

JOÃO HENRIQUE GONÇALVES  
Chefe da Divisão de Geoprocessamento

LUIZ CARLOS DA SILVA  
Supervisor Técnico dos Contratos

FERNANDO ANTONIO RODRIGUES OLIVEIRA  
Representante no Contrato

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
RONALDO TADEU PENA  
Reitor

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
CRISTINA HELENA ROCHA AUGUSTIN  
Diretora

ANTONIO CARLOS PEDROSA SOARES  
Coordenador do Contrato

Horn, Adolf Heinrich.

Programa Geologia do Brasil : Folha Espera Feliz :100.000 :  
SE-24-V-A-IV : relatório final / Adolf Heinrich Horn. -- Belo  
Horizonte : UFMG; CPRM, 2006.

1 disco a laser para computador : 4 3/4 pol.

Contrato CPRM 059/PR/05 - UFMG.

1. Geologia. I. Título.

CDD 551

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	01
1.1 Localização Geográfica	01
1.2 Dados de Produção	02
1.3 Agradecimentos	03
1.4 Aspectos Fisiográficos	04
1.5 Trabalhos Anteriores	05
1.5.1 Sumário Breve das Informações Disponíveis	05
1.5.2 Metodologia	06
1.5.3 Informações de Compilação	06
1.5.3.1 Geologia	06
1.5.3.2 Geofísica	07
1.5.3.3 Geocronologia	09
1.5.3.4 Recursos Minerais	10
<b>2. CONTEXTO GEOTECTÔNICO E GEOLOGIA REGIONAL</b>	11
2.1 Distribuição da Área de Trabalho	11
2.2 Tectônica e Metamorfismo	11
2.2.1 Tectônica	11
2.2.2 Metamorfismo	14
2.3 Geotermometria e Geobarometria	18
2.4 Geocronologia	21
2.5 Geofísica	22
2.6 Gênese e Desenvolvimento	23
<b>3 GEOLOGIA LOCAL</b>	24
3.1 Estratigrafia	24
3.2 Descrição das Unidades	26
3.2.1 Unidades do Neogeno	26
3.2.2 Intrusões Brasilianas – Cambrianas	26
3.2.3 Rochas Pré-Cambrianas	32
<b>4 RECURSOS MINERAIS</b>	64
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	69

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Localização geográfica

Este relatório aborda a Folha Espera Feliz (SF24-V-A-IV), escala 1:100.000, delimitada pelas coordenadas 20°30'S – 21°S e 41°30'W – 42°W. Sua localização geográfica nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e em relação às demais folhas do Contrato CPRM059/PR/05-UFGM, está ilustrada na Figura 1.

A Folha Espera Feliz (SF24-V-A-IV), escala 1:100.000 compreende quatro folhas em escala 1:50.000, da Carta do Brasil (IBGE), denominadas Espera Feliz (SF24V-A-IV-1), Divino de São Lourenço (SF24V-A-IV-2), Varre Saí (SF24V-A-IV-3) e Guaçuí (SF24V-A-IV-4).

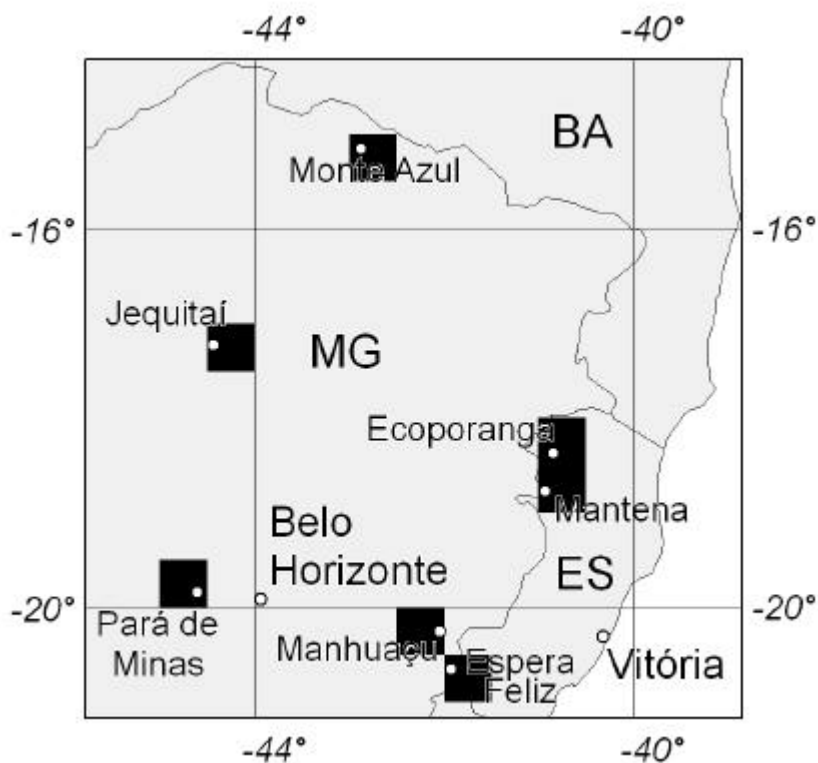


Figura 1.1: Localização da Folha Espera Feliz.

### Acessos

As principais possibilidades de acesso se dão em direção W-E pelas estradas federais asfaltadas B. Hte. – Vitória, Rio - Bahia e Fervedouro - Alegre, que interligam as principais cidades da folha Espera Feliz. Do sul, da região do Estado do Rio de Janeiro, existem rodovias estaduais asfaltadas que chegam até a parte sul da folha vindo de Muriaé e Itaperuna.

Acessos secundários, não pavimentados ou parcialmente asfaltados, interligam as vias estaduais (MG/RJ/ES) com as cidades menores na parte sul e central da região como Conceição de Muqui, Santa Marta, Divino de São Lourenço, Caiana, São Pedro dos Rates e Caparaó.

## 1.2. Dados de produção

No decorrer do trabalho de campo em 2005/2006 verificaram-se em grande parte a distribuição das rochas já levantadas em trabalhos anteriores.

Levantaram-se mais localizações de pedreiras de rochas ornamentais, principalmente nas regiões de Alegre, Conceição de Muqui, Café/Celina e no extremo sudoeste da folha. Verificaram-se explorações de Mn para a exportação na região de Caparaó e Guaçuí. As atividades de exploração de quartzo, feldspato, caulim e moscovita estão quase na totalidade paradas ou são somente executadas de forma rudimentar por garimpeiros locais. Ouro está sendo, ou foi explorado sazonalmente, nos rios a noroeste e leste da folha. Existem retiradas de areia, brita e cascalho para construção na área entre Espera Feliz e Caparaó, e de Guaçuí para o norte.

Observou-se a persistência das zonas de movimento do Lineamento de Guaçuí até os extremos NE e SW da Folha Espera Feliz. Encontraram-se vestígios de rochas máficas no sudoeste alinhadas ao lineamento de Guaçuí. A importância e origem destas rochas ainda estão sendo estudadas.

Neste trabalho optou-se pela separação das rochas predominantemente de origem sedimentar no Complexo Paraíba do Sul e Grupo Andrelândia devido ao grau metamórfico predominante e conjunto de variedades de rochas existentes.

Algumas rochas, separadas em mapeamentos anteriores, foram colocadas em conjunto devido à escala de mapeamento, onde não houve a possibilidade de separar totalmente estas unidades dado a natureza transitória dos contatos e quando este contato mostrava intensa intercalação tectônica. Tais separações são possíveis apenas num mapeamento em escala maior.

### Dados físicos

Distância percorrida no mapeamento: ~1200km de carro, 100km a pé

Pontos visitados novos:	388
Pontos re-avaliados:	578
Pontes estruturais do Lineamento de Guaçuí:	123
Amostras coletadas:	120
Lâminas feitas:	27 + 25
Lâminas descritas:	52
Lâminas existentes e descritas em outras etapas:	130
Amostras enviado para análise:	25
Análises já prontas:	246
Datações existentes:	3
Datações enviadas:	2
Depósitos minerais registrados:	~110

Bauxita, Au, Mn, pegmatitos, caulim, rochas ornamentais, brita, blocos, areia

### **1.3. Agradecimentos**

Agradecemos a todos que contribuíram com este trabalho pelo apoio logístico (UFMG, CPRM, FUNDEP), contribuição com informações (CPRM, UFMG, LMU, UFRJ), que colaboraram no trabalho de campo (bolsistas BIC e colegas) e também na preparação e determinações analíticas (técnicos do CPMTC).

Em especial gostaria agradecer os colegas que conhecem a área e contribuíram com diversas discussões, especialmente o geólogo Valter Vieira, Carlos Mauricio Noce, Ursula Seidensticker e Frank Söllner.

Agradecemos especialmente ao nosso “fiscal de campo” colega Luiz Carlos da Silva, Supervisor Técnico do contrato pelas valiosas informações e sugestões adicionais durante o trabalho em dezembro 2005.

Aos colegas Söllner, Seidensticker, Bayer e Schmidt-Thomé pela permissão de utilizar os seus dados.

“Last but not least” à coordenação sob A.C. P. Soares pela organização geral.

## 1.4. Aspectos Fisiográficos

### Vegetação

A mata atlântica (Floresta Subúmida do Interior, IBGE, 1981) foi praticamente extinta com exceção de pequenos restos em formas de reservas particulares, parques estaduais e na região do Parque Nacional de Caparaão. Mesmo nestes locais, devido às queimadas a existência destes biótipos primários também tem sido ameaçada.

Após a retirada da madeira nobre ocorreram a plantação de algodão e posteriormente de café que ocupa, juntamente com as pastagens, grande parte da área.

### Aspectos econômicos

Produção de café, leite, pecuária e plantações de subsistência formam hoje a maior parte das atividades agrícolas na área.

Uma nova atividade, ao lado da exploração de caulim, mica e quartzo para fins industriais, está sendo implementada devido ao aumento das pedreiras de rochas ornamentais, explorando principalmente as regiões de granitos e granitóides com pouco fraturamento nas partes NE, SE e sul da folha em questão.

### Clima

O clima é subtropical a tropical, com duas estações bem definidas: a. Chuvas intensas e duradouras (Novembro até Abril) e b. a seca (resto do período).

A pluviosidade anual varia em torno de 1600mm e chega a 2200mm em algumas zonas. A temperatura média é de *ca.* 25°C; chegam ao máximo nos meses de Dezembro –Janeiro atingindo até 40°C e baixam nos períodos mais frios até 15°C. Nas altitudes maiores chegam abaixo de 0°C e no topo da Serra do Caparaó temperaturas abaixo de 0°C são comuns no inverno.

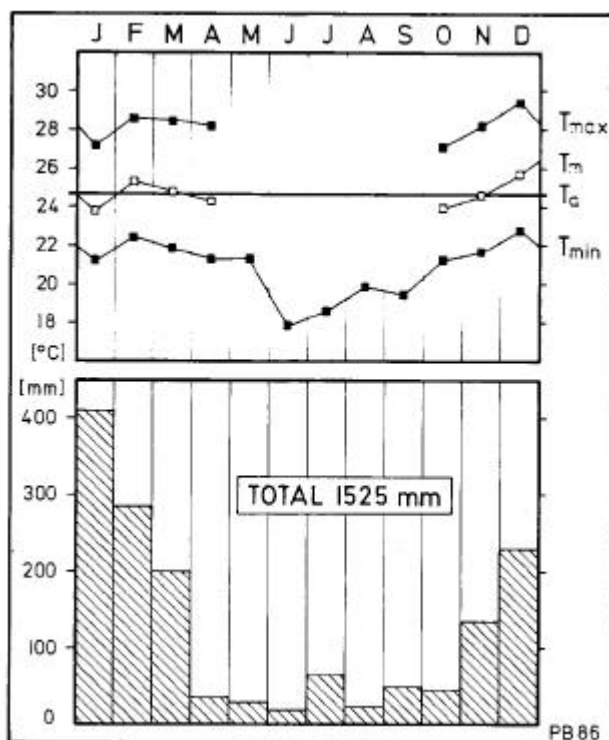


Figura 1.2: A figura mostra a variação anual de temperatura do ar e da pluviosidade na região de trabalho. Precipitação em mm e temperatura em °C (Horn 1986, modificado de Bayer, 1986).

T <sub>min</sub> :	Temperatura mínima média
T <sub>max</sub> :	Temperatura máxima média
T <sub>m</sub> :	Temperatura média
T <sub>a</sub> :	Temperatura média anual



## 1.5.Trabalhos Anteriores

### 1.5.1. Sumário breve das informações disponíveis

A região foi primeiramente mapeada (Williams & Moraes, 1942) para a Companhia Central Brasileira de Força Elétrica. Lamego (1946, 1949) publicou os primeiros resultados de estudos tectônicos. Rosier (1968) executou estudos na região, continuados por Guimarães (1961) e Ebert (1968), que desenvolveram uma litoestratigrafia muito semelhante à usada atualmente. Ebert (1968) estudou mais detalhadamente as rochas da fácies granulito. As primeiras tentativas de agrupamentos das series foram feitas por Rosier (in Silva & Ferrari, 1976) e Werneck (1981).

O (DRM, 1982) executou estudos geológicos nos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, especialmente na folha Varre-Saí. Bosum (1973), em um convênio geofísico Alemanha – Brasil, estudou também a área da folha Espera Feliz. No projeto Espírito Santo (Silva & Ferrari, 1976) foi feito estudo detalhado do leste da folha. Meneses & Paradella (1978) produziram um Mapa Geológico preliminar na escala 1:500.000 da região Sul do Espírito Santo. No projeto Mimoso do Sul (Fontes et al, 1981), duas das folhas mapeadas (Guaçuí e Muqui) ocupavam a parte da área de Espera Feliz.

Hasui & Oliveira (1984) separaram as unidades da Província Mantiqueira nos seguintes unidades:

Tab 3.1: Subdivisão da Província Mantiqueira por Hasui & Oliveira (1984).  
As unidades existentes na folha estão realçadas.

Arcaico	Complexo Costeiro
	Complexo Juiz de Fora
	Complexo Barbacena
	Complexo Gnáissico-Granítico
Arcaico Inferior	Complexo Ampara
	Complexo Paraíba do Sul
	Complexo Varginha
Proterozoico Inferior	Complexo Setuva
Proterozoico Superior	Grupo Açungui
	Grupo São Roque
	Grupo São João Del Rei
	Grupo Andrelândia

Schobbenhaus et al. (1984) apresentam uma subdivisão da estratigrafia da região e um maior detalhamento aparece com a publicação da folha 1:1.000.000 do Radambrasil (1983). Posteriormente, o mapeamento da Folha Cachoeira de Itapemirim (Silva et al., 1993, Vieira com. verb.) levantou parcialmente as rochas e unidades da folha Espera Feliz.

Estudos mais detalhado foram feitos durante os anos 1981 até 1991 em um convênio UFRJ-LMU com mapeamento em detalhe (1:25.000/1:50.000) da região entre a BR-116 e o litoral do Estado de Espírito Santo (eg.: Horn, 1985, Bayer, 1986, Schmidt-Thomé, 1986, Seidensticker, 1990, Fritzer, 1991).

### 1.5.2. Metodologia

As etapas do trabalho foram executadas na seguinte forma:

- a. Levantamento bibliográfico e de mapas;
- b. Compilação dos dados disponíveis;
- c. Mapas e relatórios preliminares;
- e. Avaliação das fotos aéreas e imagens de satélite disponíveis;
- d. Trabalho de campo de outubro a novembro com três equipes de campo;
- e. Preparação dos relatórios de campo e classificação das amostras;
- f. Levantamento dos dados estruturais, químicos (total e mineral), de datação e de descrição petrográfica;
- g. Preparação do mapa final com arquivos de recursos minerais, litologias e estruturas;
- h. Preparação e descrição das lâminas;
- i. Coleta e preparação das amostras para datação;
- k. Análises químicas das rochas selecionadas;
- l. Preparação de banco de dados dos afloramentos da folha;
- m. Complemento e correção do relatório.

### 1.5.3. Informações de compilação

#### 1.5.3.1 Geologia

As grande maioria das informações disponíveis sobre a área da Folha Espera Feliz encontram-se nos seguintes trabalhos:

- Trabalho Geológico de Graduação - Paulo Albuquerque (UFMG);
- Tese de doutorado - Ursula Seidensticker (LMU);
- Tese de doutorado - Thomas Fritzer (LMU);
- Teses de doutorado - Horn, Bayer e Schmidt-Thomé (LMU);
- Projeto Espírito Santo, Folha SF24-V-A Cachoeiro de Itapemirim, 1:250.000 (CPRM);
- Projeto de pesquisa Campo Pegmatítico (Volkswagen Stiftung, Morteani & Correia Neves);
- Relatórios finais do projeto Campo Pegmatítico Espera Feliz-Caiana-Caparão;
- Projeto Mimoso do Sul;
- Mapeamento Geológico do Estado de Rio de Janeiro 1:50.000 (CPRM);
- Artigos disponíveis na literatura geológica nacional e internacional (ver listagem bibliográfica);
- Kit em CD fornecido pela CPRM em 06.07.2005

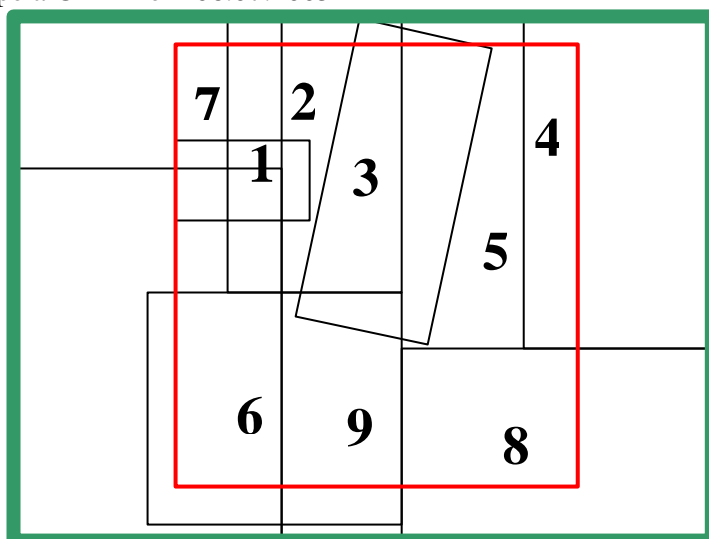


Figura I.1: Distribuição das coberturas dos mapas compilados sobre a área da Folha Espera Feliz (retângulo vermelho).

Nas figuras 3.2 e 3.3 são ilustrados mapas de duas áreas de maior densidade de dados compilados. Os outros mapas compilados não existem na forma digital e não puderam ser inseridos neste relatório de compilação, mas foram utilizados na elaboração do mapa preliminar

Os dados petrográficos e geoquímicos foram compilados dos trabalhos anteriormente listados, em particular dos trabalhos efetuados por Lammerer, Weber-Diefenbach, Söllner, Wiedemann e colaboradores, Morteani e colaboradores, e Correia Neves e colaboradores, entre 1988 e 1998. Estes dados são procedentes, em grande parte, dos mesmos afloramentos utilizados para compilação do mapa preliminar. Os afloramentos onde foram feitas análises petrográficas e geoquímicas encontram-se em anexo.

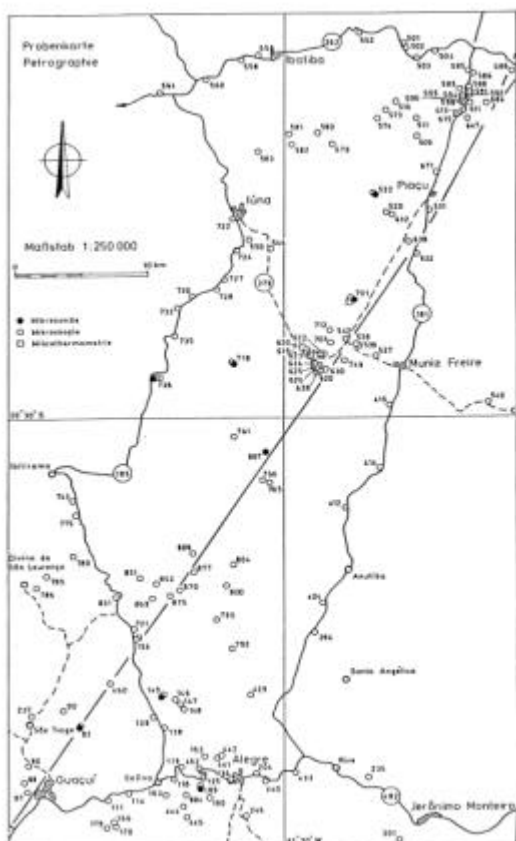


Figura 3.2: Mapa de afloramentos descritos no quadrante noroeste da Folha Espera Feliz.

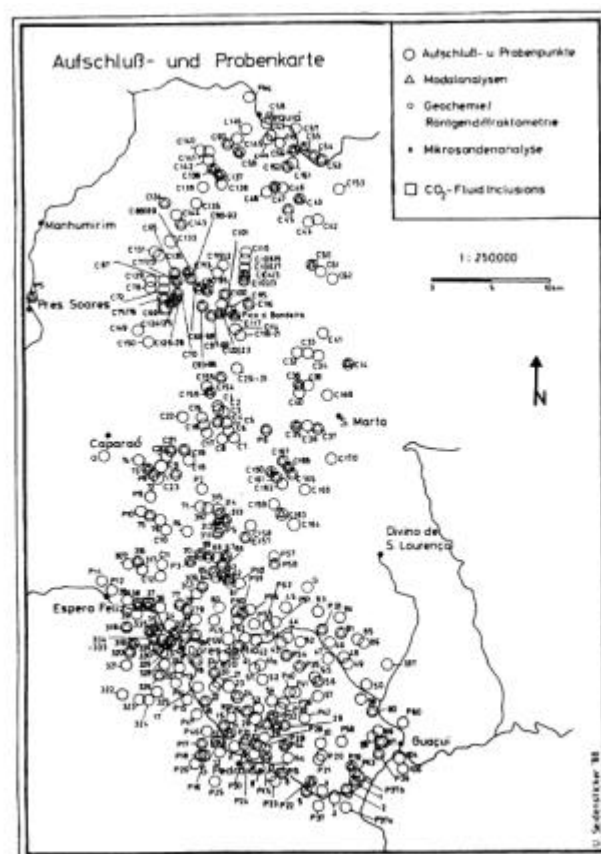


Figura 3.3: Mapa de afloramentos descritos na região leste, central e sul da Folha Espera Feliz, ocupando toda a região do Lineamento de Guaçuí.

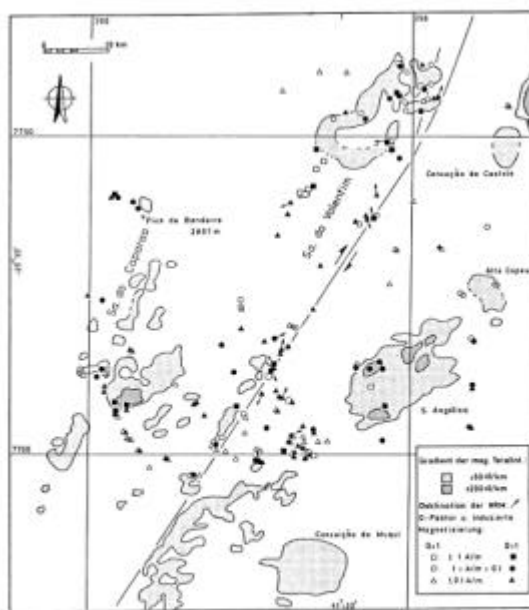
### 1.5.3.2 Geofísica

Os levantamentos geofísicos, ilustrados nas figuras 3.4 e 3.5, foram compilados das seguintes fontes:

- Levantamento Geofísico Brasil-Alemã (DNPM-BGR; Bosum 1973; Bosum & Mollat 1975);
- Mapas de intensidade total magnética: 100.000 e 1:50.000 (Boie 1973);
- Mapa gravimétrico de Haralyi & Hasui (1982).



**Figura 3.4:** Parte do mapa aeromagnético do sul do Espírito Santo, cobrindo a Folha Espera Feliz.



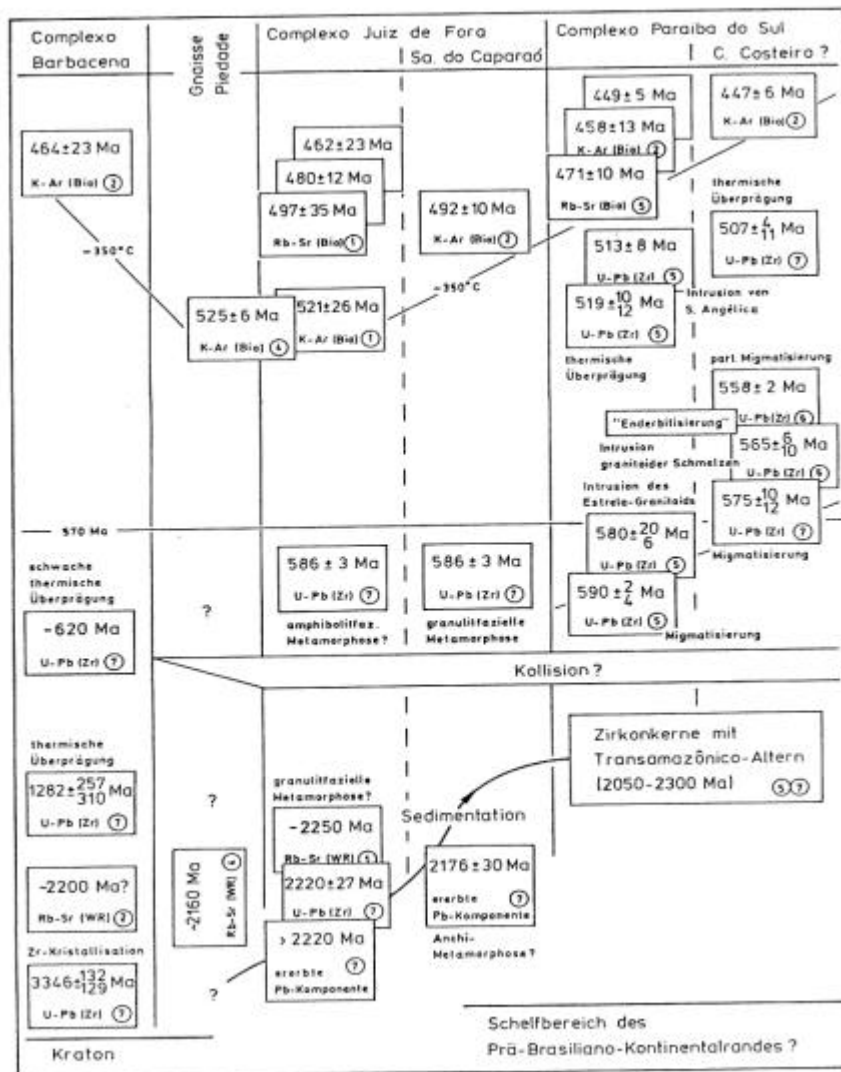
**Figura 3.5:** Mapa dos gradientes da intensidade total magnética. É visível a boa correlação entre rochas intrusivas brasileiras e as máximas de intensidade. Exceções são as intensidades altas correlacionadas com as serras do Caparaó e do Valentim que não correspondem a intrusões brasileiras.

**1.5.3.3 Geocronologia**

O acervo de datações geocronológicas disponível para a região da Folha Espera Feliz e arredores está publicado, ou em trabalhos inéditos, de:

- Delhal et al. (1968), Cordani et al. (1973), Cordani & Teixeira (1979) e Siga et al. (1982), todos por meio dos métodos Rb-Sr e K-Ar;
- Söllner e colaboradores (U-Pb, Rb-Sr, K-Ar; particularmente o trabalho de 1991);
- Töpfer (1996; U-Pb, Rb-Sr, K-Ar), para a parte sul da região;
- Silva et al. (2002; U-Pb SHRIMP).

Um exemplo de síntese é a compilação ilustrada na Figura 3.6, realizada por um dos pesquisadores que mapeou a região da Folha Espera Feliz.



**Figura 3.6:** Esquema de organização dos eventos ocorridas na área de trabalho (Folha Espera Feliz). Mostra-se também a influência da deposição das prováveis áreas fontes. Söllner et al. (1991) com utilização das informações do convênio UFRJ-LMU.

#### **1.5.3.4 Recursos Minerais**

Os dados sobre as atividades mineradoras na região são citados desde os anos 50, quando, sob a influência do USGS, foram pesquisadas e cadastradas as ocorrências de mica e columbo-tantalita em volta da Serra do Caparaó. As fontes de compilação, além das já listadas, são: Anuários do DNPM, Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Mapas de Ocorrências Minerais de Minas Gerais (COMIG 1994) e o Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (CPRM/DNPM, 1993; Folha Cachoeiro do Itapemirim 1:250.000).

## 2. CONTEXTO GEOTECTÔNICO E GEOLOGIA REGIONAL

### 2.1. Distribuição da Área de Trabalho

A área da Folha Espera Feliz situa-se na zona de fronteira entre os orógenos Araçuaí e Ribeira, no setor meridional do domínio interno (ou núcleo metamórfico-anatético) deste sistema orogênico brasileiro (Pedrosa-Soares et al. 2001, Silva et al. 2005).

Esta folha contém, principalmente, unidades pré-cambrianas. As áreas cobertas por depósitos mais jovens incluem aluvião e colúvio, e pilhas ricas em caulim e outros resíduos provenientes da extração de pegmatitos. Os solos são geralmente lateríticos e, com distribuição esparsa, ocorrem sedimentos bauxíticos.

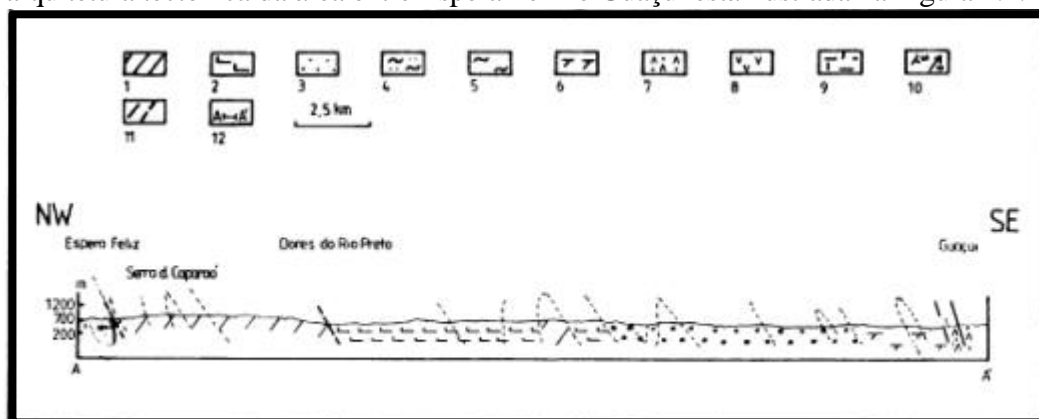
As unidades pré-cambrianas são os complexos Juiz de Fora e Paraíba do Sul, e intrusões que cortam estas unidades. Existem esparsos diques mesozóicos na região, com orientação principal a N-S.

Apresenta-se adiante uma síntese sobre cada unidade que ocorre na área da Folha Espera Feliz.

### 2.2. Tectônica e Metamorfismo

#### 2.2.1. Tectônica

A arquitetura tectônica da área entre Espera Feliz e Guaçuí está ilustrada na Figura 4.1.



**Figura 4.1:** Estruturação geral da área contida na Folha Espera Feliz em um perfil Guaçuí – Espera Feliz.

#### **Complexo Juiz de Fora**

1. Opx-gnaíse de composição félsica a máfica; 2. Opx-Cpx-Anf-Gnaíse  
3:Gnaíse migmatítico bandado; 4. Migmatitos e gnaíses migmatizados no núcleo da Serra do Caparaó

#### **Grupo Andrelândia**

5. Gra-Bt-Gnaíse; 6. Anf-Bt-Gnaíse  
8: Gnaíse de composição predominante granodiorítica

#### **Lineamento de Guaçuí**

7. Anf-Bt Gnaíse milonitizado, com ultramilonitos e milonitos

#### **Complexo Paraíba do Sul**

- 9: Micaxisto na fácies anfífolito - xisto verde, com ou sem granadas, anfibólios

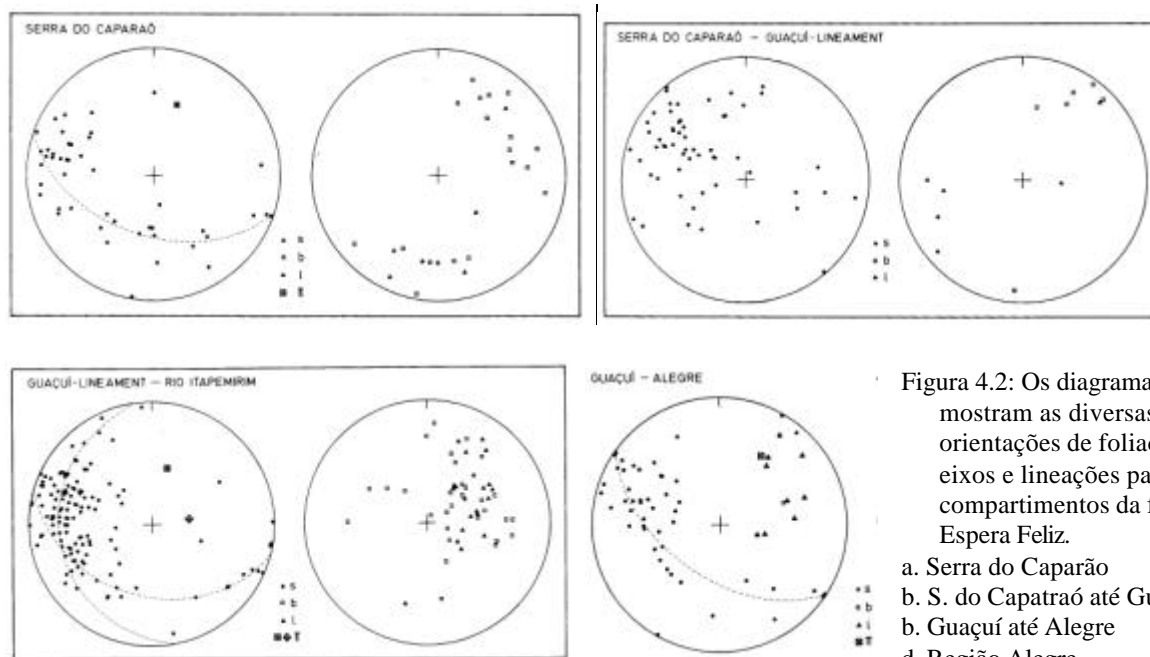


Figura 4.2: Os diagramas mostram as diversas orientações de foliação, eixos e lineações para os compartimentos da folha Espera Feliz.

- a. Serra do Caparaó
- b. S. do Caparaó até Guacuí
- b. Guacuí até Alegre
- d. Região Alegre

- D<sub>1</sub> - Formação de um dobramento apertado a isoclinal contemporâneo com a intrusão do Tonalito Estrela (Suíte G1) que, por sua vez, sofreu dobramento periférico. Esta deformação atuou provavelmente concomitantemente com o primeiro pico de temperatura, porque existem dobramento de leucossomas e de partes laterais do Tonalito Estrela;

- D<sub>2</sub> - Formação de dobras (apertadas a isoclinais) de grande amplitude, com superfícies axiais vergentes para oeste e eixos empinados. Nas serras do Caparaó e Valentim distingue-se claramente D<sub>1</sub> de D<sub>2</sub>. A fase D<sub>2</sub> é explicada pelo aumento da compressão no sentido oeste.

- D<sub>3</sub> - Formação de dobras isoclinais e do Lineamento de Guaçuí, em função da progressão da deformação compressiva rumo ao Craton do São Francisco. Criação de grandes sistemas isoclinais que, após descolamento, resultam na formação do Lineamento de Guaçuí. Formação de fusões graníticas e pegmatíticas (pegmatitos 1, expostos a oeste da Serra do Caparaó);

- D<sub>4</sub> - Após a última fase termal do Evento Brasileiro ocorreu um soerguimento rápido da região, como é indicado pelos gradientes de resfriamento dos plutons. Este movimento deve ter causado as diversas flexuras, fraturas conjugadas em várias direções e movimentos em superfícies de dilatação. Intrusão e formação dos pegmatitos da família 2;

- D<sub>5</sub> - Reativação e/ou neoformação de fraturas juntamente com a intrusão de diques basálticos mesozóico-cenozóicos.



## Granitognaisse Estrela

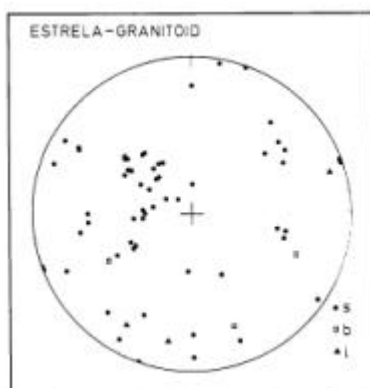


Figura 4.3: O diagrama mostra a distribuição da foliação, eixos e lineação encontrados nos afloramentos do Granitognaisse Estrela.

## Lineamento de Guaçuí

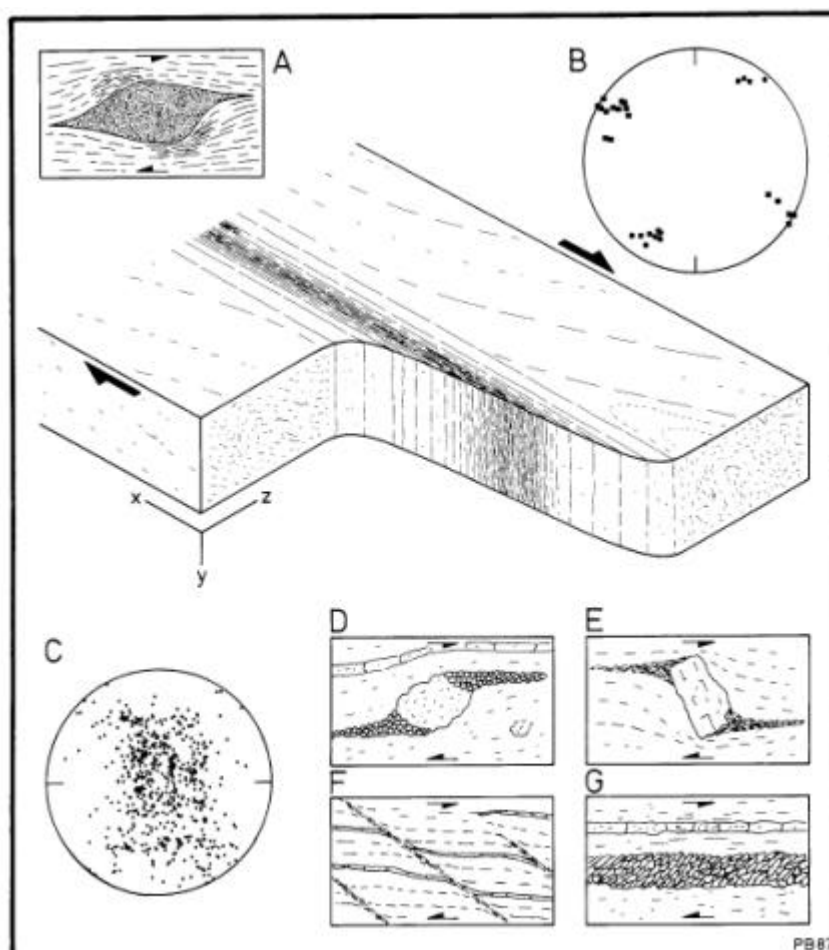


Figura 4.4: Os diagramas mostram a situação do lineamento de Guaçuí que permitem a determinação da direção do movimento. O esquema central mostra as faixas 2 e 3 (central) separadas no mapa elaborado.

A: Sentido dextral do movimento

B: Eixos da foliação

C: Distribuição de 600 eixos-c de quartzo

D-G: Estruturas microscópicas encontradas na faixa do lineamento

**2.2.2. Metamorfismo:**

Na região oeste da área de trabalho (a oeste do lineamento de Guaçuí), ocorrem principalmente rochas da fácies granulito, anfibolito alto e muito raramente xisto verde, com provável retrometamorfismo. São as rochas das unidades Suíte Caparaó e subordinadamente do Grupo Andrelândia, que são representados principalmente pelas paragêneses (Opx-Gra-Cpx):

*Rochas charnoenderbíticas:*

- Opx – Cpx – Plag
- Opx – Bio - Plag - Qu
- Opx – Cpx – Plag – Qu – K-feld
- Opx – Cpx – Plag – Gra – Qu – K Feld

*Rochas máficas:*

- Opx – Cpx – Plag – Qu – K-feld – Anf – Bio
- Opx – Cpx – Plag – Gra – Qu – K feld – Anf - Bio

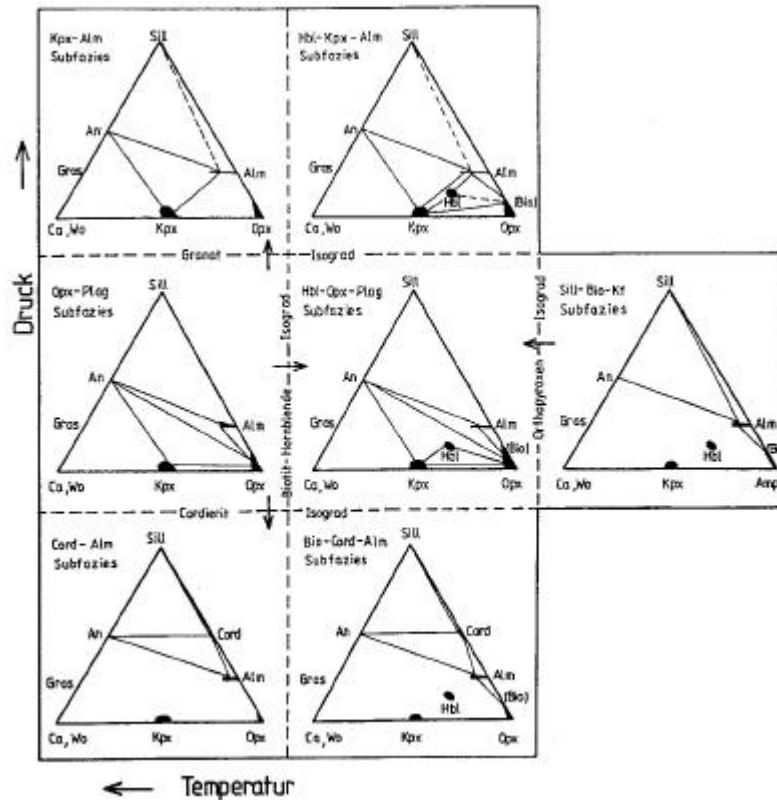
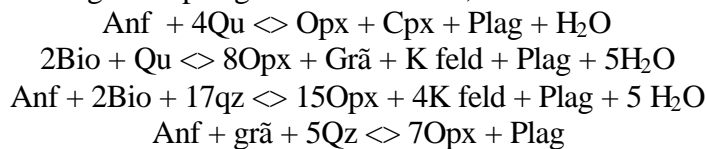


Figura 4.5: diagrama ACF para as rochas da fácies granulito indicando as sub-fácies (Waad, 1969). O diagrama Sil-Bio-Feldspato potássio representa a alm-anf-sub-fácies da fácies anfibolito superior. O resto são diagramas da fácies granulito. Paragêneses do Grupo Andrelândia e da Suíte Caparaó.

Encontraram-se os seguintes paragêneses nas rochas;



Em regiões com pressão mais alta ocorre, além da subfaces Anf-Opx-Plag, também a subfaces Hbl-Cpx-Alm.

Nas rochas com silimanita, granada e biotita existem as seguintes paragêneses:

- Gra - Sil - Plag - Qz - K feld
- Gra - Sil – Bio – Plag - Qz - K feld

Gra - Bio - Plag - Qz-K-feld

Esta alteração foi causada, provavelmente, pela migmatização e pertencem a Hbl-Opx-Plag subfaces da fácies anfibolito alta.

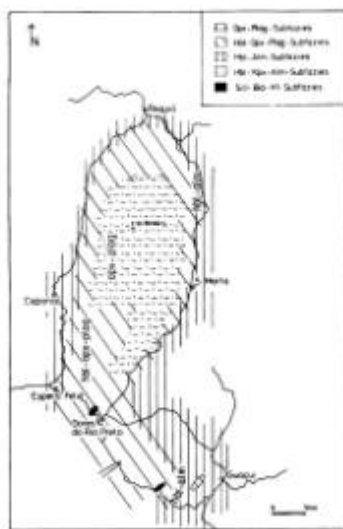


Figura 4.6: Apresentação das isógrads metamórficas na região da Serra do Caparaó.

Em áreas centrais da Serra do Caparaó é encontrada a seguinte associação: Gra-Sil-Cord-Esp-Bio-Plag que pertence à Cord-Alm-subfácies da fácies granulito.

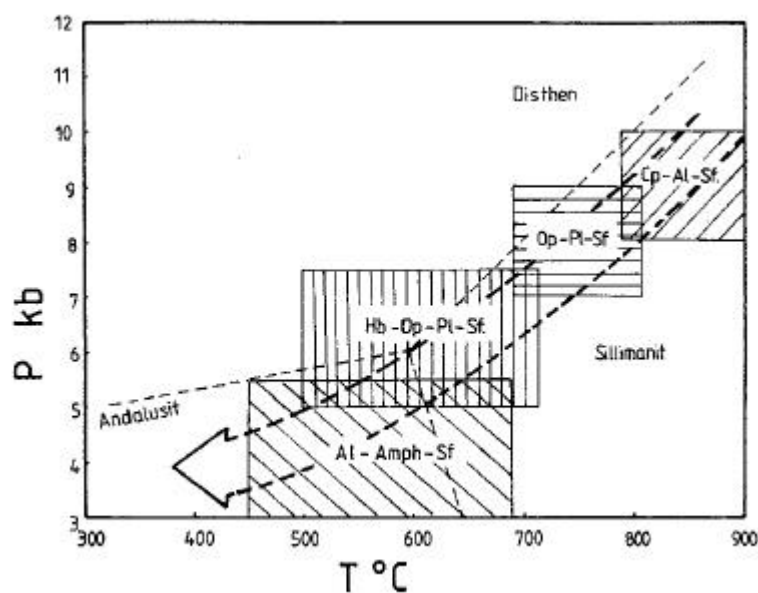


Figura 4.7: Esquema do caminho p-T das rochas da fácies granulito na região da Serra do Caparaó, indicando as sub-fácies.

Silimanit = Silimanita; Op = Ortopiroxênio; Cp = Clinopiroxênio; Pl = Plagioclásio; Al = Granada – Almandina; Hb = Hornblenda; Amph = Anfibólio;

Parece que as rochas da fácies granulito foram formadas por metamorfismo progressivo simples de rochas da fácies anfibolito.

**Resumo das observações sobre o metamorfismo:**

Região oeste do Lineamento de Guaçuí:

Rochas com Opx na área foram identificadas como da fácies granulito, da subfaces Opx-Plag e Anf-Opx-Plag (De Waard, 1968).

O campo P-T varia entre 600-900°C e 7-10kb.

Segundo Söllner (com. verb., 1998) o metamorfismo da fácies granulito ocorreu em torno de 586±2Ma. Existem indícios para uma leve influência do Evento Transamazônico.

A termometria executada com piroxênios indica temperaturas de equilíbrio de 650±50°C (Cpx) e 700±50°C (Opx).

O barômetro de Gra-Opc/Cpx-Plag-Qu indicou pressões de 8,1-10,6kb.

Em geral existe um aumento leve do metamorfismo do Lineamento em direção a oeste.

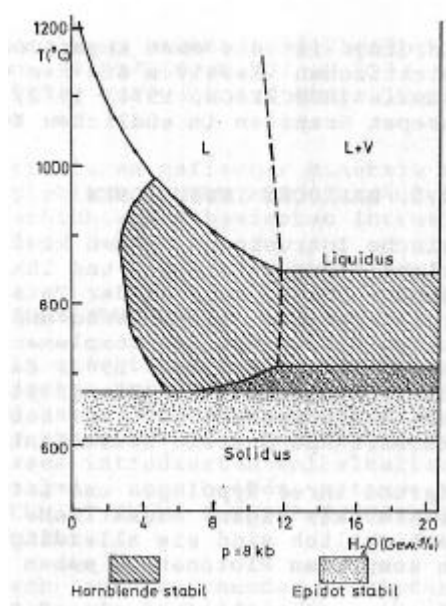
#### Região a leste do Lineamento do Guaçuí:

A transição para as rochas da fácies granulito e muitas vezes formada por kinzingitos. Nas rochas da fácies anfibolito/granulito, que são representados por migmatitos, Bt-Gra gnaisses migmatizados e outros, também a deformação continua ativa após o pico do metamorfismo, mas existem evidências de um aumento de temperatura posterior.

Devem ter sido grauvacas as rochas protólitos das Bt-, Bt-gra gnaisses e migmatitos, com aumento de quartzitos e mármore para leste.

Os corpos de orto-rochas (gnaisse tonalítico a diorítico) são normalmente metamorfizados e penetrados por muitos veios migmatíticos.

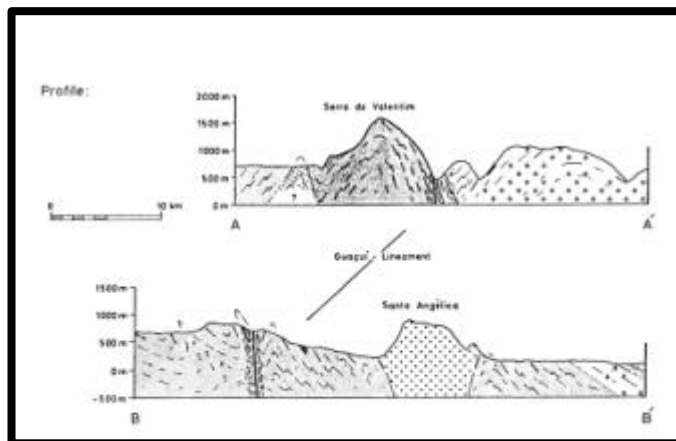
As rochas das fácies granulito e anfibolito mostram contatos, onde não tectônicos, do tipo gradacional. Isto corrobora a idéia que esta mistura não é um resultado tectônico, mas um conjunto causado por atividades variadas de H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub>, varias bacias relacionadas a cadeias vulcânicas e "Schwellen" ou exposição de níveis crustais levemente diferentes.



**Figura 4.8:** Condições p-T para as rochas a leste do Lineamento de Guaçuí e as rochas no Lineamento (Schmidt-Thomé, 1987, modificado)

## O Lineamento de Guaçuí

Esta extensa e ampla zona de cisalhamento é uma feição tectônica que se destaca na área da Folha Espera Feliz (Figura 9). Ao longo deste lineamento observa-se uma ampla variedade de produtos resultantes da milonitização de um grande espectro de rochas de composições diversas. Ocorrem principalmente protomilonitos e milonitos, cujas áreas de maior abundância podem ser cartografadas separadamente das faixas ricas em ultramilonitos. Predomina o sentido dextral de transporte tectônico. O retrometamorfismo se intensifica rumo ao centro da zona do Lineamento de Guaçuí.



**Figura 4.9:** Seção ilustrando o Lineamento de Guaçuí. Observar também a intrusão de Santa Angélica (ca. 480 Ma). A linha entre os diagramas indica o lineamento.

Os dados compilados, obtidos por diversos métodos geo-termobarométricos quantitativos, indicam que o pico metamórfico ocorreu sob pressão de 8,1 a 8,8kbar e temperaturas entre 690° e 750° C. Este metamorfismo é atribuído ao Evento Brasileiro.

Os episódios magmáticos verificados na área são:

- Atividades magmáticas do Evento Transamazônico (ca. 2Ga);
- Atividade magmática intensa e extensiva relacionada ao Evento Brasileiro;
- Intrusão de diques máficos durante o Mesozóico, relacionados à abertura do Oceano Atlântico.

O lineamento de Guaçuí é uma estrutura de grande porte, de largura kilométrica e extensão ampla (ca. 180km no mapa). Esta estrutura faz parte de um sistema de lineamentos que se estende desde a Bahia até o Estado do Rio de Janeiro. Na parte norte o lineamento abre-se em vários braços e, para sul no sistema de Miracema, junta ao sistema Além-Paraíba de orientação SW-NE. É fácil de reconhecer em fotografias Landsat, radar e fotografias aéreas, porque é expresso em uma seqüência de vales alongados na mesma direção.

**2.3. Geotermometria e geobarometria  
Serra do Capará**

Para as rochas das unidades da fácies granulito-anfibolito alto foram efetuadas as seguintes investigações usando paragêneses de Gra-Px, Gra-Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>-Qz-Bt ou Gra-Bt e de rochas do Lineamento de Guaçuí:  
Os resultados podem ser vistos nas tabelas 4.3. e 4.4.

**Tab.4.3:** Análises de microsonda em minerais da região

Probe C167											
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>T</sub>	MnO	NgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Summe
Gra	38,42	0,14	21,89	30,53	0,91	0,15	1,88	-	-	-	101,93
Opx	51,66	0,13	1,88	25,74	0,43	19,87	0,32	0,30	-	0,14	100,47
Plag	55,59	-	26,34	0,05	-	-	8,75	5,78	0,30	-	96,81
-----											
Gra	38,14	0,04	21,63	30,11	0,78	7,85	1,97	0,26	-	0,08	100,86
Opx	51,19	0,14	1,66	26,83	0,41	19,71	0,32	0,17	0,03	0,14	100,60
Plag	55,91	-	26,64	0,09	-	0,15	9,17	5,81	0,21	-	97,93
-----											
Gra	37,62	-	21,61	29,77	0,70	8,10	2,05	0,35	-	0,01	100,21
Opx	50,34	0,10	1,96	27,06	0,39	19,56	0,31	0,37	-	0,13	100,22
Plag	57,11	-	25,64	0,01	-	0,06	8,35	6,01	0,27	-	97,47
-----											
Gra	38,32	-	21,74	30,35	0,76	7,59	2,40	-	0,03	-	101,19
Opx	50,64	0,04	1,52	27,11	0,42	19,52	0,24	0,24	-	-	99,91
Plag	56,45	-	26,04	0,05	-	-	9,75	6,18	0,28	-	96,79
-----											
Probe C168											
Gra	39,22	0,01	22,37	27,17	0,54	0,83	2,57	0,17	-	0,06	100,94
Opx	50,71	0,19	2,03	24,67	0,46	20,87	0,26	0,45	-	0,05	100,75
Plag	57,05	-	25,97	-	0,08	-	8,14	5,89	0,19	-	97,34
-----											
Gra	38,77	-	22,31	28,15	0,79	8,76	2,27	0,17	-	0,04	101,26
Opx	50,70	0,13	1,01	28,77	0,82	18,00	0,39	0,27	-	0,11	100,29
Plag	56,47	-	25,95	0,03	-	-	9,17	6,21	0,13	0,04	97,03
-----											
Probe 62											
Gra	37,77	-	21,31	28,15	0,79	8,76	4,27	0,17	-	0,04	101,26
Opx	50,25	0,22	1,61	14,02	0,42	12,07	20,84	0,30	0,05	0,01	100,36
Plag	57,03	-	25,64	-	-	-	8,36	6,17	0,27	-	97,46

**Termometria em piroxênios:**

Os piroxênios na tabela são predominante ortopiroxênios.  
A região de 500° a 750°C coincide bem com determinações em outras áreas da fácies granulito.  
Utilizaram-se diferentes termômetros de vários autores para obter segurança na determinação (Ellis & Green, 1997: 668°C; Dahl, 1980: 748°C; Harley, 1984: Opx-Gra: 742°C),

**Barometria de Gra-Opx/Cpx-Plag-Qz:**

Segundo Newton & Perkins (1982) estas paragêneses permitem a avaliação de pressões para charnoquitos e granulitos.  
As análises utilizadas para estas avaliações encontram-se na tabela III.2.

**Tabela 4.4:** Dados de minerais e cálculos de pressão para a parte oeste da área da folha Espera Feliz.

Probe	738					Qz
	100	120	140	160	180	
Medpt.	100	120	140	160	180	100
	100	120	140	160	180	100
	100	120	140	160	180	100
$P_{Tm}$	10	10	10	10	10	1000°C
(kbar)	7,5	10	1,8	8,1	8,1	1700°C With 1979
	10	10	10	8,8	8,4	1700°C, No kern, nach Harley (1984)
$P_{Tm}$	10	10	10	10	10	1800°C
(kbar)	8,5	10	8,2	7,1	6,9	1700°C Newton & Perkins (1982)
	10	10	10	8,0	7,8	1700°C, No kern, nach Harley (1984)
$P_{Tm}$	3,7	10	8,0	8,1	8,1	1700°C Goffin et al. (1985)
(kbar)	3,0	10	5,5	8,8	5,3	1700°C
	3,7	10	5,7	10,8	8,9	1750°C
$P_{Tm}$	3,8	10	3,7	8,3	6,2	1700°C Peacor & Chipera (1988)
(kbar)	3,8	10	3,9	8,4	8,3	1700°C
$P_{Tm}$	10	10	10	8,1	8,1	1700°C Newton et al. (1986)
(kbar)	10	10	10	10	10	1800°C Powell & Holland (1988)
	10	10	10	7,2	8,3	1700°C (Siklitzsch nach HPF (1982))
	10	10	10	7,8	7,2	1700°C, No kern, nach Harley (1984)
$P_{Tm}$	8,1	10	8,1	10,8	10,8	1700°C Powell & Holland (1988)
(kbar)	8,8	10	8,3	11,2	10,8	1700°C (Siklitzsch nach HPF (1982))

Probe	738					Qz
	100	120	140	160	180	
Medpt.	100	120	140	160	180	100
	100	120	140	160	180	100
	100	120	140	160	180	100
$P_{Tm}$	10	10	10	10	10	1000°C
(kbar)	10	10	10	10	10	1800°C
$P_{Tm}$	10	10	10	10	10	1800°C
(kbar)	10	10	10	10	10	1800°C
$P_{Tm}$	10	10	10	10	10	1800°C
(kbar)	10	10	10	10	10	1800°C
$P_{Tm}$	10	10	10	10	10	1800°C
(kbar)	10	10	10	10	10	1800°C
$P_{Tm}$	10	10	10	10	10	1800°C
(kbar)	10	10	10	10	10	1800°C
$P_{Tm}$	10	10	10	10	10	1800°C
(kbar)	10	10	10	10	10	1800°C

Relacionado com a área oeste mostram-se durante o Evento brasileiro temperaturas entre 640°C – 750°C e pressões entre 6 – 10,6kb. Devido ao grande erro implícito nos cálculos mostra-se somente um leve aumento do leste para oeste. Isto, com todo cuidado, leva a crer que tudo se formou em um andar crustal muito limitado (crosta média a inferior) e uma maior influência dos fluidos (CO<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O – F<sub>2</sub>, etc.).

**Inclusões fluidas:**

Inclusões fluidas podem dar informações importantes sobre o desenvolvimento da pressão e temperatura e da composição dos fluidos durante a formação das rochas da área.

**Classificação:**

Nas rochas granulíticas da parte oeste encontraram-se os seguintes grupos de inclusões fluidas:

**G1a:** Uma fase (CO<sub>2</sub>) com d=1,08 a 1,03g/cm<sup>3</sup>. T<sub>bCO2</sub> < -20°C.

São isoladas, com distribuição irregular e de forma negativa cristalina (? =5-20µm).

**G1b:** monofásico (CO<sub>2</sub>) com d=0,93 a 0,87 g/cm<sup>3</sup> -20° < T<sub>bCO2</sub> < 0°C.

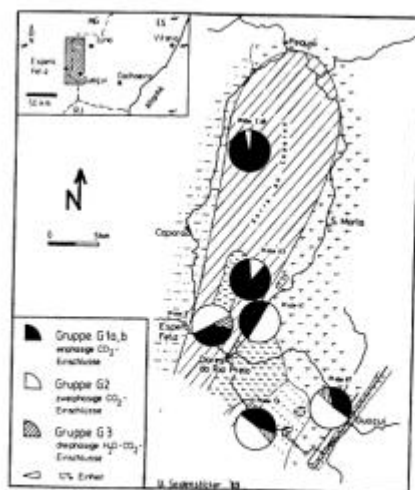
Devido ao posicionamento segundo estruturas lineares devem ser as primeiras inclusões secundárias (? =3-18 µm).

**G2:** São secundárias de composição bifásica (CO<sub>2L</sub> – CO<sub>2V</sub>) e seguem microfissuras bem visíveis ou ocorrem em grupos. A forma é esferoidal ou irregular (? =3-18 µm) o que indica perdas posteriores.

**G3:** São inclusões trifásicas (H<sub>2</sub>O-CO<sub>2L</sub>-CO<sub>2V</sub>). Elas ocorrem em seqüências de perolas alinhadas segundo microfissuras, sendo assim secundárias (? =3-15 µm).

Outros: Por vezes ocorrem, nos quartzos das rochas granulíticas, inclusões leitosas e arredondadas (? =3-8 µm), provavelmente com N<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> e temperaturas de homogeneização ~134°C o que é comparável com o eutético de N<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>.

A figura mostra a distribuição regional destas inclusões fluidas em diversas rochas.



**Figura 4.10:** A distribuição relativa das diversas inclusões fluidas (G1, G2 e G3) na região da Serra do Caparaão

**Microtermometria:**

Determinaram-se em 345 inclusões fluidas a temperatura de fusão do CO<sub>2</sub>.

**Microbarometria:**

É possível ver uma redução da pressão de formação das inclusões de G1 para G3, em geral calculado de;

G1a: 6-7kb

G1b: 4,5-6,8kb

G2: 2,8-4kb

**Laser-Raman-Espectroscopia:**

Permite a análise quantitativa da composição de fluidos em inclusões fluidas (CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>).

A geração G1 a é formado de misturas de 94,5%CO<sub>2</sub> e 5,5%N<sub>2</sub> com traços de CH<sub>4</sub>.

As inclusões G1b são formadas somente de 96,8%CO<sub>2</sub> e 3,2%N<sub>2</sub>.

O grupo G2 tem altas concentrações de CO<sub>2</sub> (97,8%), e 2,2%N<sub>2</sub>.

As inclusões G3 têm somente CO<sub>2</sub>.

**Cátodo luminescência (CL):**

Foi possível separar três tipos de fissuras nas rochas da fácies granulito:

- Hidrofraturas/faturas tencionais – Processos de "defluidisação" na crosta inferior
- Fraturas de cisalhamento – Processos da crosta média a superior
- Fraturas de decrepitação??- Processos da crosta média a superior



**2.4. Geocronologia**

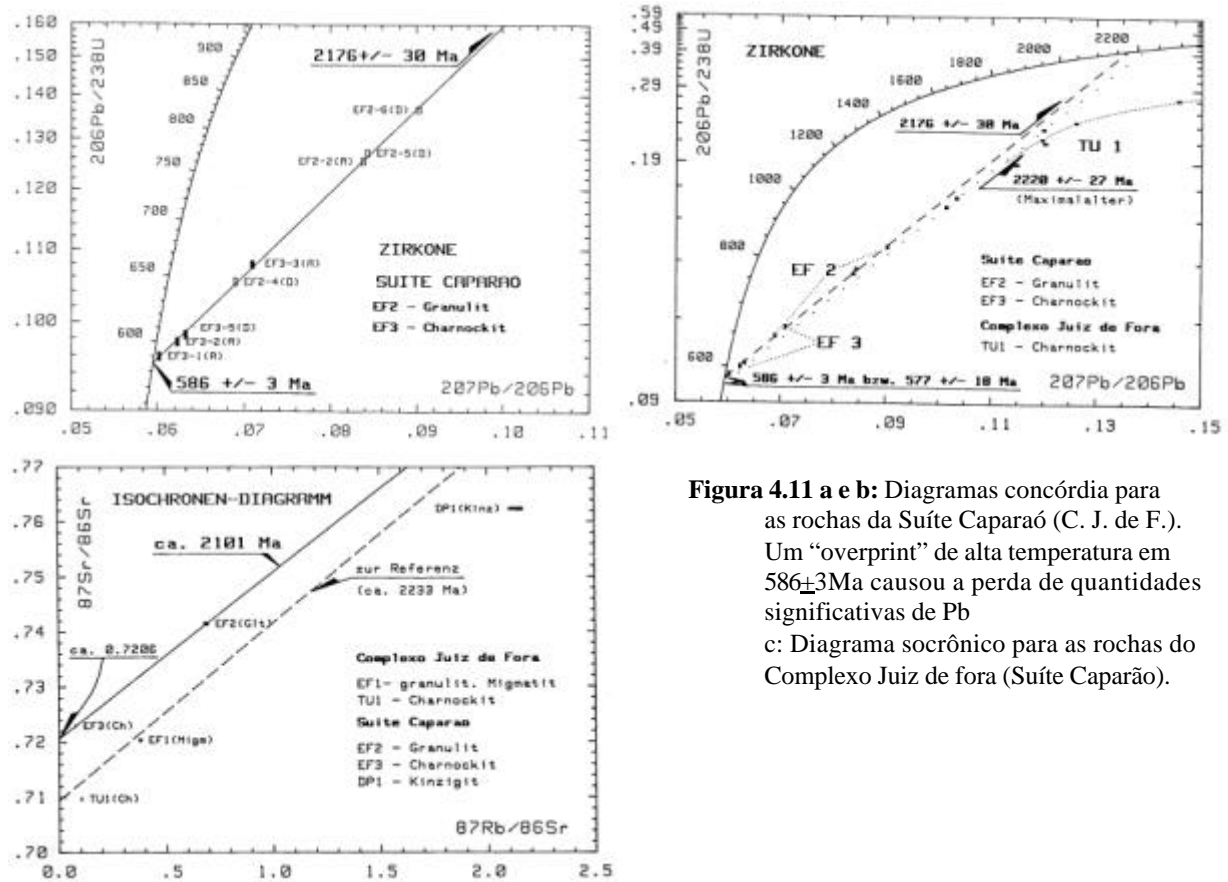
**Lineamento de Guaçuí:**

Datações efetuadas fora da área de mapeamento, no Lineamento de Além-Paraíba, sugerem idades tardias do Evento Brasileiro (Brenner et al., 1980, Campanha, 1981, Hasui & Oliveira, 1984). Um limite inferior foi dado por datações de pegmatitos, aplitos e granitos nos milonitos do Sistema Além-Paraíba por Cordani et al. (1973), com  $499 \pm 18$  Ma (K-Ar em biotita). Leva-se em consideração também as datações efetuadas por Söllner et al. (1978) em biotitas.

**Suíte Caparaó (Complexo Juiz de Fora retrabalhado):**

Foram analisadas três amostras de rochas EF1, EF2 e EF3 (Söllner et al., 1991). As rochas investigadas mostram contatos de transição e/ou tectônicos. Os zircões possuem um núcleo com alto teor de Pb herdado (300-500ppm) e idade (ca.  $2176 \text{ Ma} \pm 30 \text{ Ma}$ ) com sobrecrecimento (Pb em torno de 50-100ppm) e idade (de  $586 \pm 3 \text{ Ma}$ ) associada ao evento de fácies granulito.

As figuras mostram as diagramas de concórdia para as amostras acima citadas.



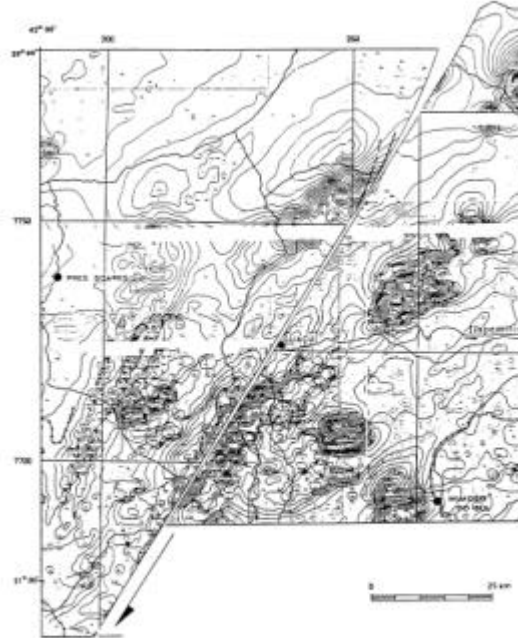
**Figura 4.11 a e b:** Diagramas concórdia para as rochas da Suíte Caparaó (C. J. de F.). Um “overprint” de alta temperatura em  $586 \pm 3 \text{ Ma}$  causou a perda de quantidades significativas de Pb  
c: Diagrama socrônico para as rochas do Complexo Juiz de fora (Suíte Caparaó).

Estes resultados combinam razoavelmente com os resultados obtidos para o Complexo Juiz de Fora próximo da região homônima ( $2220 \text{ Ma} \pm 27 \text{ Ma}$  e  $577 \text{ Ma} \pm 18 \text{ Ma}$ ).

## 2.5. Geofísica

### Aeromagnetismo

Na região da folha Espera Feliz existem mapas de anomalias magnéticas totais em escala de 1:100.000 e 1: 1.500.000 (Bóie, 1973) que contribuem com informações para desvendar as estruturas mais profundas. Estes mapas são resultantes de um projeto de colaboração entre o DNPM-Brasil e o BGR-Alemanha, executados pela empresa PRAKLA-SEISMOS (Bosum, 1973). Os resultados foram em parte controlados em campo (Bosum & Mollat, 1975). A interpretação (Bosum & Mollat, 1975) resultou no seguinte:



**Figura 4.12:** Recorte do mapa aeromagnético dos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Dados técnicos: Inclinação média do campo da terra é  $25,5^{\circ}\text{S}$ , a declinação é de  $-19^{\circ}$  e a intensidade média de  $24150\text{nT}$ . Distância entre os perfis é de  $2\text{km}$ , com altitudes do vôo entre  $1550\text{m}$  a norte e  $1740\text{m}$  a sul.

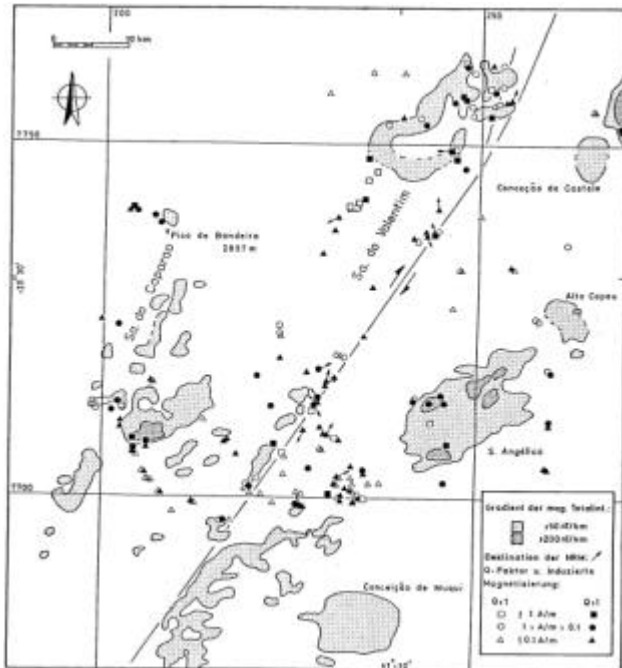


Figura 4.13: A figura ao lado mostra a intensidade magnética total. As anomalias visíveis são facilmente correlacionadas com as intrusões de estrutura complexa (bimodal) do Evento Brasileiro, com a exceção das anomalias da Serra do Caparaó, da Serra do Valentim e de algumas áreas na parte sul do Lineamento de Guaçuí, onde encontram-se as rochas máficas a ultramáficas alteradas e, em seqüência para o sul, corpos intrusivos graníticos do Estado de Rio de Janeiro.

## 2.6. Gênese e Desenvolvimento

Até hoje existem dois modelos para o desenvolvimento da região em questão. Eles explicam a formação da região por intensivo retrabalhamento de seqüências supracrustais num evento tecto-genético ligado a um dobramento ensialico (Schelmerhorn 1981, Siga et al. 1982) ou por colisão continental-continental (Leonardos & Fyfe, 1974, Leonardos et al, 1976, Pedrosa-Soares & Wiedemann, 2000, Pedrosa-Soares et al., 2001, 2002, Campos et al. em publ.)

Como os dois não estão em concordância com os dados de campo, de geofísica, dados geocronológicos e estruturais, será apresentada uma síntese que é válida para a região em questão.

### O magmatismo:

O *Granitogneisse Serra das Cangalhas* deve ser um material diferenciado do Granitogneisse Estrela com composição menos desenvolvida, mas fazendo parte do mesmo magmatismo.

O *Granitogneisse Estrela* mostra características que são típicas para magmatismo ligado a processos de subdução (IAG ou CAG).

O *Tonalito Manhauçu*, que ocorre em afloramentos isolados ou perto de divino de São Lourenço, poderia representar a base do arco magmático.

*Granitos Santa Angélica e Conceição de Muquí* são partes de intrusões de estruturação complexa (bimodal), tardi e pós-tectônicas, derivam de materiais crustais contaminados por materiais mantélicos que se acumularam na base da crosta. Estas intrusões mostram a mudança do regime compressional para extensional, com a evolução para um magmatismo mais alcalino, com idades 25 a 75Ma mais jovens que a colisão. A diferença de idade entre a intrusão do Tonalito Estrela e dos Granitos Santa Angélica e Conceição de Muqui (60Ma) apóia esta sugestão.

### Seqüência de rochas:

Os metassedimentos desta região são principalmente grauvaça e rochas associadas que ocorrem hoje como biotita-, biotita-granada- e biotita granada-piroxênio gnaisse junto com faixas de quartzito relativamente puro na parte a oeste do Lineamento de Guaçuí, exibindo principalmente metamorfismo de fácies granulito a anfíbolito alto. A leste do lineamento ocorrem biotita-, biotita-granada- e biotita-granada-anfíbólio gnaisse com faixas de quartzito muito impuro, camadas e "boudins" de rochas calciosilcáticas, anfíbolitos e mármore na fácies anfíbolito principalmente.

### Metamorfismo:

Os condições de p-T são calculadas em torno de 700-750°C e 6-7,5Kb, com as rochas na região da Serra do Caparaó sofrendo condições um pouco mais altas, 710-780°C e 8,1-8,8Kb (Fritzer, 1991). Nesta região são também registradas localmente pressões bem mais elevadas (Seidensticker, 1990). Postula-se assim uma cobertura de ca. 25km durante a evolução da região no Evento Brasileiro. As variações nos valores do p e T podem ter sido causadas por dobramentos de grande amplitude e movimentação de pacotes de rochas ("nappes").

Tais fatos parecem ser congruentes com um modelo de crosta duplicada atrás de uma margem de colisão continente-continente localizada a nordeste e/ou sudeste. Isto é favorecido também pelas observações de campo como grandes áreas de anatexia e zonas de alto ângulo com movimentação lateral. Plataformas deste tipo também são submetidas a alta velocidade de levantamento com equilíbrio isostático. Uma investigação detalhada em biotitas (idade de fechamento do sistema K-Ar) poderia trazer mais informações.

### Modelo:

Principalmente baseado nas observações do grupo de colaboração UFRJ-LMU, Alemanha:

Durante o Evento Transamazônico (~2Ga) formou-se uma bacia semelhante às bacias de "Flysch" ou "Molasse". Nesta depressão foram depositados os sedimentos provenientes das rochas do Complexo Juiz s.s. Devido a um rebaixamento contínuo, a profundidade da bacia pode

ter atingido até cerca de 15km. Estes sedimentos sofreram um metamorfismo tardi-orogênico de baixo grau.

Entre 2 e 1Ga formou-se uma região de plataforma continental, com sucessivas sub-bacias e altos entre elas. Nestas depositaram-se arenitos, argilitos, calcários e vulcanosedimentos numa seqüência transgressiva, que hoje formam as rochas do Complexo Paraíba do Sul e do Grupo Andrelândia na área da folha (e.g. gnaisses, quartzitos, mármore, rochas calciosilicáticas, anfíbolitos).

A leste deve ter existido uma zona de subducção com fundo oceânico e ofiolitos, talvez ainda existente no sul da área: rochas ultramáficas-máficas não diferenciadas na Serra da Ventania (?).

Após 1Ga esta margem continental passivo, representando toda a área da folha, sofreu compressão e conseqüentemente redução espacial W-E com a formação de uma zona de subducção para oeste (ca. de 30°). Assim as rochas da área foram cada vez mais deformadas. Ocorreram deslizamentos em falhas e planos de movimentação e de anatexia devido ao aumento de  $t$  e  $p$  e a ascensão e atuação de fusões parciais do manto que se acumularam na base da crosta. Aqui se formaram os corpos pegmatíticos a oeste, maior quantidade e a leste da Serra do Caparaó nas Rochas do Grupo Andrelândia.

O Evento Brasileiro, entre ~680Ma até 450Ma é definido pelo final da compressão e o desenvolvimento de um "rifteamento s. l.". Assim junto com o processo de subducção talvez desenvolveu-se um conjunto de micropalcos que explica a aparência heterogênea no mapa aeromagnético.

Entre 513 a 480Ma intrudiram os granitos Santa Angélica e Conceição de Muqui de composição cálcio-alcálica – levemente alcalina junto à formação de planos listricos e dobramentos para oeste.

Posteriormente deu-se a introdução dos pegmatitos encaixados em fraturas dos granitos e nas partes apicais as cúpulas. Ocorreu também a intrusão de veios de composição e texturas variadas nas fraturas.

### **3. GEOLOGIA LOCAL**

#### **3.1. Estratigrafia**

A síntese abaixo engloba todas as unidades que ocorrem na Folha Espera Feliz - SF-V-A-IV. No item 3.2. estas unidades serão descritas mais detalhadamente.

FANEROZÓICO

CENOZÓICO

NEOGENO

**Na** Depósitos aluvionares inconsolidados a semi-consolidados - estão incluídos os rejeitos dos garimpos de caulim, quartzo e mica. São depósitos fluviais, arenosos a argilosos, com lentes de cascalho sub-arredondado a arredondado, parcialmente superpostos por quantidades variadas de colúvio formado por material mal arredondado e mal classificado. Essas coberturas são avolumadas por depósitos recortes de atividades garimpeiras, especialmente no lado oeste da Serra do Caparaó. Estas ocorrências são exploradas em vários pontos, preferivelmente nos nos ou suas margens, para a produção de areia e cascalho

CAMBRIANO

**ca** Pegmatitos a berilo, topázio, ametista e água-marinha - pegmatitos constituídos, principalmente, por feldspato potássico, quartzo (hialino, fumê, rosa), turmalina preta e verde escuro, berilo amarelo-esverdeado e às vezes, água marinha de cor azul profunda. São produtos da cristalização fracionada dos granitos c2ay51sa, principalmente, e c2ay51cm, formando bolsões no topo dos corpos graníticos e preenchendo suas faturas. Ocorrem no extremo leste da área, no topo das intrusões de Santa Angélica (onde são contêm ametista, berilo e água marinha) e Conceição de Muqui (quartzo fumê, berilo, água marinha e schorlita)

**Ca2ay51sa** Granito Santa Angélica - Biotita granito, tardi- a pós-transcorrente, de granulação geralmente grossa, rico em fenocristais de feldspato potássico (até 10 cm), com alantita. A composição passa, rumo ao topo dos corpos, para granito pobre em biotita, mas rico em quartzo e feldspato potássico muito grosso, com considerável ocorrência de alantita (até 10%). Nas bordas dos corpos ocorre foliação de fluxo magnética, e xenólitos centimétricos a métricos das rochas encaixantes em vários estágios de assimilação e raras restos de margens de resfriamento rápido (chilled margins), paralelos ao fluxo magnético. Trata-se de granito originado por fusão da crosta inferior a média, com alguma contribuição mantélica. A única ocorrência situa-se ao norte da cidade de Alegre, na parte centro-leste da folha.

**c2ay51cm** Granito Conceição de Muqui - Biotita granito, a quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e titanita, tardi- a pós-transcorrente, de cor cinza, com granulometria geralmente fina a média, aparência homogênea, com autólitos dioríticos e xenólitos das rochas encaixantes. Mostra raras estruturas de fluxo magnético e às vezes, granulação grossa (até 5-7mm) e textura homogênea. Representa fusão de crosta média com contribuição mantélica subordinada. É menos diferenciado do que o Granito Santa Angélica. Afiora ao nordeste da cidade homônima no extremo sudeste da folha

PROTEROZÓICO

NEOPROTEROZÓICO

ROCHAS INTRUSIVAS GNAISSIFICADAS

**NP2y1ca** Ortognaisse Serra das Cangalhas - Ortognaisse de composição granítica a granodiorítica, composto de porfiroclastos e fenocristais de feldspato potássico, associados a plagioclásio, quartzo, biotita, opacos e às vezes anfíbolo, de granulação geralmente média a grossa. Especialmente nas bordas ocorrem xenólitos de rochas encaixantes, geralmente muito deformados e em avançado estágio de assimilação, e autólitos muitas vezes bandados envolvendo pequenos corpos de ortognaisse Estrela. O ortognaisse Serra das Cangalhas apresenta corpos orientados, geralmente a NE-SW, concordantemente à foliação regional e, eventualmente, bandamento centímetro a decímetro (bandas de minerais claros alternadas com bandas de minerais escuros). Ocorrem autólitos e veios dioríticos e mais máficos, de granulação muito fina. Representa fusão da crosta inferior a média

**NP2y1sa** Ortognaisse Estrela - Ortognaisse de composições granítica e diorítica predominantes, e tonalítica subordinada, de granulação média a grossa. É composto por quantidades variáveis de quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, pouca biotita de distribuição heterogênea, concentrações de anfíbolo e às vezes, aglomerações de granada (onde houve assimilação de rochas encaixantes). Porfiroclastos e fenocristais de feldspatos (até 5 cm) ocorrem orientados segundo o fluxo magnético e foliação regional. Nas margens dos corpos ocorrem xenólitos de rochas encaixantes e autólitos, geralmente bandados. Esta unidade forma grandes corpos de direção NE-SW na parte leste da folha, onde encaixam intrusões tardias. Também ocorre em veios e bolsões, centimétricos a decimétricos, concordantes ou discordantes da foliação regional do Complexo Paraíba do Sul. O ortognaisse Estrela representa fusão da crosta inferior a média, com a participação de sedimentos do Complexo Paraíba do Sul

**NP2y1sa** Gnaisse tonalítico de Manhauçu - ortognaisse tonalítico, granodiorítico a trondhjemítico, com intercalações de anfíbolo-biotita gnaíse. A mineralogia é composta por plagioclásio, anfíbólos, quartzo, biotita, e raramente, granada nas partes marginais. A foliação tem orientação predominante a NE-SW. Estruturas indicativas de misturas mecânica (mingling) e química (mixing) ocorrem eventualmente. Esta unidade ocorre em pequenos corpos alongados dentro das rochas da Megassequência Andrelândia, na parte entre a Serra do Caparaó, a oeste, e o Lineamento de Guaçui, a leste, e em corpos maiores nos arredores de Divino de São Lourenço. Representa provável fusão de rochas da crosta inferior a média, com contribuição de rochas do Complexo Juiz de Fora

**NP2y1sa** Unidade Serra da Ventania - rochas máfico-ultramáficas milonitizadas e altamente metamorfizadas, incluindo anfíbólos, piroxênitos, piroxênitos com restos de olivina e piroxênio-anfíbolo-feldspato-quartzo féls. A mineralogia é muito variada: olivina, piroxênio, anfíbólos, espinélio, diopsídio, quartzo, calcita, moscovita, talco, opacos, dentre outros. Os únicos afloramentos ocorrem no extremo sul da folha, na zona de influência do Lineamento de Guaçui. Representam, provavelmente, rochas de ambiente oceânico (transformados de basaltos, olivina-piroxênitos, anfíbólos) que sofreram metamorfismo de contato, (auto)metamorfose e hidrotermalismo

COMPLEXO PARAÍBA DO SUL

**NP3sa** Complexo Paraíba do Sul - paragneisses granatíferos ou não, migmatizados, com intercalações decimétricas a métricas de rochas cálcio-silicáticas, camadas de anfíbólos, lentes de mármore e quartzitos impuros extremamente dobrados e foliados, principalmente de facies anfibolítica, localmente granulítica. Inclui faixas de ortognaisse não discriminadas e de tamanho variado. Os protólitos deste complexo seriam sedimentos pelo-grauaquianos, relacionados a ambiente tectonicamente ativo

GRUPO ANDRELÂNDIA

**NP4gm1** Silimanita-granada paragneisse e granada paragneisse, migmatizados, com camadas ricas em quartzo e intercalações de anfíbólos; altas concentrações locais de granada. Existem ocorrências de cordierita-silimanita-granada gnaíse na parte norte da folha. Quartzito puro a impuro (q); quartzitos entre os grãos de quartzo de granulação média a grossa (5mm a ca. 2cm). Representam sedimentos com pequenas quantidades de moscovita, contendo a foliação regional. Caulim preenche espaços vazios (litóclásticos?) bem maduros

**NP4gm2** Granada gnaíse migmatizado, rico em veios pegmatóides e pegmatitos que atingem 100m de espessura. A rocha tem aspecto muito plástico com partes consideráveis de fusão granítica inicial, formando os corpos pegmatíticos. A composição do paragneisse é essencialmente quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e moscovita, granada, opacos e raramente turmalina

SUÍTE CAPARAÓ (COMPLEXO JUIZ DE FORA)

**PP2gr1** Hiperstênio ortogranatósido gnaíssificado, bandado, com partes migmatizadas. Quantidades variadas de granada e eventuais intercalações de paragneisse, kinzigito, chamoquito, partes granulíticas na forma de enclaves e/ou corpos maiores são frequentes. Em geral, se encontra marcadamente foliado na direção N-S. São produtos da remobilização de rochas do Complexo Juiz de Fora, com uma pequena contribuição dos sedimentos da Megassequência Andrelândia, mostrando uma ampla variedade petrográfica

**PP2gr2** Hiperstênio granito, localmente foliado (N-S predominantemente) e com enclaves de composição piroxenítica-anfibolítica, raramente diorítica ou gnaíssica. Ocorrência de faixas noríticas em boudins isolados e raramente alinhados. São partes (hiperstênio granitos com enclaves, xenólitos e restitos) intensamente fundidas e mobilizadas do Complexo Juiz de Fora

PROTEROZÓICO

REGIÃO DO LINEAMENTO DE GUAÇUI

**PRgm1** **PRgm2** **PRgm3** **gumi1** - faixa marginal da área de influência mais proeminente do Lineamento de Guaçui. Constituído por migmatitos e gnaísses migmatizados, a partir das rochas regionais afetadas, em parte com foliação milonítica que aumenta em intensidade rumo à zona central; **PRgm2** - milonitos indiferenciados formados a partir de gnaísses e migmatitos. Ocorrem partes fundidas, com material quartzo-feldspático, resultado de fusões parciais. Foliação predominante na direção N-S, mas localmente ocorrem duas direções de foliação; **PRgm3** - faixa extremamente milonizada com a ocorrência de ultramilonitos e blastomilonitos, sem a possibilidade do reconhecimento do protólito afetado. Porfiroclastos de quartzo e feldspatos centimétricos, na forma de disco, e foliação muito penetrativa (milimétrica a sub-milimétrica)

### 3.2. Descrição das unidades

#### 3.2.1. Unidades do Neogeno

Estas rochas consolidadas a semi-consolidadas ocupam as baixadas, vales dos rios e planícies maiores da folha, com exceção das regiões da Serra do Caparaó e dos corpos graníticos do leste da folha. Em grande parte são depósitos fluviiais *in situ*, arenosos a argilosos com lentes de cascalho desenhando as curvas dos rios e as partes a jusante das corredeiras. Parte das encostas são muitas vezes recobertas depósitos de colúvio com espessuras variadas. A separação de aluvião e coluvião, como subdivisão dos depósitos superficiais, não é possível nesta escala de mapeamento.

A atividade garimpeira nos pegmatitos (caulim, mica), especialmente no lado oeste da Serra do Caparaó, alimenta os depósitos superficiais com o rejeito lavado das minas para os vales. Nos rios de maior vazão são explorados em vários pontos areia e cascalho para construção civil.



Figura 5.1: Extração de areia nas entre as cidades de Espera Feliz e Caparaó nas margens do Rio Manhuaçu. Principal produto é uma areia média para a construção civil.

#### 3.2.2. Intrusões Brasilianas – Cambrianas

Vários corpos intrusivos, não deformados ou pouco deformados nas suas margens, ocorrem na área da Folha Espera Feliz, alojados nas unidades regionais (principalmente no Complexo Paraíba do Sul e, em menor escala, no Grupo Andrelândia. Estas intrusões são geralmente bimodais e variam de conjuntos granítico-gabroícos a granítico-dioríticos. São corpos tardi-orogênicos, regionalmente correlacionáveis à suíte G5. Eles ocorrem em três unidades:

- a. Pegmatitos
- b. Granito Santa Angélica
- c. Granito Conceição de Muqui

#### PEGMATITOS

Os principais corpos pegmatíticos que ocorrem na Folha Espera Feliz são corpos residuais formados na cristalização das intrusões tardi-orogênicas (granitos  $\epsilon\gamma 5b$  e  $\epsilon\gamma 5a$ ; Granito Santa Angélica, p. ex.). Os pegmatitos alocaram-se nas partes apicais das cúpulas e em fraturas assimétricas a simétricas que cortam estes corpos graníticos.



Figura 5.2 : Ocorrência de antigas atividades garimpeiras no Granito Santa Angélica (esquerda) e na Intrusão de Conceição de Muqui (direita). As lavras estão abandonadas ou são trabalhadas esporadicamente.

A composição mineral é formada por quartzo, feldspato potássico, moscovita em paletas, por vezes columbita e tantalita, schorlita, raramente magnetita e minerais radioativos. Suas principais mineralizações economicamente importantes de gemas são água-marinha, topázio (azul, rosa e amarelo) e quartzo (enfumaçado e rosa, raramente ametista).

Estes pegmatitos são muitas vezes acompanhadas por veios aplíticos, com a composição média abaixo relacionada.

Tabela 5.1: Composição média dos veios aplíticos, ligados aos pegmatitos na região do Granito Santa Angélica.

	Teor máx	Teor méd
<b>SiO<sub>2</sub></b>	77,89	68,73
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	16,94	14,34
<b>FeO</b>	5,32	2,07
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	3,55	1,38
<b>MgO</b>	4,18	1,02
<b>MnO</b>	0,25	0,07
<b>CaO</b>	6,00	2,53
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4,86	2,94
<b>K<sub>2</sub>O</b>	6,08	4,72
<b>TiO<sub>2</sub></b>	2,22	0,69
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	1,43	0,31
<b>LOI</b>	1,69	0,59
<b>Rb</b>	213	130
<b>Sr</b>	1167	515
<b>Y</b>	74	30
<b>Zr</b>	911	395
<b>Nb</b>	27	14
<b>Ba</b>	2113	1053
<b>Pb</b>	59	30

## GRANITO SANTA ANGÉLICA

O granito, tardi a pós-transcorrente, é uma rocha de granulação grossa, porfírica com textura claramente fluidal. A sua cor varia entre cinza a amarela-marrom. Apresenta uma foliação de borda, cuja orientação acompanha a forma do corpo, na região em torno de NE-SW.

O Granito tem uma composição mineralógica de quartzo, feldspato, biotita e às vezes alanita. Tem bastante feldspato potássico grande (até 10cm) com orientação de fluxo. Nas margens do corpo ocorrem enclaves da rocha encaixante em diversos estádios de assimilação e, raramente, restos irregulares de “chilled margins” de composição mais máfica e em geral de granulometria fina ou aspecto vítreo. Análises modais indicam uma associação granítica-monzogranítica.



Figura 5.3: Aparência do granito Santa Angélica em afloramento. Possui granulação grossa, formado por feldspatos potássicos grandes, mica, quartzo e pouco anfibólio. Aqui não observa-se allanita.



Figura 5.4: Sobre um terreno formado por rochas do complexo Paraíba do Sul ver-se uma intrusão de granito Santa Angélica, bem acima da Superfície Sul-americana. Normalmente tem contatos bem definidos e inclinados com as rochas encaixantes.

### **Mineralogia:**

Ocorre bastante microclina, plagioclásio hipidiomórfico e plagioclásio xenomórfico. Os contatos entre os plagioclásios da matriz são normalmente retos; os contatos entre quartzo e feldspato potássico são normalmente curvados.

**Feldspato potássico:** (comumente até 8cm, as vezes >10cm) em cristais hipidiomórficos (microclina pertítica) ou microclina micropertítica, até 0,8cm. Fraturas são ocupadas por plagioclásio e mais raramente por biotita.

**Plagioclásio:** Tem composição  $An_{18-25}$  e ocorre como cristais xenomórficos na matriz em grãos com até 2cm. No contato com microclina ocorre mirmequita. As lamelas são geralmente dobradas e ocorre extinção ondulante.

**Quartzo:** Os grãos, até 2cm, tem extinção ondulante e subgrãos são comuns.

**Anfibólio:** Hornblenda hastingsítica encontra-se as vezes nos contatos dos grãos de microclina ou mostra intercrescimento simplectítico com quartzo.

**Minerais Acessórios:** Principalmente biotita verde, apatita, titanita, zircão, allanita (até 10%) e hematita ou magnetita.

### **GRANITO CONCEIÇÃO DE MUQUI**

Trata-se de um biotita granito tardi- a pós-transcorrente, de granulação fina a média (em torno de 1mm), raramente porfirico (raros feldspatos até 5cm) e geralmente isotrópico, com fácies ligeiramente mais intermediárias devido a uma menor diferenciação ou maior



contaminação durante a ascensão. Possui aspecto cinza e homogêneo, com restitos dioríticos e enclaves das rochas encaixantes e de granito de grão grosso (Granito Santa Angélica).

A principal composição mineral do granito é quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, biotita e um elevado teor de titanita.



Figura 5.5 a e b: Vista em direção ao afloramento principal do Granito Conceição de Muqui. Observa-se também a altitude elevada do corpo. A parte externa é formada por este granito enquanto a parte interna é formado por um granito de granulação mais grossa.



Figura 5.6 a e b: Os cortes da rocha mostram a granulação fina, a cor cinza e a homogeneidade do Granito Conceição de Muqui. Aparência típica de blocos das rochas magmáticas tardias.

### **Petrografia:**

**Feldspato potássico:** Microclina pouco micropertítica, principalmente xenomórfico, com poucos indivíduos maiores idiomórficos. Quartzo idiomórfico e plagioclásio hipidiomórfico encontram-se incorporados na bordas dos cristais.

**Plagioclásio:** Hipidiomórfico, trata-se de oligoclásio sericitizado com bordas de composição albitica, especialmente nos contatos com feldspato potássico.

**Quartzo:** Os grãos, com até 1cm, tem extinção ondulante e a formação de subgrãos é comum.

**Biotita:** Único mineral máfico importante, ocorre em duas gerações; uma antiga com grãos idiomórficos e uma mais nova de tipo xenomórfico.

**Titanita:** Ocorre em grãos idiomórficos a subidiomórficos distribuídos na rocha. Os cristais atingem até 3-5mm.

**Minerais acessórios:** São quantidades diminutas de ilmenita, magnetita, allanita (muito raro), mais zircão e apatita.

Tabela 5.2: A composição modal dos dois tipos de granito em comparação.

Mineral	Granito Santa Angélica	Granito C. de Muqui
Plagioclásio	22,8	29,4
Feldspato potássico	37,3	33,1
Quartzo	31,4	24,5

Anfibólio	0,4	--
Biotita	4,0	8,2
Opacos	1,3	0,8
Titanita	0,9	2,8
Apatita	0,4	0,1
Min. Access.	1,2	2,5

**Química dos dois granitos:**

Tabela 5.3: composição química dos granitos Santa Angélica e Conceição de Muqui.

Ox.	Granito Sta. Angélica					Granito C. de Muqui				
	MM	Med	Min	Max	StD	MM	Med	Min	Max	StD
Gew.-%										
SiO <sub>2</sub>	68,10	67,77	57,73	79,09	4,62	66,29	67,30	60,64	72,45	3,41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,79	14,78	10,64	17,79	1,36	14,92	14,92	11,87	16,49	1,05
FeO	2,10	1,97	0,31	4,67	1,10	3,70	3,26	2,30	6,38	1,25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,40	1,31	0,21	3,11	0,74	0,66	0,58	0,41	1,13	0,22
MgO	1,14	0,89	0,01	3,53	0,87	1,15	0,99	0,01	2,97	0,89
MnO	0,08	0,07	0,01	0,63	0,08	0,77	0,82	0,01	0,12	0,03
CaO	2,80	2,45	0,32	5,76	1,19	2,99	2,80	1,40	4,74	1,05
Na <sub>2</sub> O	2,75	2,75	0,36	4,46	0,91	2,54	2,79	0,87	3,49	0,71
K <sub>2</sub> O	4,82	4,91	2,52	7,49	1,14	4,82	5,29	1,99	6,72	1,45
TiO <sub>2</sub>	0,69	0,58	0,01	4,21	0,57	0,91	0,70	0,64	1,69	0,36
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,29	0,19	0,01	3,01	0,38	0,33	0,24	0,07	0,79	0,24
Gy	0,63	0,59	0,14	2,52	0,27	0,82	0,69	0,42	3,02	0,63
Summe	99,39					99,90				
ppm										
V	92	69	11	418	78	117	92	62	255	61
Cr	34	34	1	95	21	24	21	1	91	22
Co	10	6	1	115	14	13	11	6	25	7
Ni	29	26	1	139	20	15	13	1	66	17
Cu	24	22	8	83	11	20	21	9	40	9
Zn	156	129	51	1376	136	117	111	88	159	23
Ga	23	23	14	32	3	26	25	19	30	3
Rb	125	117	11	264	43	179	168	111	273	61
Sr	512	456	43	1958	276	564	511	237	936	255
Y	36	33	1	312	34	36	30	14	63	15
Zr	327	286	2	797	194	568	556	329	1104	180
Nb	15	17	1	30	7	22	23	16	30	4
Ba	1299	1287	164	2581	491	1167	1001	529	2066	479
Pb	28	24	10	99	12	34	29	19	80	15
U <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	1	1	17	2	2	3	1	4	1

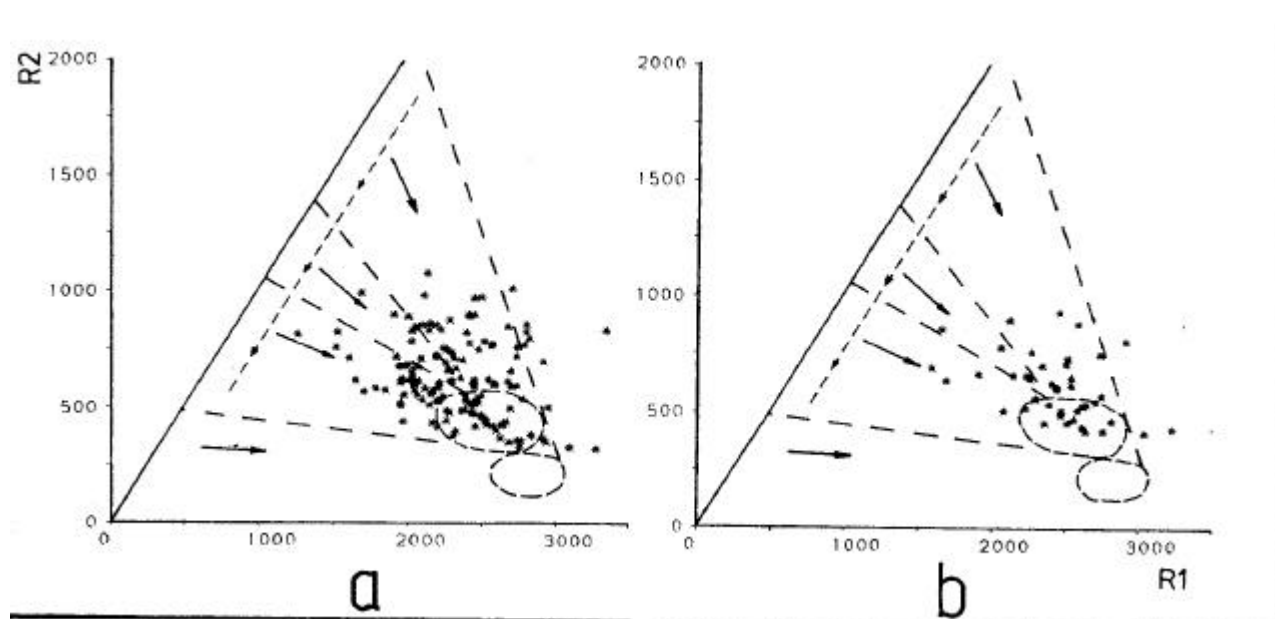
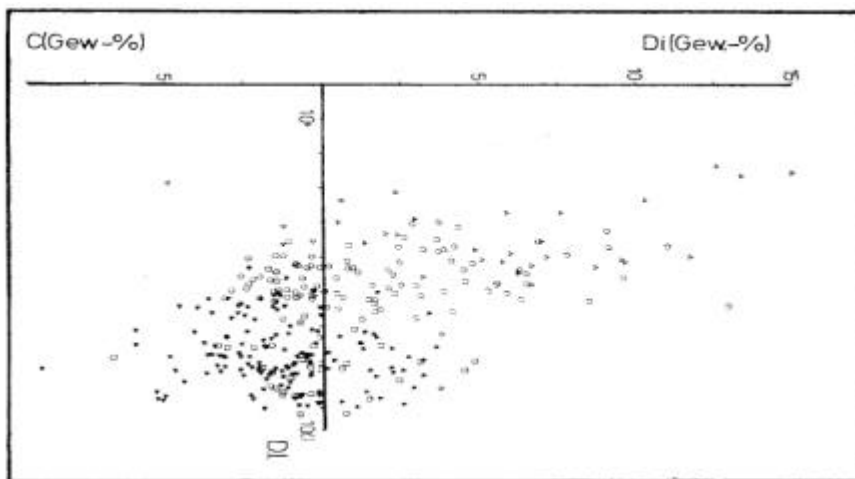


Figura 5.7: A figura mostra o comportamento das amostras dos granitos no diagrama R1-R2  
a: Granito Santa Angélica

b: Granito Conceição de Muqui



5.8: Diagrama DI – di/c dos dois granitos para avaliar a origem.

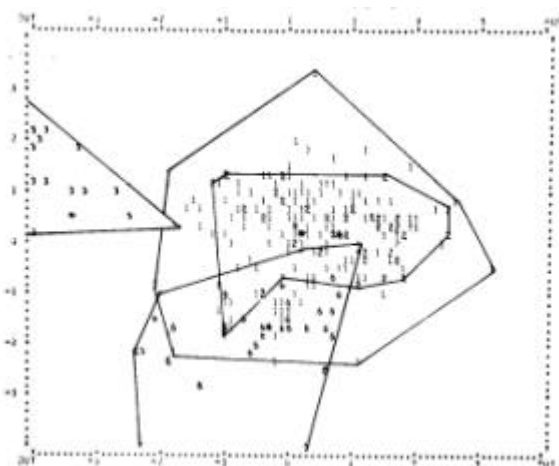


Figura 5.9: Diagrama CF1-CF2 para avaliar o parentesco dos granitos e prováveis rochas fontes. Os granitos Sta. Angélica e C. de Muqui ocupem o centro da figura, o primeiro com menos espalhamento. O Granitognaisse estrela mostra maior distribuição das suas amostras e uma parte mais mafica dele ocupa uma parte a esquerda.

### **Conclusões:**

#### **Granito Santa Angélica**

As concentrações de  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $TiO_2$  e LIL são levemente elevadas em relação aos granitos de Nockolds (1954) e o teor de  $Na_2O$  levemente menor.

A soma  $K_2O - Na_2O$  é menor que  $Al_2O_3$  e maior que  $1/6 SiO_2$  e indica rochas pouco alcalinas (Shand, 1949).

Segundo Peacock (1931) são granitos cálcio-alcálicos.

As concentrações de Rb, Sr e Rb/Sr são concordantes com os dados para a crosta superior (Schroll, 1967, Wedepohl, 1987).

Sugere-se como fonte a fusão da crosta média a inferior com pouca contribuição mantélica.

#### **Granito Conceição de Muqui**

Usando Peacock (1931) classifica-se como cálcio-alcálico com tendência para um monzogranito.

As concentrações de elementos como Na, Al, Cr, Ni, Zn, Sr e Ba são menores que as do Granito Santa Angélica. Sugere-se também a fusão de crosta média com contribuição mantélica em ainda menor grau e mais influência de diferenciação magmática.

### 3.2.3. Rochas Pré-Cambrianas

#### INTRUSÕES DEFORMADAS PRECAMBRIANAS

Durante o desenvolvimento do Evento Brasiliano várias suítes magmáticas intruíram a região. Estas mostram comportamento químico-mineral variado como também foram afetados em graus diferentes pelos efeitos da compressão e de movimentos transcorrentes ocorridos durante este evento. É possível diferenciar três suítes na folha, descritos a seguir.

#### ORTOGNAISSE SERRA DAS CANGALHAS

É um ortogneisse granítico a granodiorítico, com porções leucocráticas, porções bandadas e “schlieren” escuros, especialmente próximos aos enclaves das rochas encaixantes. Formado principalmente por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e poucos minerais máficos como biotita + anfibólio. Titanita, opacos, provável hematita e algumas ocorrências de pirita e apatita são comuns. A granulação é geralmente média a grosseira e a aparência é muito semelhante ao Ortogneisse Estrela, somente mais leucocrática.

Devido ao seu posicionamento contém uma quantidade excessiva de enclaves de rochas encaixantes, autólitos, muitas vezes bandados. Muitos veios pegmatíticos, como também bolsões desta composição, são frequentes.

Os corpos exibem contatos transicionais com as rochas encaixantes, e também contatos delimitados por falhas. Partes dos corpos são bastante fraturados.



Figura 5.10: Ortogneisse Serra das Cangalhas em contato com Granitogneisse Estrela. Neste lugar houve intenso tectonismo e reintrusão mútua. Vê-se nitidamente as faixas mais fundidas entre as áreas mais escuras.



Figura 5.11: Ortogneisse Serra das Cangalhas em contato com rochas do Complexo Paraíba do Sul. Observa-se bem a foliação bem desenvolvida o que mostra a proximidade do Lineamento de Guaçuí.



Figura 5.12: Afloramento do Ortognaisse Serra das Cangalhas ao sul de Celina e Alegre.



Figura 5.13: Afloramento de Ortognaisse Serra das Cangalhas em volta do Granitognaisse Estrela (parte superior do Morro).



Figura 5.14 a b: Zona marginal do Ortognaisse Serra das Cangalhas em contato com rochas do Complexo Paraíba do Sul. A esquerda (a) pode ser vista a assimilação de “schollen” dentro do granitognaisse. Na fotografia b a estrutura em camadas resulta do embricamento entre o ortognaisse e faixas das rochas encaixantes.



### Microscopia:



Figura 5.15: Microfotografia do Ortognaisse Serra das Cangalhas. Mica é rica em inclusões de pequenos cristais.  
Nicois cruzados

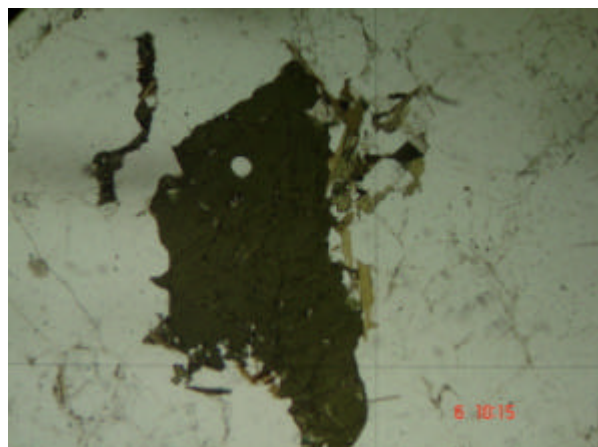


Figura 5.16: Microfotografia do Ortognaisse Serra das Cangalhas. Mica verde com contatos conchoidais com feldspatos. Estruturas finas e quartzo formaram-se parecendo mirmequitas.  
Nicois descruzados

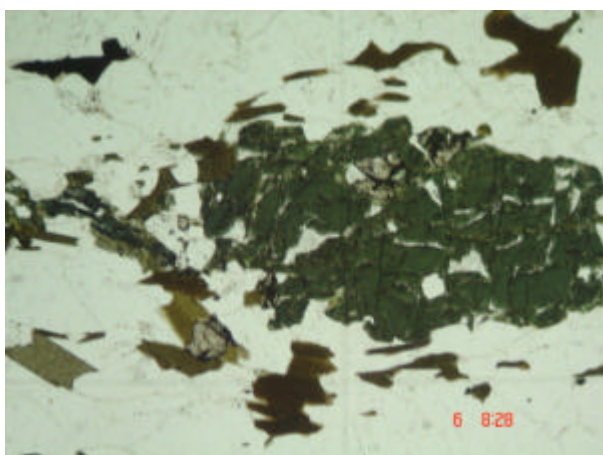


Figura 5.17: Microfotografia do Ortognaisse Serra das Cangalhas. No centro encontra-se um cristal de anfibólio fraturado indicando movimentação dextral.  
Nicois descruzados

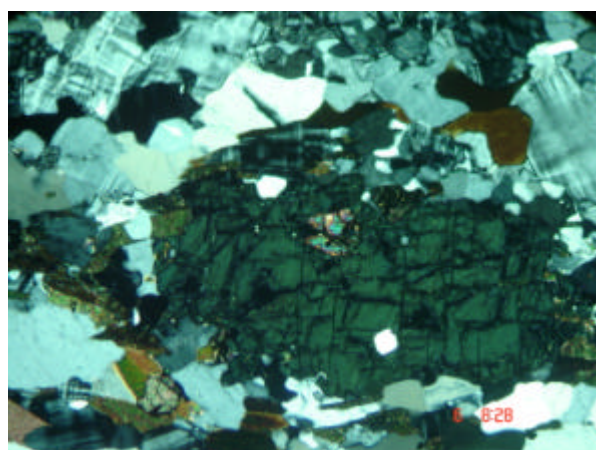


Figura 5.18: Microfotografia do Ortognaisse Serra das Cangalhas. Cristais finos de quartzo e moscovita estão inclusos dentro do anfibólio, e marginalmente ocorre reação com liberação de quartzo no contato com feldspato (também calcita?)  
Nicois cruzados

### Conclusões:

O ortognaisse Serra das Cangalhas parece ser em parte formado a partir da diferenciação do Granitognaisse Estrela e injetado em níveis mais altos da crosta. A sua interação com as rochas encaixantes é mais intensa e ele mostra uma aparência geralmente mais leucocrática, rico em bolsões e veios claros (pegmatíticos/aplíticos). Pode, portanto, representar uma parte mais diferenciada e marginal do Granitognaisse Estrela, onde a influência das rochas encaixantes é maior.

## ORTOGNAISSE ESTRELA

Esta rocha, denominada como Granitóide Estrela (Horn 1985; Bayer, 1986; Schmidt-Thomé, 1987) parece ser petrograficamente e quimicamente equivalente ao Tonalito Galileia descrito no Vale do Rio Doce a leste de Governador Valadares, perto da vila de Galileia. Ele mostra geralmente áreas de morfologia alta (em torno de 600m) com estruturas “pão de açúcar”. Na folha Espera Feliz a ocorrência é delimitada a regiões a leste do Lineamento de Guaçuí, ao norte da cidade de Alegre e ao sul da vila de Celina, formando corpos de algumas centenas de quilômetros quadrados e alongados segundo NE-SW.

Os contatos dos corpos são em parte transicionais para as rochas do Complexo Paraíba do Sul e, em outras partes, de cunho tectônico. Corpos ao sul de Celina exibem contatos gradacionais, às vezes nítidos, com a unidade Ortognaisse Serra das Cangalhas, que pode ser semelhante ao Granito Urucum ou representar partes apicais desta intrusão.

O Ortognaisse Estrela é normalmente muito homogêneo, granulação grossa, de cor cinza a cinza-escura, cuja composição varia de granítica, granodiorítica, monzodiorítica a tonalítica (Horn, 1996, Schmidt-Thomé, 1987). Exibe uma textura “paralela – flaser” com alinhamento discreto de feldspatos e biotitas. Ocorre frequentemente formação inicial de pegmatóides e porções fundidas formando veios (até métricos), cortando a rocha discordantemente com a foliação.



Figura 5.19: Na fotografia ao lado pode-se observar à esquerda morros formados pelo Ortognaisse Estrela e, à direita, morros mais altos do Granito Santa Angélica. O Ortognaisse Estrela mostra normalmente altitudes médias maiores em direção ao contato com o granito.



Figura 5.20: Aparência típica do Ortognaisse Estrela. Cristais maiores de feldspato mostram nítida orientação.



Figura 5.21: Facies marginal do Ortognaisse Estrela em contato com as rochas do Complexo Paraíba do Sul

O Ortognaisse Estrela exibe uma textura em “flaser” ou “augen” com feldspatos grandes (até 10cm) em uma matriz de granulação média. Biotita envolve em estruturas de ninho estes feldspatos. Na parte marginal encontram-se muitos “schlieren” de biotita e “schollen” de anfibólito e de biotita (xenólitos ou /e restitos). As partes marginais no contato com o Complexo Paraíba do Sul mostram muitas vezes nítido bandamento, centimétrico a decimétrico, formado por separação de minerais máficos e félsicos como também por incorporação de partes deste complexo (anfibólitos, rochas calciosilicáticas, enclaves do complexo bandado).

Macroscopicamente pode se ver plagioclásio, feldspato potássico, quartzo, biotita, pouco anfibólito, titanita, opacos, raramente granada e allanita.

Tab. 5.4: Composição modal do Ortognaisse Estrela (Horn, 1986).

Mineral	Teor
Plagioclásio	50,9
Microclina	7,8
Quartzo	25,3
Anfibólito	3,7
Biotita	9,5
Opacos	0,6
Titanita	0,6
Apatita	0,4
Traços	1,3

#### Descrição microscópica:

**Plagioclásio:** Entre 0,5e 10mm, raramente até 2cm, com teor de  $An_{23} - 35$ . Raramente zonados, com uma leve deformação nos grãos maiores. As lamelas de geminação são geralmente quebradas e dobradas e ocorre uma saussuritização e serizitização com a intensidade aumentando para as bordas e partes apicais.

**Feldspato potássico:** normalmente microclina com textura micropertítica. Existem grãos xenomórfico entre 0,5cm e 3mm, as vezes >2cm. Os grãos têm muitas inclusões de outros minerais.

**Quartzo:** Arredondado a irregular arredondado (~1,5cm) com áreas de recristalização e extinção ondulante.

**Anfibólito:** Grãos hipidiomórficos, com pleocroísmo esverdeado a marrom. Observou-se uma composição hastingsítica com transformação em epidoto.

**Biotita:** Sempre hipidiomórfica, com pleocroísmo verde a verde marrom; mostra extinção ondulante e é levemente deformada e cloritizada.

**Minerais Traços:** Normalmente é magnetita com exsolução rara de ilmenita.

**Titanita:** Existe em grãos idiomórficos e xenomórficos ou em camada fina em volta dos óxidos.

**Epidoto:** Produto de transformação da hornblenda e em finos “rims” em volta da allanita.



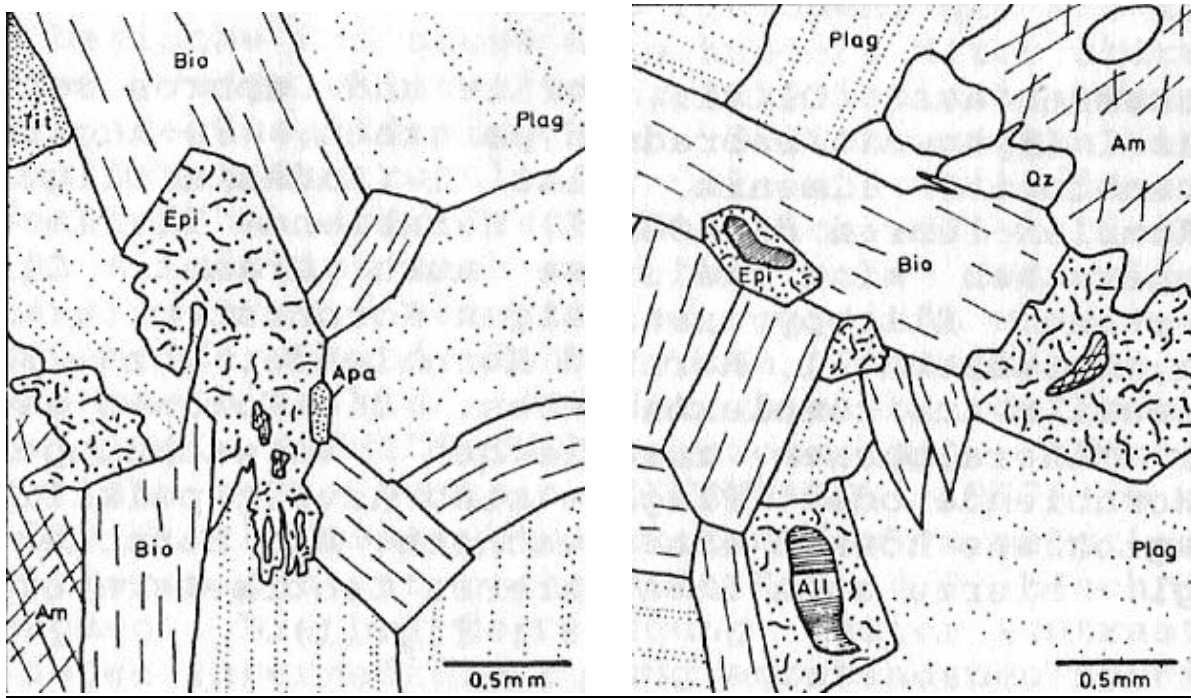


Figura 5.22: Espinélio magmático de duas lâminas do Ortognaisse Estrela. Observa-se epidoto com núcleos de allanita em contato com biotita. Os contatos são lineares. Com plagioclásio formam-se muitas vezes mirmequitas. Os limites entre epidoto e anfibólio são bastante ondulados.  
Qz: quartzo; Tit: titanita; apa: apatita, bio: biotita; epi: epidoto; all: allanita

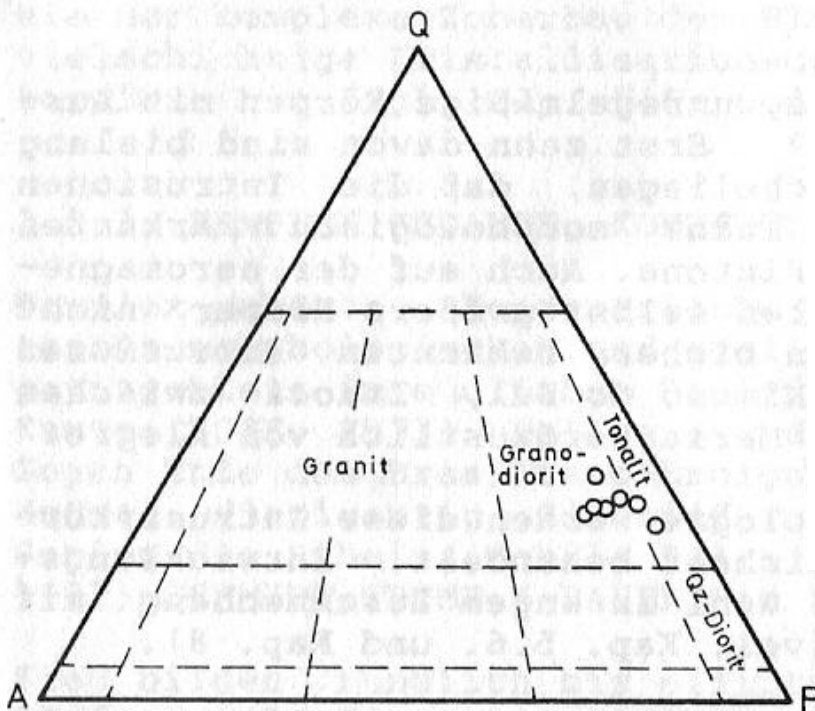


Figura 5.23: Triângulo de quartzo-feldspato alcalino-plagioclásio (Streckeisen, 1976).  
As amostras do Granitognaisse Estrela concentram-se em uma área relativamente concentrada entre granodiorito e tonalito (Horn, 1986, modificado).  
Granit: Granito;  
Granodiorit: Granodiorito;  
Tonalit: tonalito; Qz-diorito: Quartzo-diorito

**Geoquímica:**Tab. 5.5: A tabela mostra a composição média do Ortognaisse estrela na parte leste da folha.  
Média de 23 análises (Horn, 1986).

	MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%					
SiO <sub>2</sub>	66.82	66.38	56.57	74.94	4.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.12	14.88	12.77	18.93	1.55
FeO	3.47	3.62	1.31	5.78	1.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.61	0.64	0.23	1.02	0.21
MgO	1.45	1.23	0.06	4.27	1.09
MnO	0.10	0.09	0.03	0.20	0.05
CaO	3.39	3.49	0.94	7.32	1.50
Na <sub>2</sub> O	3.07	2.70	1.28	4.98	1.10
K <sub>2</sub> O	3.28	3.02	1.57	5.99	1.11
TiO <sub>2</sub>	0.64	0.58	0.25	1.65	0.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.25	0.14	0.01	1.69	0.37
GV	0.84	0.74	0.37	3.10	0.58
-----					
Summe	99.04				
ppm					
V	92	82	13	183	45
Cr	68	35	1	680	136
Co	14	11	3	43	10
Ni	27	22	1	64	16
Cu	20	20	10	37	7
Zn	129	121	76	212	34
Ga	23	23	18	33	4
Rb	122	97	59	430	81
Sr	335	323	152	693	132
Y	35	33	1	95	24
Zr	249	216	35	710	168
Nb	14	13	6	36	7
Ba	1091	874	363	2532	573
Pb	28	16	11	239	47
U <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	1	1	4	1

Ele tem quimicamente muita semelhança com as partes claras fundidas no Complexo Paraíba do Sul. Marginalmente, mostra muita homogeneidade com as rochas migmatíticas do mesmo complexo.

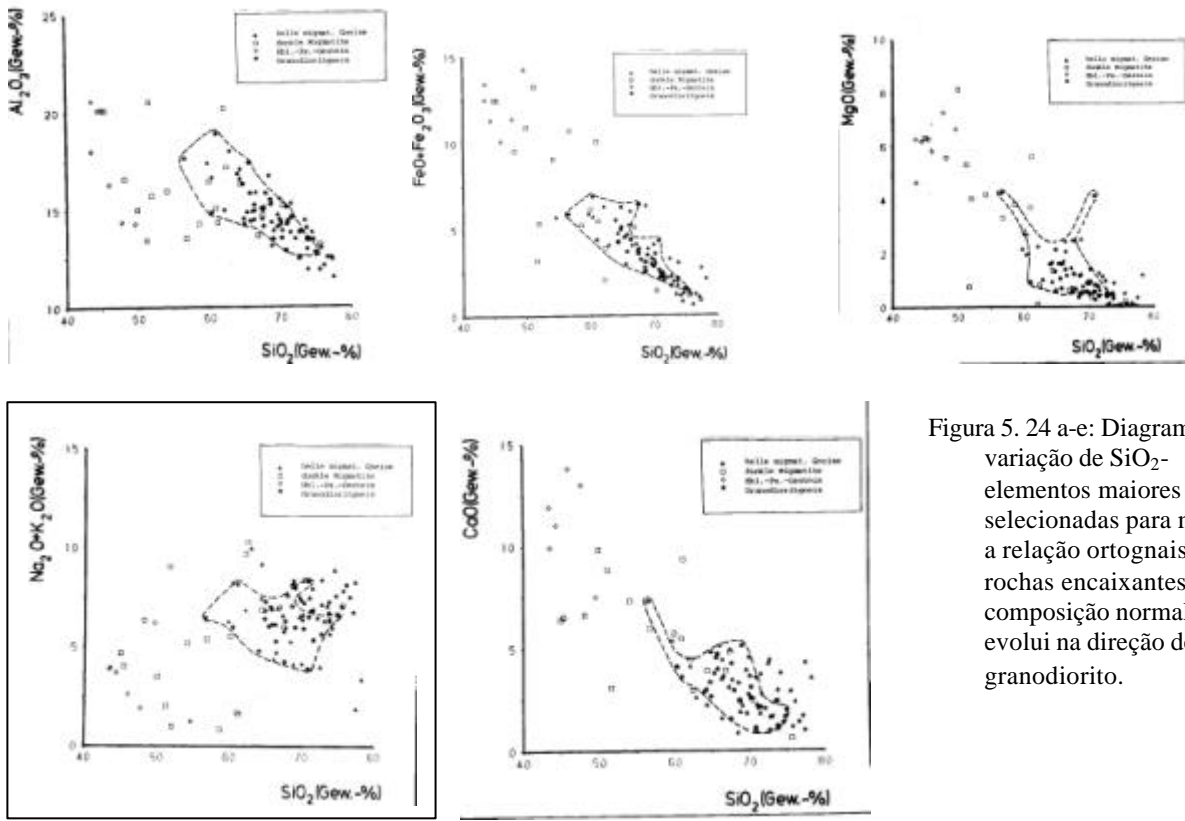


Figura 5. 24 a-e: Diagramas de variação de SiO<sub>2</sub>-elementos maiores selecionadas para mostrar a relação ortognaisse - rochas encaixantes. A composição normalmente evolui na direção de um granodiorito.

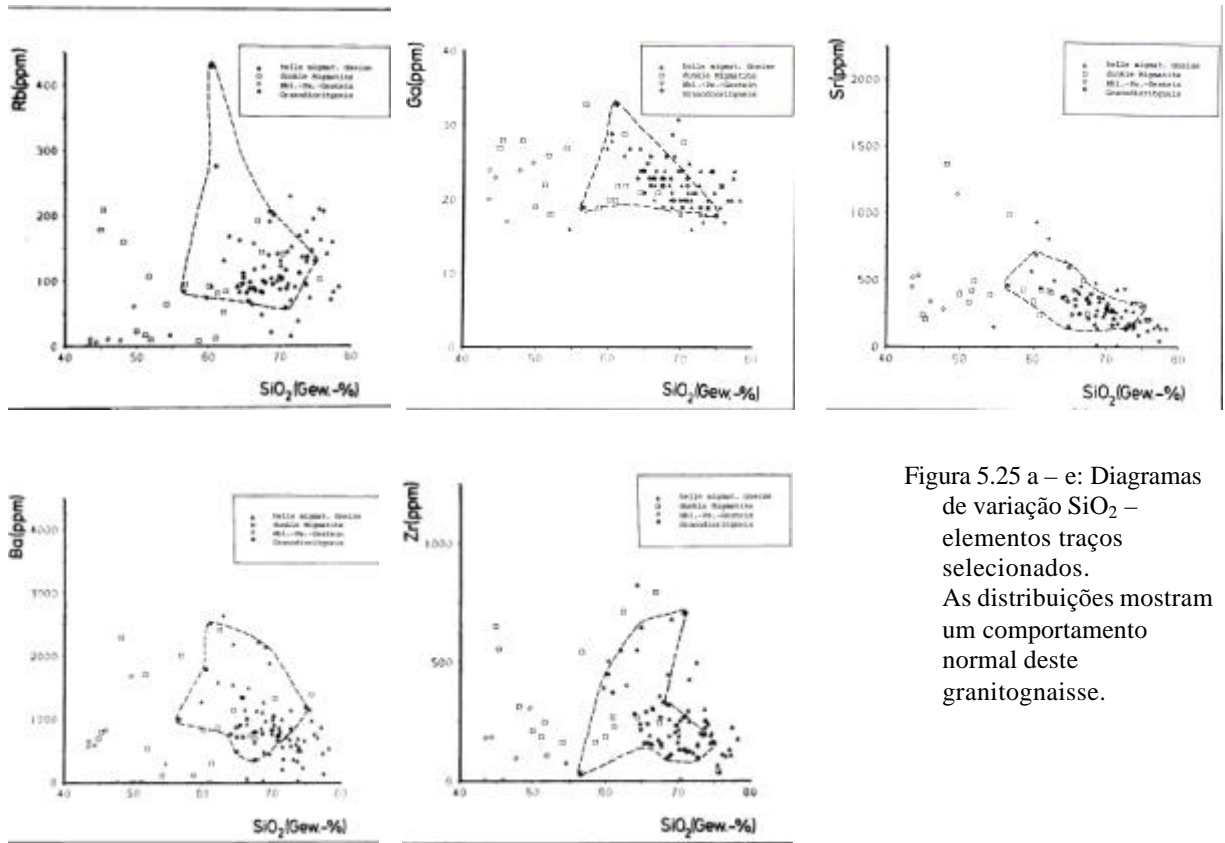


Figura 5.25 a – e: Diagramas de variação SiO<sub>2</sub> – elementos traços selecionados. As distribuições mostram um comportamento normal deste granitognaisse.

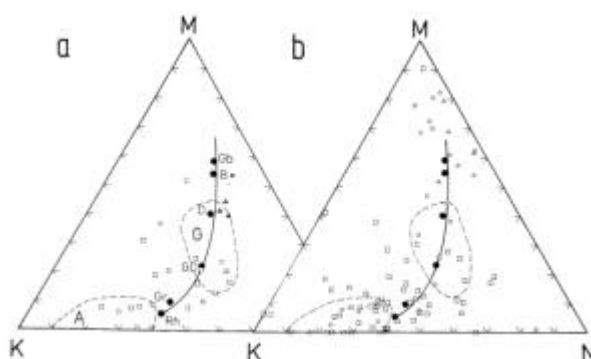


Fig.5.26: Triângulo K-M-N

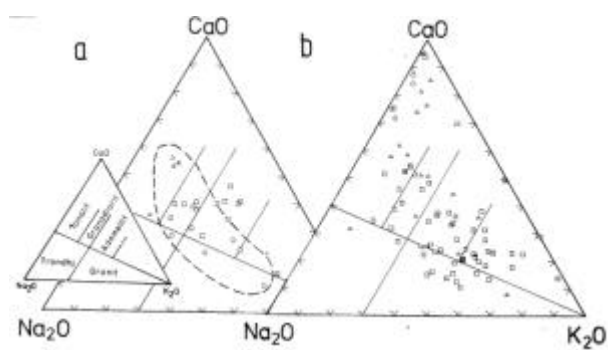


Fig.5.27: Triângulo Na<sub>2</sub>O-CaO-K<sub>2</sub>O

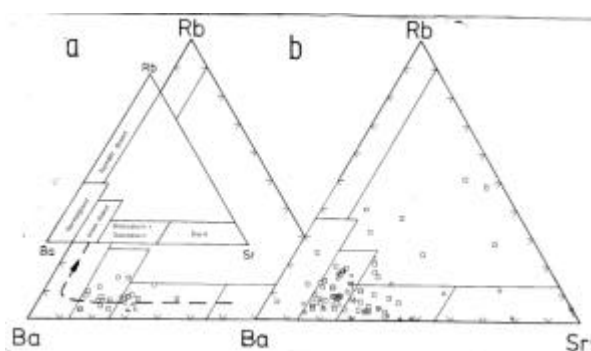


Fig.5.28: Triângulo Ba-Rb-Sr

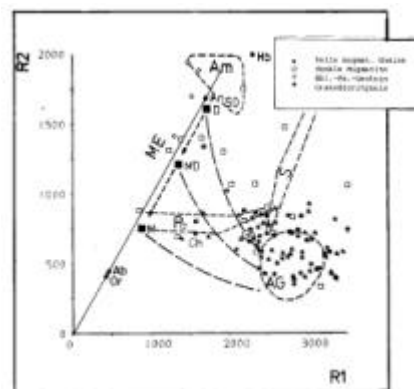


Fig.5.29: Diagrama R1-R2 (De La Roche, 1980)

### **Conclusões:**

Devido à deformação sofrida, o Ortognaisse Estrela deve pertencer aos granitóides intrusivos iniciais do Evento Brasileiro. As análises químicas e petrográficas mostram uma grande homogeneidade das rochas.

Os pontos no diagrama R1-R2 e nos diagramas de variação indicam uma fusão anatética de crosta inferior a média de composição variada, contribuição da crosta superior e processo de diferenciação durante a ascensão.

A alocação dos pontos de análises indicam composições químicas não concordantes com a fusão mínima granítica, mas pertencentes a “trend” normal de diferenciação.

P e Ti são valores geralmente baixos; o teor dos álcalis varia e Na/K ~1.

Idades muito semelhantes entre o ortognaisse e as partes fundidas dos migmatitos (580 – 590Ma, Söllner et. al., 1986) indicam processos semelhantes ocorridos.

A relação  $Al/(Na+K+Ca/2) > 1,1$  e  $^{87}Rb/^{86}Rb \sim 0,7106$  e teores de Sr baixas sugerem rochas de fácies granulito como fonte.

Assim, pode-se concluir que estes corpos foram geradas a partir da fusão de orto-rochas de origem profunda com participação importante de para-rochas durante a ascensão.

### GNAISSE TONALÍTICO DE MANHUAÇU

Este material ocorre principalmente na parte centro-norte da folha perto da cidade de Divino de São Lourenço até Santa Marta, além de corpos pequenos alinhados do lado oeste do Lineamento de Guaçuí. A principal ocorrência encontra-se na folha Manhuaçu perto da cidade homônima. Assim, a descrição mais detalhada pode-se obter na descrição para a folha Manhuaçu.

A rocha apresenta cor esverdeada e aspecto maciço, cortada por filões de material leucocrático e pertence, segundo o projeto RADAMBRASIL (1983), à Suíte Intrusiva Espírito Santo. É um ortogneisse granodiorítico, trondhjemítico a tonalítico, com partes de anfibólio-biotita gnaisse, geralmente com orientação predominante N-S mas em consideráveis partes isotrópico. Deve se ter formado a partir da fusão de rochas da crosta inferior a média com pouca contribuição de para-rochas.



Figura 5.30 a e b : Afloramento do Gnaisse Tonalítico de Manhuaçu perto da cidade de Divino de São Lourenço.  
 a. Vista geral dos morros tipo “Pão de Açúcar” formados pelas rochas graníticas  
 b. Aparência em afloramento. Ele sempre é bem foliado e em partes marginais ou apicais também bastante bandado.



Figura 5.31 a e b: Afloramento do Gnaiss Tonalítico de Manhuaçu perto de São Jorge, na margem ocidental da faixa de influência do Lineamento de Guaçuí. A foliação é bem visível, concordante com a foliação regional NE-SW. A rocha é formada principalmente por plagioclásio, anfibólio, pouco quartzo e biotita, e é cortada por alguns fraturas preenchidas por material mais félsico.

a. Pedreira perto da vila São Jorge onde são extraídos paralelepípedos.

b. Detalhe do bloco a esquerda na foto a. Ve-se uma foliação por influência do Lineamento de Guaçuí e nota-se a grande homogeneidade desta rocha.

### **Microscopia:**

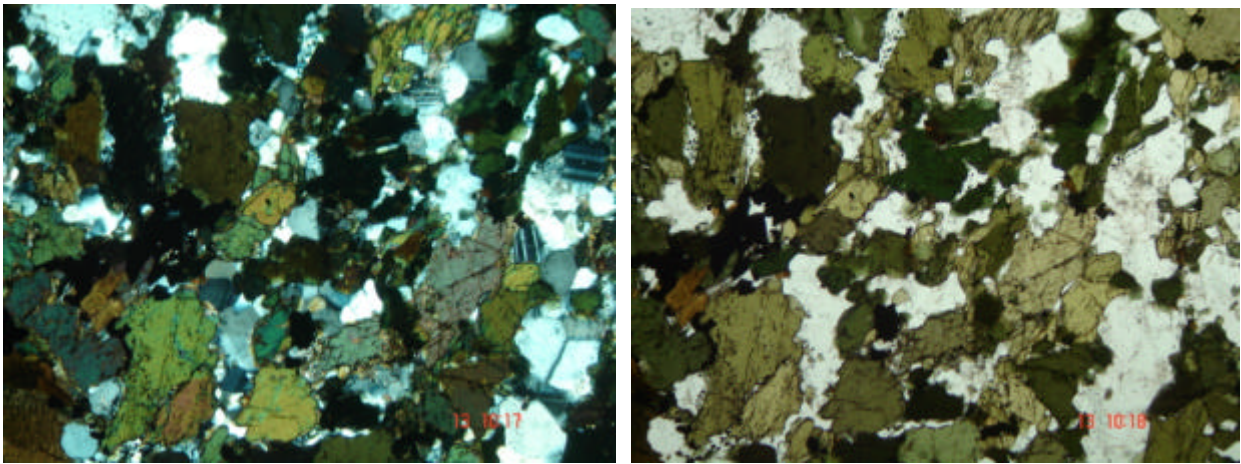


Figura 5.32: Lâmina delgada do Tonalito Manhuaçu. Ve-se a foliação orientando os minerais. Tem pouco quartzo e mais anfibólio e opacos. O feldspato é plagioclásio mais máfico.

a. Nicóis cruzados

b. Nicóis descruzados

**COMPLEXOS DE ROCHAS PRÉ-CAMBRIANAS**  
**COMPLEXO PARAÍBA DO SUL**

É uma unidade essencialmente paraderivada, formado principalmente por gnaisses bandados de composição muito variada (paragnaisses granatíferos migmatizados), quartzitos impuros, camadas de rochas calciosilicáticas, anfibolitos e lentes de mármore. Os paragnaisses são bandados e migmatizados em intensidades diversas.

Em vários pontos ocorre início de fusão, visível na forma de pequenos corpos de granito de composição da fusão mínima, pegmatóides, veios e schlieren graníticos decimétricos a métricos áreas com textura nebulítica sem foliação.

Ocorrem freqüentemente corpos de rochas calciosilicáticas e anfibolitos, espessura decimétrica a métrica, alinhados em bandas e afetados pelos dobramentos. Também são freqüentes estreitas faixas de quartzitos muito impuros (quartzo, feldspato, micas, caulim, manganês), boudinados e paralelos à foliação.

A fonte devem ser grauvacas e outros sedimentos de um ambiente ativo.

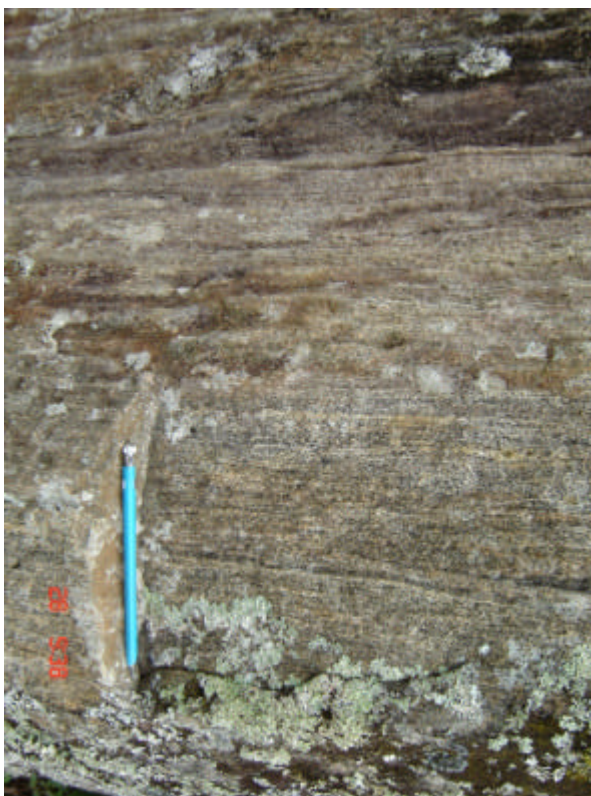


Figura 5. 33: Aparência típica de rochas do Complexo Paraíba do Sul. Observa-se uma forte foliação NE-SW, e um bandamento claro – escuro devido ao início de migmatização.



Figura 5.34: Quartzito impuro, intemperizado e mostrando a grande quantidade de micas e caulim orientadas na mesma direção. A direita pode se ver o contato irregular com o gnaiss migmatizado.



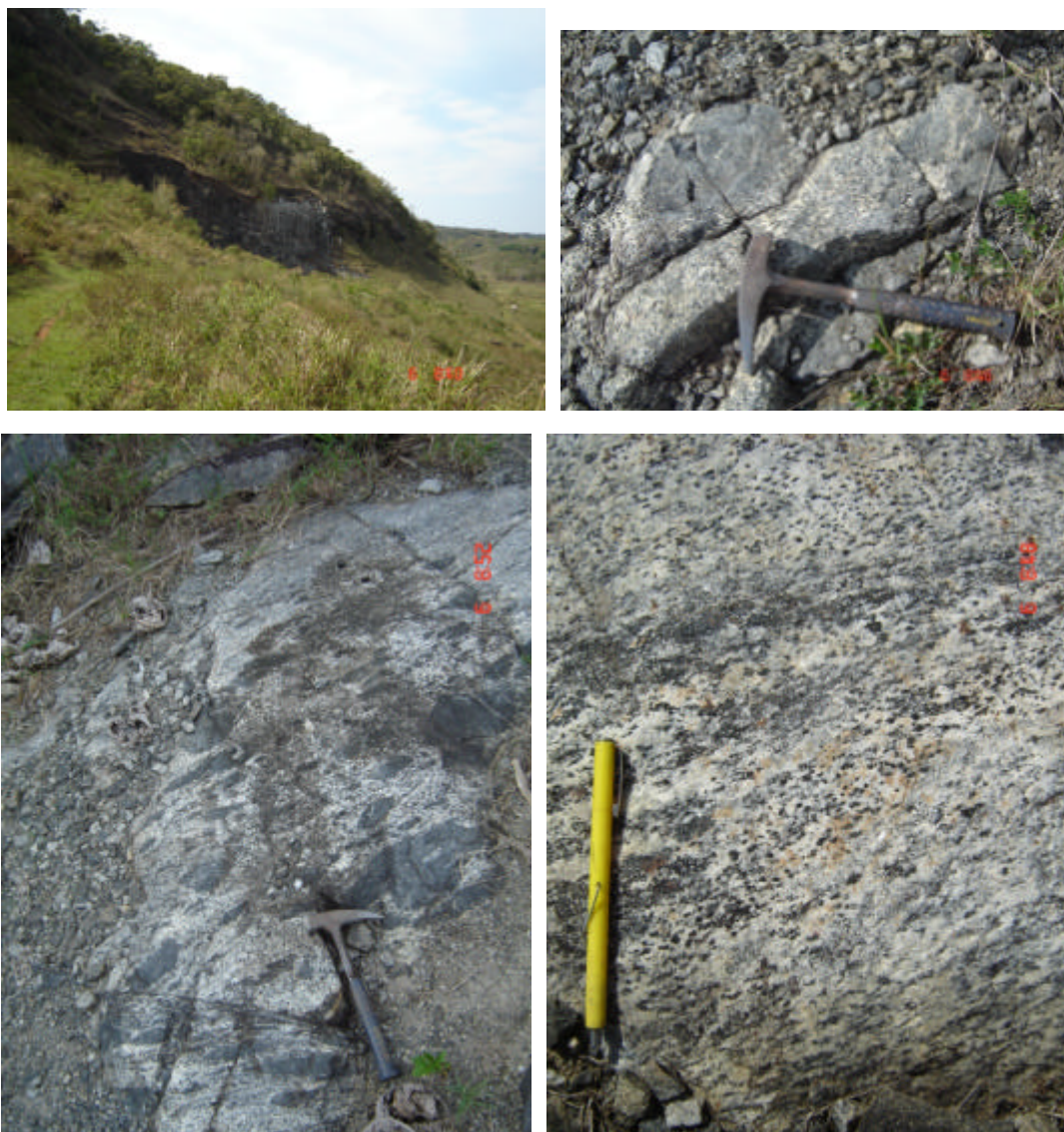


Figura 5.35: As fotografias acima mostram a aparência das rochas do Complexo Paraíba do Sul ao sul de Guaçuí.  
a. Pedreira ao sul de Guaçuí e a leste da faixa de influência do Lineamento.  
b. Enclave de rocha calciosilicática orientada segundo foliação.  
c. Restitos (paleossoma?) dos migmatitos do Complexo Paraíba do Sul.  
d. Aparência de faixas mais afetadas pelo cisalhamento/compressão.

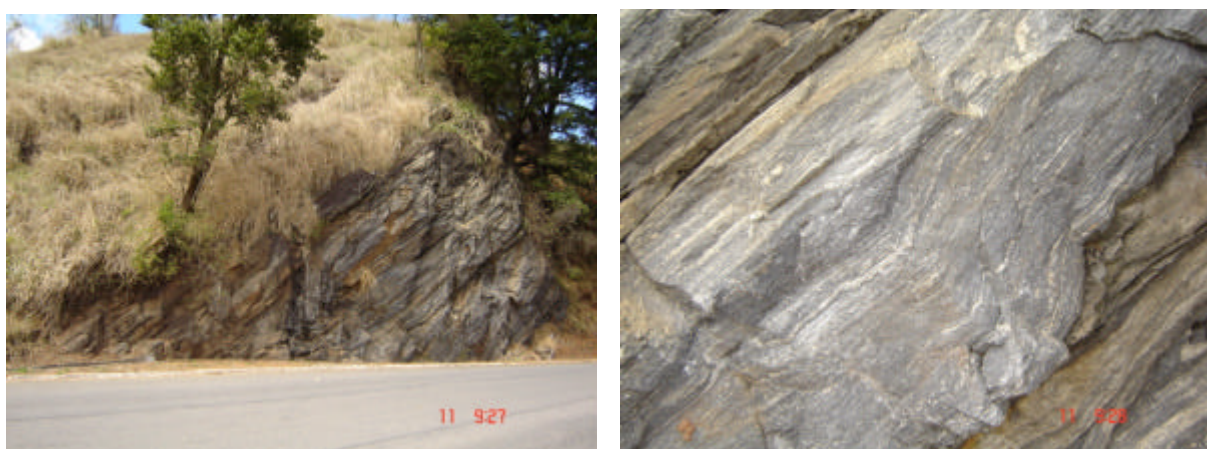


Figura 5.36 a e b: Afloramento do Complexo Paraíba do Sul perto de Alegre. No detalhe a direita ve-se a foliação e bandamento fortemente desenvolvido. As dobras são causadas pela compressão regional e pela intrusão das diversas suítes graníticas.

**Quartzitos impuros e gnaiss quartzítico:**

Mostram ampla distribuição nesta unidade. Com raras exceções, apresentam normalmente espessuras centimétricas a métricas, sempre concordantes e boudinados. São reconhecíveis devido à cor violeta-lilás dos solos formados acima das ocorrências. Os quartzitos são de granulometria média a grossa. Os grãos de quartzo têm contatos em lóbulos e ocorrem junto com quantidades variadas de microclina, biotita vermelha, subordinadamente granada, moscovita (s. l.) e opacos.

**Biotita gnaisses, anfíbolitos e anfíbio-biotita gnaisses:**

São uma parte importante do Complexo Paraíba do Sul, ocorrendo em alternância com os migmatitos desta unidade. Apresentam aspecto bandado, com as bandas tendo entre decímetros e metros de espessura.

A textura é tipo “flaser”, de olhos ou pérolas. A estrutura é granoblástica, granonemato- ou granolepidoblástica. Nas camadas escuras ocorrem anfíbio, biotita, poucos opacos, por vezes plagioclásio, e nas camadas claras biotita, feldspatos, quartzo e por vezes granada.

**Migmatitos:**

Eles perfazem a maior parte da área do Complexo Paraíba do Sul. A principal diferença em relação aos gnaisses granulíticas é o bandamento mais largo. Às vezes encontram-se estruturas flebíticas e em “schollen”. A textura paralela é menos expressiva. As rochas são de granulometria média a grossa. As camadas leucocráticas têm normalmente estrutura granoblástica com porfiroclastos de feldspatos e granadas na faixa centimétrica e raramente até decimétrica. As camadas melanocráticas, dependendo da composição mineral, têm estrutura granonemato- a granolepidoblástica (biotita – anfíbio).

**Meta-carbonatos (s. l.), rochas cálciossilicáticas, mármore:**

Estas rochas ocorrem em boudins isolados ou em camadas boudinadas. Conjuntos de rochas avermelhadas, verdes e claras e que podem ser classificadas como calciosilicáticas possuem extensão até métrica e largura de até 50cm. Ocorrem muitas vezes associadas aos quartzitos. A textura é granoblástica a granolepidoblástica.

Especialmente na região NNE da folha, ocorrem lentes de mármore sujos, com granada, feldspato, quartzo e Ca-minerais, exibindo metamorfismo xisto verde. Escapolita e carbonato são os principais minerais das lentes de mármore, enquanto nas rochas calciosilicáticas ocorrem zoisita, titanita e K-feldspato. A granada cresceu de forma esqueletal em volta dos outros minerais.

**Metabásicas (anfíbolitos):**

Afloram nos migmatitos e biotita-gnaisses na forma de corpos agmáticos e/ou boudinados. Normalmente concordantes a sub-concordantes e, segundo Fritsch et al. (1976), classificados como anfíbolitos. Têm granulação fina a média, com textura de massa e/ou nematoblástica, raramente com grandes clastos de feldspato ou porfiroblastos de forma poiquiloblástica. Às vezes ocorre granada arredondada a xenomórfica, especialmente em anfíbolitos mais bandadas. Raramente e em pequenas quantidades ocorrem escapolita, zircão, apatita e produtos secundários como epidoto, clinozoisita, sericita e clorita.

**Paragnaisses migmatizados com faixas de ortogneisses predominantes (NPmpps)**

Rochas de composição quartzo-feldspática com bastante granada. Mais ou menos migmatizadas e foliadas. Existem regiões com “schlieren”, “schollen” e partes métricas com rochas cálciosilicáticas, camadas com anfíbolitos, lentes de mármore e quartzitos impuros de granulação média e extremamente dobrados. Podem ocorrer partes mais homogêneas, sugerindo contribuições de ortogneisse.

Os dois desenhos mostram aspectos peculiares da unidade.

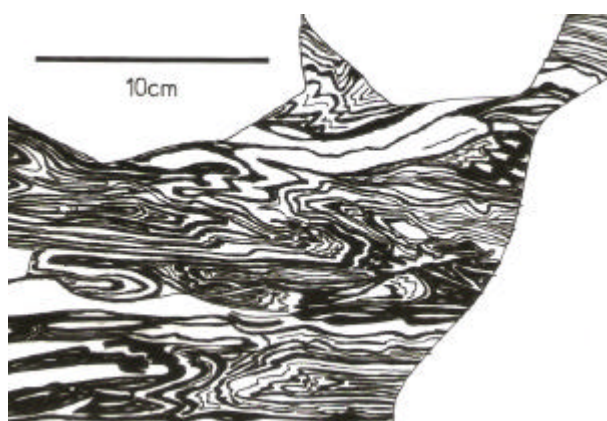


Figura 5.37: Aspectos de rochas migmáticas da parte oriental do Complexo Paraíba do Sul. Observem-se a alta plasticidade e forte dobramento desta unidade.

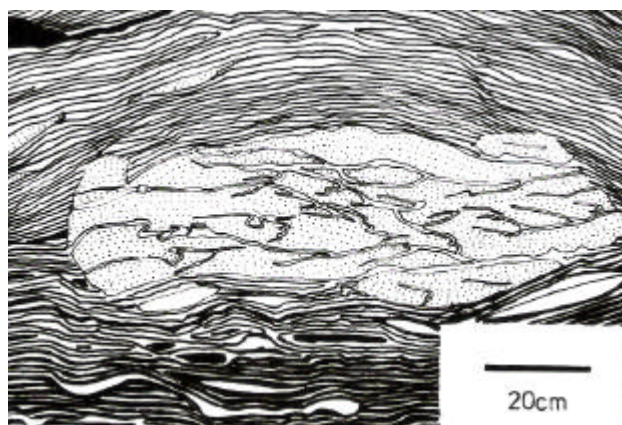


Figura 5.38: Um enclave de rochas cálciossilicática quebrada e dobradanos migmatitos

### Geoquímica:

Tabela 5.6: A tabela mostra a composição química principal dos compostos do gnaiss bandado do Complexo Paraíba do Sul entre o Lineamento de Guaçuí e o lado leste da folha. Foram analisadas as bandas claras e escuras dos gnaisses e são mostradas análises médias dos gnaisses e migmatitos da faixa.

	Leucosomos					Mesosomos					Gnaisses e migmatitos				
	MW	Med	Min	Max	Std	MW	Med	Min	Max	Std	MW	Med	Min	Max	Std
Gew.-%															
SiO <sub>2</sub>	71.00	71.20	54.64	91.55	5.70	58.23	58.76	44.94	65.64	8.48	67.66	69.64	44.94	91.55	8.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.75	14.11	3.21	18.04	2.47	16.10	15.23	13.19	20.56	2.41	14.36	14.39	3.21	20.56	2.64
FeO	2.44	2.13	0.51	5.33	1.28	5.67	4.51	0.95	11.11	3.28	3.28	2.60	0.51	11.11	2.44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.43	0.38	0.09	0.94	0.23	1.00	0.80	0.17	1.96	3.29	0.58	0.47	0.09	1.96	0.43
MgO	0.99	0.75	0.01	11.72	1.59	3.21	3.36	0.10	8.16	2.49	1.56	0.80	0.01	11.72	2.03
MnO	0.07	0.07	0.01	0.24	0.04	0.14	0.13	0.01	0.29	0.08	0.09	0.08	0.01	0.29	0.06
CaO	2.95	2.46	0.84	18.48	2.40	6.68	5.79	0.60	19.83	4.47	3.92	2.93	0.60	19.83	3.46
Na <sub>2</sub> O	2.48	2.54	0.01	4.60	1.10	2.71	2.75	0.69	8.29	1.76	2.54	2.67	0.01	8.29	1.30
K <sub>2</sub> O	3.99	4.08	0.50	7.27	1.71	2.62	1.84	0.14	7.21	2.05	3.63	3.81	0.14	7.27	1.89
TiO <sub>2</sub>	0.45	0.40	0.02	1.38	0.29	1.13	0.82	0.13	2.35	0.79	0.62	0.47	0.02	2.35	0.55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.11	0.01	0.73	0.15	0.30	0.21	0.01	1.47	0.35	0.18	0.12	0.01	1.47	0.23
GV	0.70	0.55	0.22	3.95	0.58	0.78	0.61	0.23	2.28	0.56	0.72	0.56	0.22	3.95	0.57
Summe	99.38					98.57					99.14				
ppm															
V	57	46	1	165	44	167	108	11	541	159	85	54	1	541	100
Cr	31	27	1	121	25	53	45	1	117	35	37	31	1	121	29
Co	8	6	1	37	7	40	13	5	219	58	17	6	1	219	32
Ni	28	27	1	120	21	31	33	1	58	2019	29	28	1	120	20
Cu	22	20	6	69	11	27	23	12	61	13	24	20	6	69	12
Zn	132	123	56	359	57	120	119	31	219	41	129	122	31	359	55
Ga	22	21	15	31	3	24	22	18	33	4	22	21	15	33	4
Rb	122	118	15	412	63	93	93	8	209	63	115	105	8	412	64
Sr	276	252	8	940	183	437	391	202	1370	268	318	277	8	1370	219
Y	28	25	1	65	15	38	37	2	92	21	31	26	1	92	17
Zr	258	224	35	829	159	372	247	1	1539	374	287	229	1	1539	226
Nb	11	10	1	31	7	18	16	6	28	6	13	12	1	31	7
Ba	811	760	15	2654	533	902	746	1	2432	761	834	760	1	2654	577
Pb	23	20	5	124	17	20	17	6	54	13	22	20	5	124	16
U <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	1	1	12	2	2	1	1	4	1	2	1	1	12	2

Tabela 5. 7: A tabela mostra a composição química das faixas piroxeníticas-anfibolíticas (esquerda) e as contribuições quartzíticas (direita) deste Complexo.

	MW	Med	Min	Max	StD		MW	Med	Min	Max	StD
Gew.-%						Gew.-%					
SiO <sub>2</sub>	45.77	44.40	43.46	49.60	2.48	SiO <sub>2</sub>	89.12	83.91	77.10	98.86	9.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.30	16.36	14.30	20.62	2.76	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.28	1.43	0.01	12.09	4.49
FeO	10.19	9.59	8.45	11.94	1.28	FeO	0.57	0.21	0.01	1.29	0.54
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.80	1.69	1.49	2.11	0.23	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.38	0.13	0.01	0.86	0.36
MgO	6.16	6.25	4.66	7.29	0.89	MgO	0.74	0.13	0.01	3.43	1.34
MnO	0.22	0.21	0.16	0.34	0.06	MnO	0.05	0.03	0.01	0.11	0.04
CaO	11.22	11.45	7.52	13.84	2.28	CaO	2.31	0.62	0.01	7.10	3.16
Na <sub>2</sub> O	2.98	3.41	1.60	3.82	0.93	Na <sub>2</sub> O	0.55	0.07	0.01	2.74	1.08
K <sub>2</sub> O	0.73	0.32	0.22	2.40	0.83	K <sub>2</sub> O	0.88	0.14	0.01	4.62	1.83
TiO <sub>2</sub>	1.84	1.58	1.23	2.65	0.58	TiO <sub>2</sub>	0.12	0.07	0.01	0.31	0.12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.57	0.36	0.33	1.43	0.43	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.03	0.01	0.25	0.10
GV	0.59	0.11	0.08	1.32	0.56	GV	0.86	0.52	0.10	2.78	0.98
-----						-----					
Summe	99.37					Summe	99.94				
ppm						ppm					
V	365	328	298	462	70	V	22	26	1	39	17
Cr	76	33	29	156	53	Cr	34	2	1	122	48
Co	116	133	34	151	43	Co	5	4	1	12	4
Ni	41	19	14	84	30	Ni	38	28	1	108	40
Cu	35	27	21	61	15	Cu	22	15	1	50	15
Zn	104	105	80	120	13	Zn	125	137	1	262	106
Ga	22	24	17	25	3	Ga	16	20	1	27	11
Rb	17	10	3	61	22	Rb	48	11	1	136	58
Sr	546	457	283	1146	310	Sr	114	116	1	224	72
Y	27	21	17	44	11	Y	11	2	1	30	12
Zr	130	98	2	307	119	Zr	119	145	1	235	97
Nb	20	20	17	23	2	Nb	6	3	1	20	8
Ba	720	594	1	1689	550	Ba	530	373	1	884	346
Pb	11	9	8	21	5	Pb	11	8	1	22	9
U <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	1	1	1	0	U <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	1	1	4	1

## **GRUPO ANDRELÂNDIA**

O Grupo Andrelândia pode ser definido como um conjunto de paragnaises granatíferos e/ou biotíticos/muscovíticos, diversamente migmatizados e/ou milonitizados, ricos em corpos pegmatíticos, que margeia a Serra do Caparaó, desde ao norte da BR-262 até ao sul de Espera Feliz. São gnaisses variados, como anfibólio-biotita gnaisse, granada-biotita gnaisse kinzigítico, gnaisse com porfiroblastos de feldspato, migmatitos nebulíticos, rochas granodioríticas e quartzitos médios a grossos puros, às vezes com sillimanita.

A estrutura dos gnaisses é de olhos a pérolas, textura granoblástica a grano-nematoblástica, granulação fina a grossa.

O contato com as rochas do Complexo Juiz de fora (Serra do Caparaó), onde não tectônico, mostra uma paraconcordância devido à homogeneidade estrutural.



Figura 5.39: Afloramento típico de um quartzito relativamente puro e espesso do Grupo Andrelândia. Fazem uma sucessão de morros de quartzito grosso, puro e alinhados segundo a foliação regional.



Figura 5.40: Aparência de um gnaisse do Grupo Andrelândia com forte foliação NE-SW, de granulação grossa e composto principalmente de feldspato, quartzo, piroxênios e pouca granada. Visível os enclaves(?) máficos orientados.

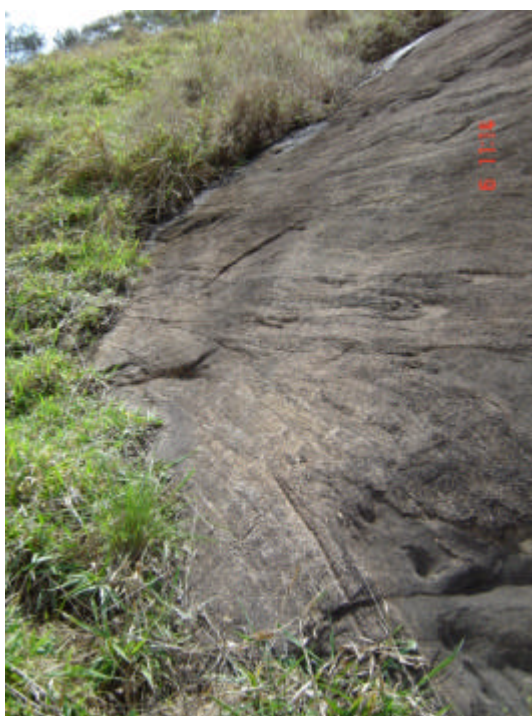


Figura 5.41: Afloramento de um biotita-granada-anfibólio gnaisse, com restos de piroxênios. Ele mostra foliação e bandamento bem desenvolvidos, provavelmente devido à ação da compressão e da proximidade do Lineamento de Guaçuí.

O foto abaixo mostra a deformação plástica de um agrgado de granadas (boudinagem) paralelo a foliação.



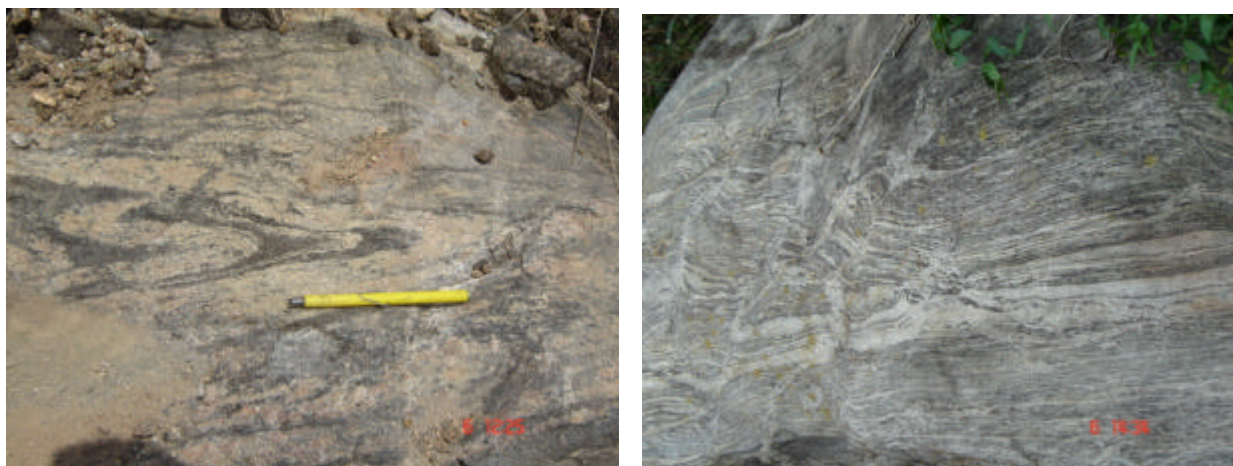


Figura 5.42 a e b: As fotografias mostram regiões mais deformadas sob condições de p-T mais alto. Vê-se nitidamente a formação de dobras com eixos N-S e vergencia para sul. Aqui já ocorre separação de minerais félsicos dos máficos. A direita a deformação parece mais plástica com formação de dobras quase isoclinais.

### **Faixas predominantemente quartzíticas puras**

Os afloramentos, com extensões de até 30-50m, alinham-se em seqüência formando assim faixas intercaladas no Grupo Andrelândia, pouco dobradas e normalmente com a orientação regional (NE-SW). Os quartzitos são normalmente muito puros com somente pequenas quantidades de moscovita, paralelas à foliação, e caulim preenchendo espaços vazios entre os grãos de quartzo de granulação média a grossa (5mm a ca. 2cm). As vezes ocorre sillimanita nestas rochas.

Representam provavelmente sedimentos litorâneos bem maduros. O contato com os gnaisses não é visível.

### **Sillimanita-granada gnaisse e granada-gnaisse**

Mostram evidências de migmatização, com camadas mais ricas em quartzo ( $\pm$  granada/raramente biotita) e intercalações de anfibolito. Altas concentrações locais de granada existem em certos lugares. Podem conter cordierita na parte norte da folha.

### **Granada-gnaisse migmatizado com forte contribuição de pegmatóides e pegmatitos**

São-rochas com alto teor em granada e feldspato potássico. Observam-se muitos indícios para o início de uma fusão mínima granítica. Nesta faixa ocorrem muitos pegmatitos, de dimensões centimétricas até cerca de 100m. Os maiores são zonados (núcleo de quartzo, região feldspato-mica - "blocky feldspar" -, uma zona externa com muita mica, schörlita, berilo e uma zona de contato bastante foliada, com 10 a 50cm). A distribuição dos pegmatitos parece homogênea e o afloramento depende mais de questões morfológicas do que da distribuição geológica.

### **Pegmatitos:**

Há também pegmatitos originados pela fusão parcial de rochas regionais. Depósitos de caulim associam-se a ambos os tipos de pegmatitos. Grandes volumes de rejeitos deixados por garimpeiros de caulim, entre os anos de 1950 e 1992, são freqüentes.

### **Petrografia:**

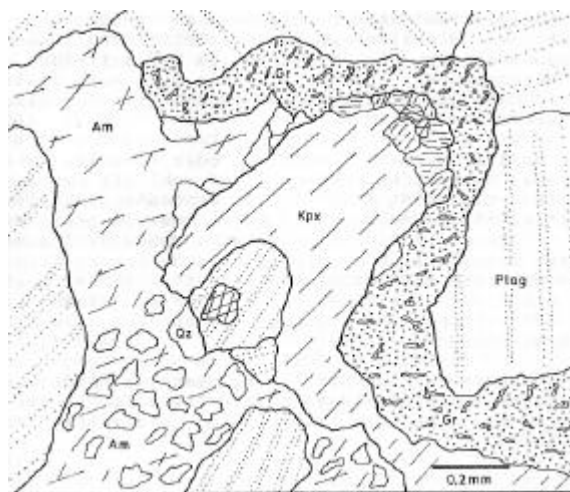


Figura 5.43: Microfotografia de um anfibólio-granada-clinopiroxênio gnaiss da fácies granulítica.

Plag: plagioclásio; Kpx: Clinopiroxênio; anf: anfibólio; Gr: granada.

Bem visível os “rims” simplectíticos em volta dos grãos de granada. Cpx é parcialmente transformado em anfibólio (Lâmina 575B).

### **Suíte Caparaó (Complexo Juiz de Fora)**

As rochas deste complexo compreendem na região de trabalho rochas de alto grau como opx-gra-gnaïsse, opx-cpx-anf-gnaïsse, granulitos e rochas mais máficas. Existem também muitas áreas com gnaïsses bandados e migmatitos. Segundo a classificação de Mehnert (1986) tratam-se de migmatitos estromáticos, às vezes do tipo “schlieren-nebulítico”. Ocorrem “schollen” de piroxenitos e anfibolitos, centimétricos a métricos, em forma curvada a alongada. As rochas estão normalmente muito dobradas (até isoclinal) e têm textura paralela. Próximo ao contato com as rochas do Grupo Andrelândia aumenta a migmatização parcial.

Opx-gnaïsses, de cor escura e composição máfica, formam partes mais altas no terreno. Eles mostram, quando intemperizados, um bandamento milimétrico. São de granulação fina e aspecto maciço; às vezes é possível ver a olho nu porfiroblastos de granada e piroxênios. Bem visível é a presença destas rochas na forma de “schlieren” nas rochas félsicas a intermediárias (opx-gnaïsses charno-enderbíticos). Estas últimas rochas, de cor predominantemente cinza, verde-escura a cinza-escura, são fino maciças e de granulação fina a grossa. Mostram um bandamento milimétrico a centimétrico. As bandas mais claras possuem quartzo em forma discóide e alongada. A textura é bastante milonitizada e recristalizada.

Opx-gnaïsse de composição intermediária ocorrem junto com opx-cpx-anf-gnaïsse, morfológicamente em um campo ondulado com altitudes médias. Opx-cpx-anf gnaïsse neste conjunto é intensivamente associado com gnaïsses de cunho charno-enderbítico, diferenciando-se pelo alto teor de cpx e a mais intensa alteração com formação de biotita e anfibólio.

Dentro da Serra do Caparaó ocorrem granada gnaïsses e granulitos interdigitados. Eles têm uma textura extremamente paralelisada na faixa de milímetro a centímetros.

Outros tipos de rochas ocorrentes são gnaïsses bandados com granada, biotita, silimanita e, em raros casos, também cordierita.



Figura 5.44: Afloramento da unidade charnoquítica da Suíte Caparaó (Complexo Juiz de Fora). A rocha de granulação média a grossa contém enclaves (restitos?) de composição piroxenítica e anfibolítica. Os dois mostram fortes sintomas de fusão e mistura mecânico-química.



Figura 5.45 a e b: Afloramentos das rochas de fácies granulítica da Suíte Caparaó. É a unidade mais migmatizada, dobrada isoclinalmente e afetada fortemente por foliação NE-SW, ocorrendo zonas mais milonitizadas.

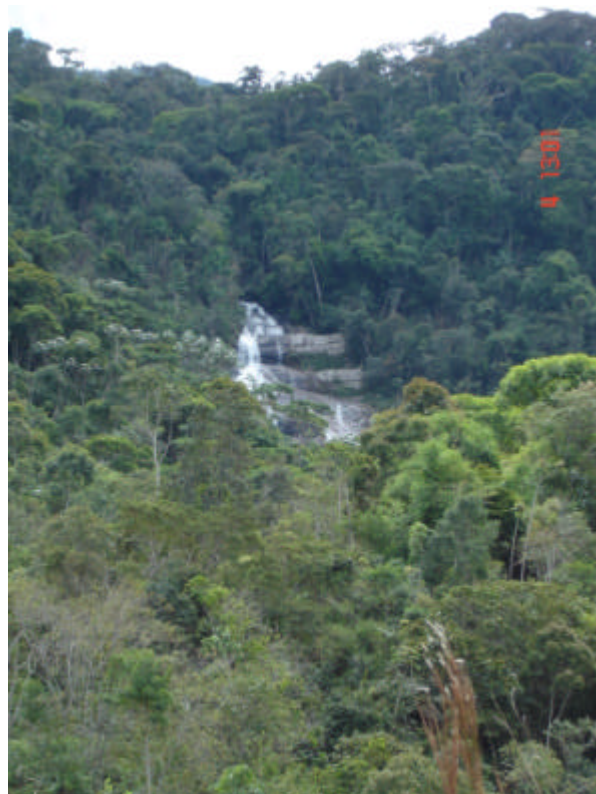
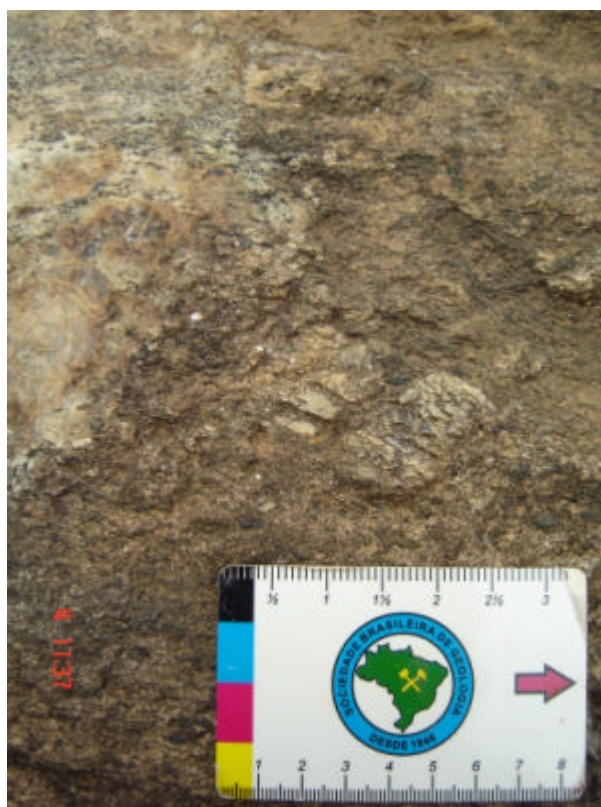
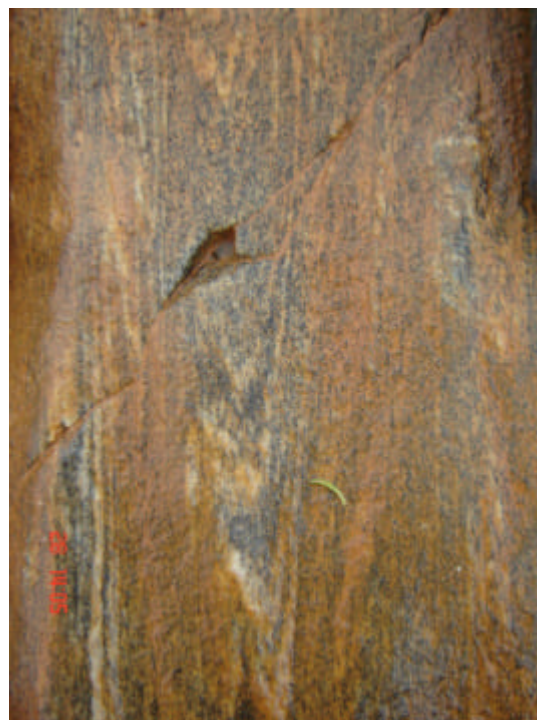


Figura 5.46 a e b: Afloramento da unidade charnoquítica da Suíte Caparaó. A esquerda um detalhe do afloramento da direita. São rochas foliadas, escuras, relativamente homogêneas. Tem uma granulação média a grossa com feldspatos orientados de até 5cm.



Figura 5.47 a e b: Afloramento da unidade charnoquítica da Suíte Caparaó já com início de formação de bandamento na transição para a fácies migmatizada. Vê-se a diferença na granulação entre as bandas escuras e claras. Feldspatos maiores formaram-se por blastese nas bandas claras (ver a esquerda). A esquerda um detalhe do afloramento da direita. São rochas foliadas, escuras, relativamente homogêneas.

### **Gnaiss migmatizados da fácies granulito**

É constituído essencialmente por ortogranulitos de composição enderbítica, charnockítica, quartzo-diorítica, gabróica e norítica. Segundo Söllner et al. (1991), esta unidade é o embasamento do Complexo Paraíba do Sul. A Suíte Caparaó é um conjunto de rochas de fácies granulito e transição anfibolito-granulito, de composição félsica a máfica, incluindo granulitos e gnaisses com ortopiroxênio, variavelmente migmatizados, cujos protolitos são norito, jutonito, charnockito, charno-enderbitito e enderbito. Os dados U-Pb de Söllner et al. (1991) indicam cristalização e recristalização de zircão em  $2176 \pm 30$  Ma e  $586 \pm 3$  Ma.

Trata-se de rochas do Complexo Juiz de Fora, afetadas e parcialmente fundidas com a atuação do Evento Brasileiro. Devida à intensa tectônica existem pequenos boudins/lentes do Grupo Andrelândia que foi incorporado mecanicamente a esta Suíte.

#### Hy-granitoide-gnaiss com partes mais migmatizadas

Ortognaiss de aparência homogênea, esverdeado com hiperstênio, com quantidades variadas de granada (muita a esparsas). Mostra também um bandamento mais proeminente, com espessura centimétrica a decimétrica. Tem bandas mais e menos ricas em quartzo. Observam-se também partes de aparência paragnáissica.

#### Hy-granito com partes restritas de norito, raramente migmatizado

Rocha esverdeada escura com aparência homogênea, de vez em quando foliada. Intemperisada mostra texturas causadas por movimentação por fluxo. Possui granulação grossa a média. Tem enclaves de composição piroxenítica-anfibolítica de forma e tamanho irregulares, que podem até formar camadas mais contínuas.

**Petrografia:**

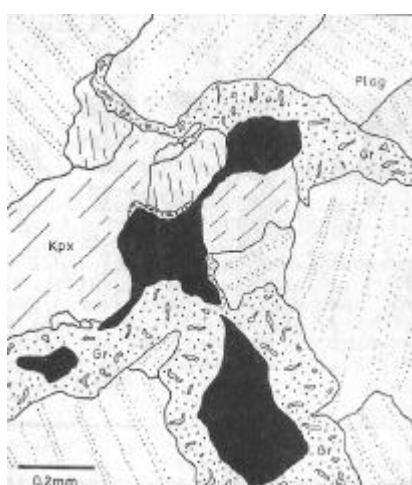
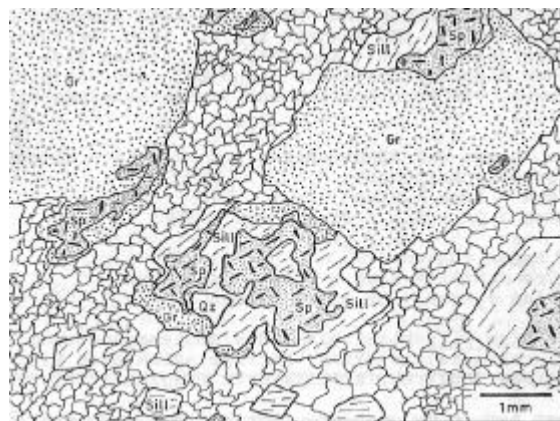
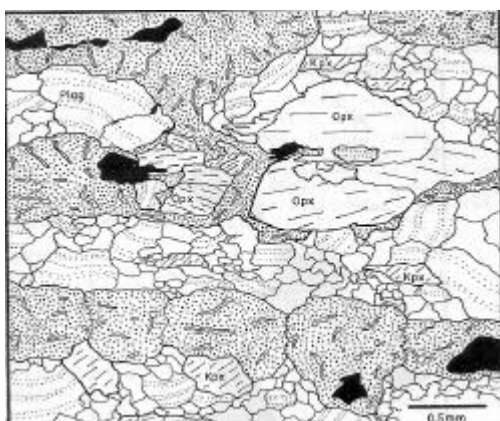


Figura 5.48: Fotomicrografias das rochas da Suíte Caparaó.

- a. Ortopyroxênio gnaisse com camadas pós-deformacionais de grana simplectítica
- b. Paragênese de sillimanita-grana-espinélio em rochas de fácies granulítica. Grana gnaisse da Suíte Caparaó  
Sp: Espinélio; Gr:grana; sill: silimanta.
- c. Ortopyroxênio gnaisse bandado. Formação de “rims” de grana simplectítica (gr) em volta de ilmenita (Il) em contato com o plagioclásio da matriz(Plag).  
Kpx: Clinopyroxênio; Opx: Ortopyroxênio

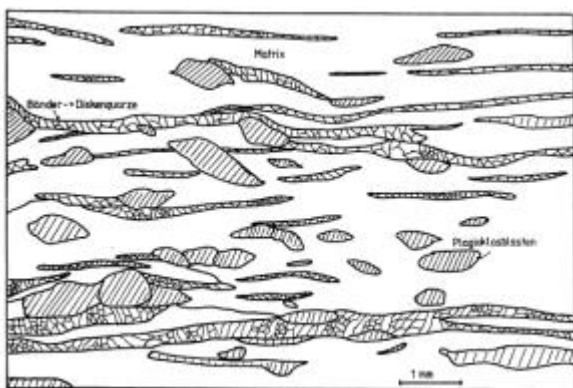


Figura 5.49: Textura típica dos granulitos da Serra do Caparaó com quartzo em bandas e discos recristalizados (C89427)



Figura 5.50: Opx gnaiss de composição intermediária felsica. Os cristais são hipidiomórficos e levemente quebrados. Intercrescimento intensivo entre opx e cpx (73/2)



Figura 5.51: Paragênese típica (Opx-Cpx-plag) das rochas opx-gnaiss máfico. Os porfiroblastos de opx têm lamelas de dissolução de flogopita e ilmenita paralelas a 100 (332228).



Figura 5.52: Paragênese Opx/Cpx com textura típica. O cpx tem cristais de ilmenita paralelos a 100. Plagioclásio mostra geminação polisintética. Biotita e opacos (óxidos) são produtos da transformação retrógrado dos piroxênios (13027).

**Geoquímica:**

Tabela 5.8: Composição média das rochas de fácies granulítica deste complexo.

a. Opx-cpx-anf-gnaiss se intermediária						b. opx-gnaisses de composição máfica					
Gewt	MW	Med	Min	Max	Std	Gewt	MW	Med	Min	Max	Std
SiO <sub>2</sub>	51,30	50,78	46,49	56,98	3,10	SiO <sub>2</sub>	62,24	62,80	56,57	67,00	3,31
TiO <sub>2</sub>	1,40	1,42	0,78	2,01	0,32	TiO <sub>2</sub>	0,86	0,87	0,62	1,16	0,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,01	16,61	10,65	17,99	2,01	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,94	16,08	14,23	17,45	0,76
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,24	3,44	2,00	8,86	2,35	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,72	1,51	1,70	3,84	0,93
FeO	8,54	9,53	1,22	13,36	3,44	FeO	5,03	4,81	1,73	7,22	1,61
MnO	0,20	0,18	0,14	0,56	0,08	MnO	0,16	0,15	0,06	0,30	0,06
MgO	6,96	5,88	3,97	12,44	2,37	MgO	3,40	2,79	1,74	6,53	1,40
CaO	8,95	8,88	5,62	12,78	2,04	CaO	5,19	5,31	2,18	7,11	1,30
Na <sub>2</sub> O	2,71	2,84	1,17	4,15	0,87	Na <sub>2</sub> O	2,99	2,85	2,01	3,99	0,57
K <sub>2</sub> O	0,98	0,98	0,31	1,88	0,49	K <sub>2</sub> O	2,31	2,24	1,40	4,09	0,72
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17	0,14	0,01	0,44	0,14	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,21	0,21	0,01	0,46	0,14
Σ	100,46					Σ	100,05				
ppm						ppm					
V	280	236	35	770	201	V	128	129	53	233	47
Cr	211	145	77	738	173	Cr	113	88	5	349	75
Co	50	31	3	425	87	Co	14	9	1	112	22
Ni	87	76	2	248	66	Ni	43	50	4	121	28
Cu	52	26	4	260	63	Cu	24	23	1	70	17
Zn	141	141	83	224	30	Zn	92	142	87	152	25
Ga	21	21	13	31	1	Ga	22	23	12	27	2
Rb	32	28	5	71	17	Rb	75	71	28	198	36
Sr	451	375	71	1107	263	Sr	556	481	275	2024	339
Y	89	101	14	146	40	Y	55	53	19	79	17
Zr	226	229	13	514	115	Zr	275	251	127	769	127
Ba	485	430	69	1040	290	Ba	790	725	281	1817	321
Pb	15	15	5	37	8	Pb	23	20	13	69	12

c. Gra-gnaiss e granulitos						d. Opx-gnaiss de composição félsica					
Gewt	MW	Med	Min	Max	Std	Gewt	MW	Med	Min	Max	Std
SiO <sub>2</sub>	73,81	72,93	69,80	77,54	3,23	SiO <sub>2</sub>	71,13	68,64	66,53	78,82	4,80
TiO <sub>2</sub>	0,72	0,62	0,57	1,17	0,22	TiO <sub>2</sub>	0,61	0,59	0,49	0,78	0,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,86	12,43	10,66	15,57	1,89	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,02	14,76	11,41	15,33	1,53
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,49	1,66	0,34	1,99	0,55	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,92	0,86	0,20	1,96	0,66
FeO	2,70	2,77	2,24	3,82	0,76	FeO	3,37	3,31	2,01	4,62	1,21
MnO	0,19	0,10	0,09	0,58	0,17	MnO	0,11	0,13	0,05	0,22	0,05
MgO	0,96	1,02	0,17	1,78	0,96	MgO	1,11	1,09	0,17	1,90	0,62
CaO	2,47	2,55	2,01	2,85	0,28	CaO	3,39	4,18	1,34	4,85	1,53
Na <sub>2</sub> O	2,22	2,44	1,02	2,89	0,65	Na <sub>2</sub> O	2,83	2,81	1,50	3,94	0,69
K <sub>2</sub> O	2,74	2,22	1,36	4,23	1,14	K <sub>2</sub> O	2,25	2,14	1,03	3,78	0,87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,13	0,13	0,04	0,18	0,04	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,16	0,03	0,24	0,07
Σ	100,29					Σ	99,83				
ppm						ppm					
V	89	77	51	150	42	V	58	54	13	112	39
Cr	100	109	29	143	52	Cr	63	73	11	110	33
Co	13	5	1	38	16	Co	16	5	1	86	26
Ni	22	18	10	56	15	Ni	13	13	2	30	10
Cu	15	14	9	26	6	Cu	25	27	1	39	11
Zn	124	136	86	160	32	Zn	144	136	96	226	39
Ga	14	10	9	22	6	Ga	18	22	7	24	7
Rb	74	66	43	101	26	Rb	72	60	33	112	30
Sr	333	323	224	479	107	Sr	381	307	227	787	204
Y	29	25	25	42	8	Y	37	36	23	51	13
Zr	325	347	237	352	41	Zr	248	252	172	327	43
Ba	921	900	748	1062	110	Ba	929	924	756	1120	129
Pb	21	24	12	29	7	Pb	22	19	9	34	9

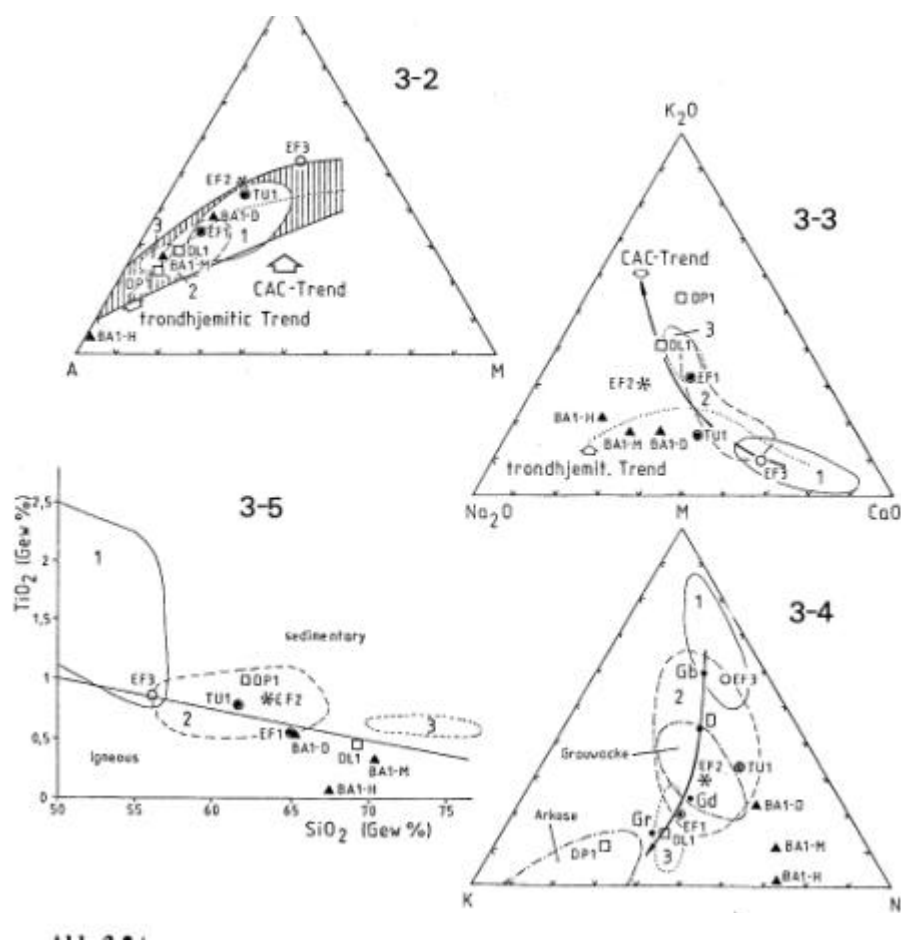


Figura 5.53 (2, 3, 4, 5): Triângulos e diagrama de discriminação selecionados para as rochas da Suíte Caparaó.

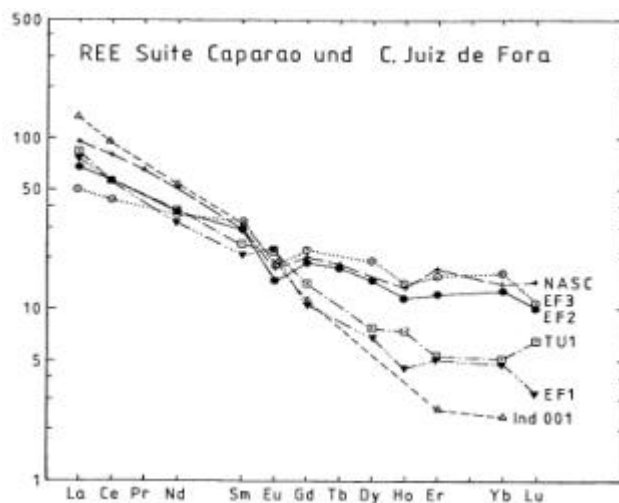


Figura 5.54: Diagrama REE para as rochas da Suíte Caparaó, normalizados para condritos. .

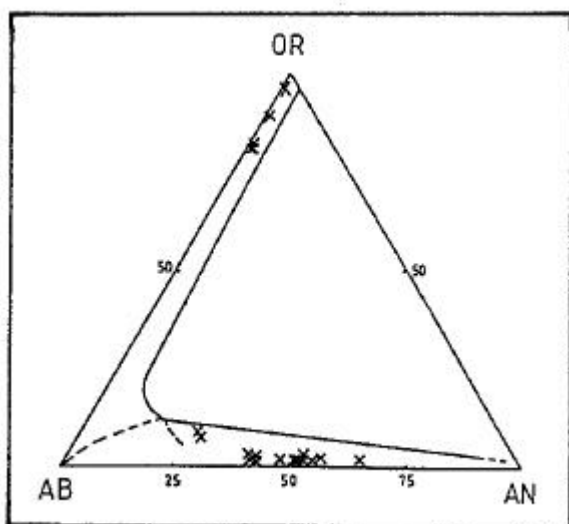


Figura 555: riangulo Ab-An-Or da composição dos feldspatos nos opx-gnaisses. K-feldspato é normalmente ortoclásio e os plagioclásios têm composição andesítica a labradorítica (com ca. De 5% Or).

**ROCHAS MÁFICAS-ULTRAMÁFICAS NÃO DIFERENCIADAS**

Estas rochas ocupam somente uma parte muito limitada na parte inferior da folha, formam pequenos corpos alinhados NE-SW ao lado do Lineamento de Guaçuí e influenciado por ele. São extremamente milonitizadas, metamorfisadas (contato??) e metasomatisadas. São rochas de aspecto verde, verde-limão a marrom escuro, às vezes manchadas por material branco (quartzo, calcita) e escuro. Tratam-se provavelmente de rochas de cunho oceânico (basaltos, olivina piroxenitos) que foram posteriormente transformadas em anfibólitos, diopsiditos, ol-px-anf-qu-fels e similares. Os minerais que ocorrem são feldspato, anfibólios, piroxênios, restos de olivina e produtos da alteração como quartzo, calcita, magnesita (?), diopsídio, sericita e outros.

**Petrografia:**

A rocha é de aparência inequigranular, fina a grossa, de textura granoblástica, estrutura maciça. Em algumas partes aparece muito fraturada além de exibir uma orientação em torno de N-S imposta pelo Lineamento de Guaçuí.

Os cristais variam entre xenomórficos e idiomórficos. Mineralogia: piroxênio, quartzo, plagioclásio e actinolita. Esta rocha é composta quase em sua totalidade por grandes cristais de piroxênio, com proporções variáveis de actinolita, quartzo, plagioclásio e olivina relíctica. A actinolita é secundária, como o quartzo, e deve ser produto de alteração do piroxênio, e aparece como “manchas” disseminadas na lâmina. O quartzo aparece como pequenos cristais. O teor de plagioclásio, sempre sericitizado, varia muito em todas as lâminas.

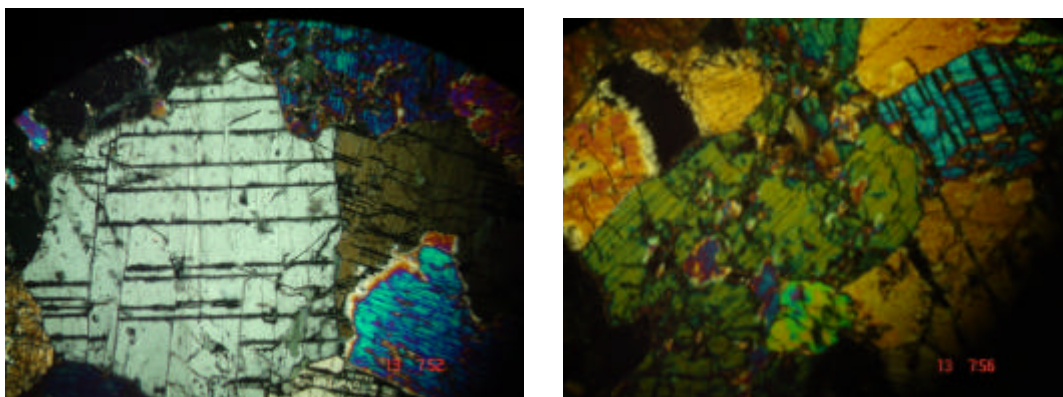


Figura 5.56.a, b: Fotomicrografias típicas da rocha ultramáfica com grandes grãos de piroxênio, anfibólio e produtos de alteração.



## REGIÃO DO LINEAMENTO DE GUAÇUÍ

Nesta região as rochas, principalmente do Complexo Paraíba do Sul e do Grupo Andrelândia mais diversos corpos de rochas ígneas, formam afetadas por um movimento transpressional dextral, orientação do campo da força compressional em torno de E-W, que resultou em movimentos que ocorreram nas três direções dos eixos de deformação.

Em campo pode se observar uma ampla variedade de rochas, em função da variação da intensidade da deformação. Observa-se, geralmente, um aumento da foliação na parte central do Lineamento, mas de forma não homogênea e variada. Existem regiões com milonitização mais intensa que dão espaço a e/ou alternam-se com áreas menos afetadas. Podem-se observar, em geral, camadas leucocráticas com grãos de quartzo e feldspato achatados, alternando com camadas melanocráticas com biotitas e anfibólios orientados e englobados em uma estrutura milonítica milimétrica a centimétrica. Estas estruturas mostram geralmente uma orientação NNE-SSW com mergulho para ESE, verticalizada ou WNW.

Existe uma ampla gama de rochas que foram deformadas sob condições plásticas (iniciais), com recristalização dinâmica, e posterior deformação rúptil para o final do processo deformacional. É possível uma subdivisão da faixa de influência do Lineamento de Guaçuí em três zonas em função da intensidade da deformação:

### ZONA MARGINAL

A faixa marginal da área de influência mais proeminente do Lineamento de Guaçuí é constituída por migmatitos e gnaisses migmatizados das rochas regionais, que em parte exibem foliação milonítica progressivamente mais proeminente rumo à zona central. Observam-se muitas vezes estruturas relícticas das rochas vizinhas. Observam-se às vezes lentes pegmatóides e estruturas migmatíticas tipo “schollen” e “schlieren”. Ocorrência de granadas em grãos deformados.



Figura 5.57 a e b : As fotografias mostram a influência do Lineamento de Guaçuí na zona marginal. Vê-se a formação de uma foliação proeminente, formação de bandamento, boudinagem e, às vezes, formação de fusões mínimas. Entretanto, ainda é possível reconhecer o tipo da rocha afetada.



Figura 5.48: O desenho mostra que nesta zona ainda é possível de separar opticamente os agregados de quartzo (Fritzer, 1991). Amostra 620. Acima é indicada a distância da zona central.

### **ZONA INTERMEDIÁRIA**

São rochas com faixas milonítica mais ou menos proeminentes. O protólito normalmente não pode ser mais facilmente determinado, pois a composição e textura não mostram mais indícios da rocha original. São formadas a partir de gnaisses e migmatitos e junto ocorrem porções com material quartzo-feldspático resultado de fusões parciais.

As rochas perderam toda estrutura e textura anterior. São extremamente foliadas e existem duas direções de foliação bem distintas, indicando movimentação NE-SW e E-W. Bastante típica é a ocorrência de quartzo com formas discóides e lamelares. Outras feições texturais dos grãos de quartzo são:

- Cristais alongados e agregados com formação de subgrãos e extinção ondulante;
- Bandas com mosaico de grãos alongados;
- Bandas com camadas de grãos angulares;
- Bandas com grãos angulares e amebóides.

A largura normal destas bandas é de 0,1 a 0,5mm e comprimento de até alguns centímetros. O feldspato normalmente presente é plagioclásio, com feldspato potássio subordinado. Observa-se a formação de geminação sob pressão e extinção ondulante.



Figura 5.59 a e b: Na zona intermediária vê-se uma deformação da rocha muito mais intensa. Não é, normalmente, possível reconhecer o protólito no campo. Formação de porfiroblastos de feldspatos com boudinagem. Foliação millimétrica a centimétrica. Quartzo e feldspato em agregados alongados centimétricos até decimétricos.



Figura 5.50: O desenho mostra que nesta zona, mais perto da parte central, a separação dos agregados de quartzo óticamente não é mais possível (Fritzer, 1991). Amostra 624/2. Acima é indicada a distância da zona central. Interpretou-se aqui uma faixa mais milonitizada da zona intermediária.

## ZONA CENTRAL

As rochas encontram-se extremamente recrystalizadas, obliterando todas as estruturas anteriores. A granulação é fina a média, com exceção dos porfiroblastos que chegam a até 2cm. Ocorrem porfiroblastos de feldspato e quartzo, e de granada em algumas faixas, com desenvolvimento de sombras de pressão que representam bons indicadores cinemáticos. A zona central é aquela de maior intensidade da deformação, ainda que pareça haver uma redução da temperatura para o centro, onde ocorrem ultramilonitos mas as fusões graníticas são raras.

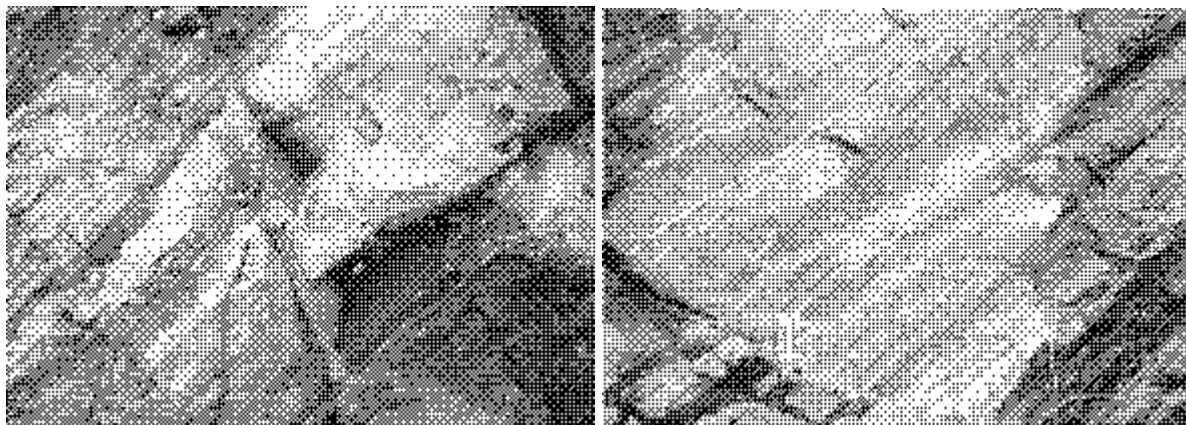


Figura 5.51: Fotografias da região de maior deformação do Lineamento de Guaçuí. Vê-se nitidamente o forte alongamento dos cristais de quartzo e feldspato, formando bandas submilimétricas a milimétricas. O local encontra-se a norte da cidade de Celina em direção a Ibitirama, passando ao sul da Serra do Valentim. Ponto 228090 e 7712721.

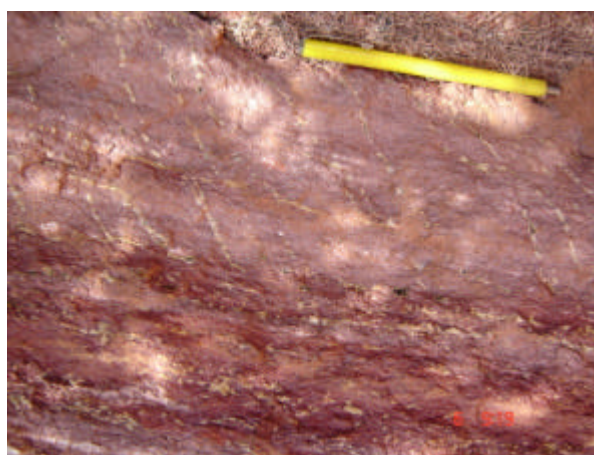
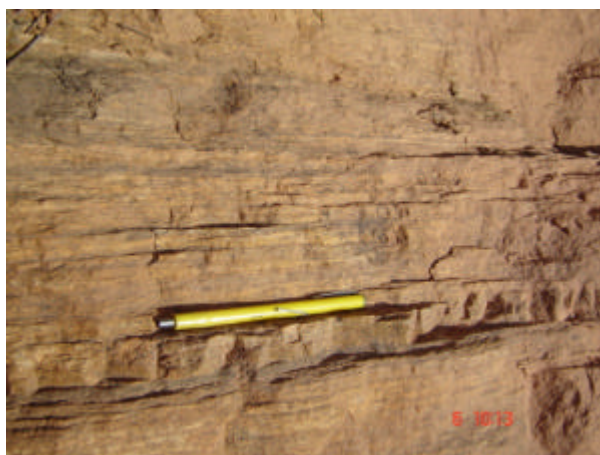


Figura 4.52: Dois afloramentos da zona central do Lineamento de Guaçuí. No foto da direita podem ser observadas as duas foliações.

#### 4. RECURSOS MINERAIS

A região em questão tem principalmente as seguintes riquezas minerais:

##### **Pegmatitos**

Ocorrem em duas regiões:

i) dos dois lados da Serra do Caparaó (ocorrências de caulim, feldspato, quartzo, columbo-tantalita e, subordinadamente berilo);

ii) nos granitóides intrusivos brasileiros (Santa Angélica; Conceição de Muqui) com água-marinha, topázio azul e rosa, ametista, e quartzo fumê e rosa.

##### **Caulim**

Os depósitos de caulim resultam da alteração intensa dos pegmatitos e corpos granitóides/pegmatóides que acompanham a Serra do Caparaó. A qualidade é prejudicada pelo conteúdo de quartzo e mica, que causa problemas no beneficiamento e no meio ambiente. Por estas razões, como também o preço alto de transporte e a concorrência externa, a produção está quase paralizada.

##### **Mica**

Ocorreu economicamente perto de Caiana. A extração foi paralizada devido ao baixo preço de mercado. A mudança da indústria eletrônica e a utilização de outros materiais de isolamento provocou o encerramento desta produção, ainda ativa até 1998.



Fotografia 5.53 a e b: Vista e duas cavas de pegmatitos entre Espera Feliz e Caparaó. Nestas lugares ocorreram, entre os anos 50 até 80, atividades de retirada de caulim para a empresa Klabim em Caiana. As atividades pararam e uma recuperação ambiental não foi executada. Em cotas mais baixas retirou-se quartzo para a indústria eletrônica de São Paulo, como também placas de moscovita para isolantes.

### Bauxita

Ocorre em áreas de cotas altas, sobre gnaisses migmatizados, onde houve alteração intempérica profunda com a lixiviação de óxidos de ferro e do quartzo. Existem áreas de interesse econômico, mas a falta de fornecimento de energia elétrica prejudica o aproveitamento.



Figura 5.54 a e b: Dois lugares onde foi feito prospecção para bauxita.

- Afloramento entre Dolores do Guaçuí e Celina desenvolvendo-se numa cobertura laterítica.
- Ao sudoeste da cidade de Caparaó, sobre gnaisses rico em pegmatitos e granadas transformadas em  $MnO_2$ .

### Ocorrências secundárias de gemas

Aparecem em cursos de água próximos das intrusões graníticas e pegmatitos (Santa. Angélica e Conceição de Muqui). São ocorrência que estão sendo garimpadas eventualmente.

### Rochas ornamentais

Granitos a hiperstênio, charnoquitos, gnaisses migmatizados e granitos de granulação fina ou grossa estão sendo explorados em volta da Serra do Caparaó, nas margens do corpo intrusivo de Santa Angélica, Conceição de Muqui e em outras pedreiras espalhadas pela folha.



Figura 5.55: Extração de blocos de rocha ornamental ao sul de Alegre.

As pedreiras ficam localizados entre rochas parcialmente fundidas do Complexo Paraíba do Sul e corpos de granito-gnaisses encaixados neste complexo. Pode-se observar todos os estágios de transição nesta pedreira.





Figura 5.56: Pedreira abandonada onde foram exploradas as rochas do Granito Conceição de Muqui.



Figura 5. 57: Pedreira para paralelepipedos em rochas do Gnaiss tonalítico de Manhauçu. Devido à sua composição e à influência tectônica ele não é propício para a obtenção de placas grandes. A rocha é de granulação fina, aparentemente homogênea e cortada por veios e bandas de pegmatóides e aplitos, às vezes com allanita.



Figura 5.58: Pedreira no extremo sudeste da folha, já no Estado de Rio de Janeiro perto da divisa com o Estado de Minas Gerais.

Na pedreira extrai-se uma rocha chamada “Cachoeiro Amarelo” com aparência distinta em duas direções. Parece pertencer a um corpo pequeno na margem do Gnaisse tonalítico de Manhauçu, que causou bolsões de fusão nas rochas do Grupo Andrelândia, fusões estas com aparência e composição semelhantes ao Ortognaisse Estrela.

### **Materiais de construção**

Existem pedreiras para a produção de brita perto de Espera Feliz, Caparaó, Dores do Rio Preto, Guaçuí e Alegre. Alguns corpos pegmatíticos, antigamente explorados para caulim, servem para a produção de brita e areia fina. Algumas lentes quartzíticas são exploradas esporadicamente para areia e saibro.





Figura 5.59 a e b: Lugares de extração de material de construção.  
a. Pedreira nos arredores de Espera Feliz na direção norte. Retira-se brita de várias granulometrias e blocos para a construção civil, revestimento de rios e construção de estradas.  
b. Quartzito relativamente puro ao norte de Caparaó utilizado para retirar areia e brita fina.



### Ouro

Ocorre esporadicamente a garimpagem de ouro no Rio Itapemirim, seus afluentes e em outros rios que cortam o Lineamento de Guaçuí.



Figura 5.60: Garimpo de ouro abandonado em rio cortando a faixa do Lineamento de Guaçuí entre Celina e Dores do Rio Preto



Figura 5.61: Garimpo abandonado ou de trabalho sazonal no braço oeste do rio a norte e leste da estrada Celina – Dores do Rio Preto.

**5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alvaro, L. 1971. Locality: Minas Gerais, Brazil. A Response. Mineralogical Record, Vol. 2: 10-13.
- Angeli, N. 1978. Pesquisa de calcário e caulim no norte do Estado do Rio de Janeiro, Sul do Estado do Espírito Santo e Serra do Caparaó (Minas Gerais).XXX Cong. Bras. Geol., Recife, Anais: 4: 1714-1728.
- Bayer, P., 1987. Strukturgeologische Untersuchungen im brasilianischen Küsten mobile Belt, südliches Espírito Santo, unter besonderer Berücksichtigung der Brasiliano-Intrusionen. Unveröffent. Diss., LMU, München,: 144p.
- Bayer, P., Horn, H.A., Lammerer, B., Schmidt-Thomé, R. Weber-Diefenbach, K. & Wiedemann, C. 1986. The Brasiliano Mobile Belt in Southern Espírito Santo (Brazil) and its igneous intrusions. Zbl. Geol. Paläont., 9/10: 1429-1439.
- Bilal E., Horn, A.H., Nalini H.A., Mello m. de F., Correia-Neves, J.M., Giret, A.R., Moutte, J., Fuzikawa, K. & Fernandes, M.L.S. 2000a. Neoproterozoic granitoid suites in southeastern Brazil. Rev. Bras. Geol. V 30: 1/2/3: CD.
- Bilal E., Correia-Neves, J.M., Fuzikawa, K., Horn, A.H., Marciano, V.R. da R.O., Fernandes, M.L.S., Mello, F.M. de, Moutte, J. & Nasraoui, M. 2000b. Pegmatites of southeastern Brazil. Rev. Bras. Geol. V 30, 1/2/3: CD.
- Besang, C., Eberle, W.G., Lahner, L., Lenz, H., Mollat, H., Müller, P. & Paulsen, S. 1977. Radiometrische Altersbestimmungen an Gesteinen aus Minas Gerais und Espírito Santo, Brasilien. Geol. Jh., 24: 149-179.
- Correia Neves, J.M. (1987) Província Pegmatítica Oriental do Brasil.
- Correia Neves, J.M., Pedrosa Soares, A.C. & Marciano, V.R., 1986. A Província Pegmatítica oriental do Brasil à luz dos conhecimentos atuais. Rev. Bras. Geociências, 16, 106-118.
- Correia-Neves, J. M. 1997. Província Pegmatítica Oriental do Brasil. In: DNPM/CPRM (ed.) *Principais Depósitos Minerais do Brasil. Vol. IV, Parte B*, Brasília, 343-371.
- Correia-Neves, J. M.; Pedrosa Soares, A. C.; Marciano, V. R. P. R. O. 1986. A Província Pegmatítica Oriental do Brasil à luz dos conhecimentos atuais. *Rev. Bras. Geociências*. 16(1): 106-118.
- Correia-Neves, J. M.; Pedrosa Soares, A. C.; Marciano, V. R. P. R. O.; Monteiro, R. L. B. P.; Fernandes, M. L. S. 1987. Granitoids and Pegmatites from the northern section of the eastern Brazilian pegmatite Province. In: International Symposium on Granites and Associated Mineralizations (ISGAM/87), Salvador. *Excursion Guides Book*: 123-144.
- Costa, A.G., Rosière, C.A., Ebert, H.D., Fischel, D.P., Fuck, R.A. and Pimentel, M.M., 1998. The relation between frontal and strike-slip shear zones and the regional metamorphism and magmatism in a deep-crustal segment of the northern Ribeira Belt, SE Brazil. In International Conference on Precambrian and Craton Tectonics, Ouro-Preto.26-28.
- Ebert, H.D., Chemale F., Babinski, M., Artur, A.C. and Van Schmus W.R., 1996. Tectonic setting and U/Pb zircon dating of the plutonic Socorro Complex in the Transpressive Rio Paraíba do Sul Shear Belt, SE Brazil. *Tectonics*, 15, 2, 688-699.
- Ebert, H.D. and Hasui, Y., 1998. Transpressional tectonic and strain partitioning during oblique collision between three plates in the Precambrian of south-east Brazil. In Holdsworth, R.E., Strachan, R.A., Dewey, J.F. (ed) *Continental Transpressional/Transtensional Tectonics*. Geological Society, London, Special Publications (Blackwell), 135, 231-252.
- Fischel, D.P., Pimental, M.M., Fuck, R.A., Costa, A.G. and Rosiere., C.A., 1998. Geology and Sm-Nd isotopic data for the Mantiqueira and Juiz de Fora complexes (Ribeira Belt) in the Abre Campo-Manhuaçu region, Minas Gerais, Brazil. In International Conference on Precambrian and Craton Tectonics, Ouro-Preto.21-23.
- Fonseca, M.J.G. & Campos, A.D. 1878. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo. Folha Rio de Janeiro/Vitória/Iguape SF.23/SF.24/ SG. 23. MME/DNPM, Brasília.

- Fritzer, T. 1991. Das Guaçuí Lineament und die Entwicklung des zentralen Ribeira-Belts, Espírito Santo, Brasilien. Münch. Geol. Hft, 2: 196p.
- Horn, A.H. 1986. Plutonite in Espírito Santo - Geochemische Untersuchungen an Intrusivkomplexen des Brasiliano im Küstengürtel von Espírito Santo/Brasilien. Dissertation, Ludwig Maximilians-Universität München: 308p.
- IBGE 1997. Carta do Brasil. Escala 1:100.000, Folha SE 24-V-A-V. Cachoeiro de Itapemirim (ES). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.
- IBGE 1997. Carta do Brasil. Escala 1:100.000, Folha Se 24-V-A-VI. Piúma (ES). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.
- Lammerer, B. 1987. Short notes on a structural section through the Ribeira Mobile Belt (Minas Gerais and Espírito Santo, Brazil). Zbl. Geol. Paläont., Stuttgart: 7/8: 719-728.
- Machado N., Valadares C., Heilbron M. & Valeriano C. 1996. U-Pb geochronology of the central Ribeira Belt (Brazil) and implications for the evolution of the Brazilian Orogeny. *Precambrian Research*, **79**: 347-361.
- Morteani G., Preinfalk C. & Horn H. A., 2000. Classification and mineralization potential of the pegmatites of the Eastern Brazilian Pegmatite Province. *Mineralium Deposita* Volume 35 Issue 7 (2000) pp 638-655 ISSN: 0026-4598 (printed version) - ISSN: 1432-1866 (electronic version)
- Nachit, H., 1986. Contribution à l'étude analytique et expérimentale des biotites des granitoïdes. Applications typologiques. Ph.D. thesis, Université de Bretagne Occidentale Brest. 238 p.
- Orciolo, P.R., Galea, Espindola, C.R. & C.G., Cunha, C.H.R. 1978. Pegmatitos Topázio Berilíferos de Mimoso do Sul - ES. XXX. Cong. Brás. Geol., Recife, Anais 4: 1553-1567.
- Pecora, W.T., Klepper, MR., Larrabee, D.M., Barbosa, A.L. de M. & Frayha, R. (1950) Mica deposits in Minas Gerais, Brazil. *Geologic investigations in the American Republics 1949. Bull. Geol. Survey 964-C: 98p.*
- Pedrosa-Soares A.C., Noce, C.M., Vidal, P.H., Monteiro, R.L.B.P & Leonardos, O.H. 1992. Toward a new tectonic model for the late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) belt. *Journal of South American Earth Science*, 6, 33-47.
- Pedrosa-Soares A.C., Wiedemann C.M., Fernandes M.L.S., Faria L.F. & Ferreira J.C.H. 1999. Geotectonic significance of the Neoproterozoic granitic magmatism in the Araçuaí Belt: A model and pertinent questions *Rev. Bras. Geoc.* 29(1): 59-66.
- Pedrosa-Soares, A.C. & Wiedemann-Leonardos, C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, eastern Brazil. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz-Filho, A. & Campos D.A. (eds) 2000. *Tectonic Evolution of South America*. 31. Intern. Cong. Geol., Rio de Janeiro: 265-286.
- Pedrosa-Soares, A.C., Noce, C.M, Wiedemann, C.M. & Pinto, C.P. 2001. The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: An overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research* 110: 307-3023.
- Pinto, C.P. 1997. Projeto Leste-MG. Relatório Integrado.- CD
- Projeto Radambrasil 1983. Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro, Vitória. MME, Séc. Geral: 775p.
- Schmidt-Thomé, R. 1987. Der Santa Angélica Pluton im Ribeira Mobile Belt, südliches Espírito Santo, Brasilien: Magmenmischung in einem invers zonierten Pluton. Unveröffent. Diss. LMU, München: 191p.
- Silva, L.C. da; Armstrong, R.; Noce, C.M.; Pimentel, M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Leite, C.; Vieira, V.S.; Paes, V.C.; 2002. Reavaliação U-Pb SHRIMP em terrenos pré-cambrianos brasileiros. Parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. *Rev. Bras. Geoc.*, 32: 513-528.
- Silva, L.C.; McNaughton, N.J.; Armstrong, R., Hartmann, L. & Fletcher, I., 2005. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections. *Prec. Res.*, 136:203-240.

- Schobbenhaus, C. & Almeida, C.D. 1984. Geologia do Brasil. MME/DNPM, Brasília: 505p.
- Schobbenhaus, C., Qeiros, E.T. de & Coelho, C.E. (1991) Principais Depósitos Minerais do Brasil. CPRM/DNPM, IV7A:461p.
- Seidensticker, U. 1990. Petrographie, Geochemie, Strukturgeologie und Untersuchungen von fluiden Einschlüssen in granulitfaziellen Gesteinen im Südwesten des Bundesstaates Espírito Santo, Brasilien. Dissertation, Ludwig Maximilians-Universität München: 164p.
- Sluitner, Z. 1990. Petrographie und Geochemie von hochgradig metamorphen Gesteinen des Brasiliano im südlichen Espírito Santo/Brasilien unter besonderer Berücksichtigung der Enderbitsuite. Dissertation, Ludwig Maximilians-Universität München: 191p.
- Sluitner, Z. & Weber-Diefenbach, K. 1989. Geochemistry of the charnoenderbitic amphibolitic gneisses in the coastal region of Espírito Santo, Brazil. Zbl. Geol. Paläont. I 5/6: 125-138.
- Söllner, F. 1988. Die Altersstellung charnockitischer und granulitischer Gesteine im Complexo Costeiro (Ribeira Mobile Belt), Espírito Santo/Brasilien: U-Pb-Geochronologie an Zirkonen. 11. LAK, Hannover: 150-150.
- Söllner, F., Lammerer, B., Weber-Diefenbach, K. & Hansen 1989. The Brasiliano Orogenesis: age determinations (Rb-Sr and U-Pb) in the coastal mountain region of Espírito Santo, Brazil. Zbl. Geol. Paläont. 5/6: 729-741.
- Söllner, F., Lammerer, B. & Weber-Diefenbach, K., 1989. Brasiliano Age of a Charnoenderbitic Rock Suite in the Complexo Costeiro (Ribeira Mobile Belt), Espírito Santo/Brazil: Evidence from U-Pb Geochronology on Zircons. Zbl. Geol. Paläont., 5/6, 1, 1-14.
- Söllner, F.; Lammerer, B. & Weber-Diefenbach, K. 1991. Die Krustenentwicklung in der Küstenregion nördlich von Rio de Janeiro/Brasilien. Münch. Geol. Hefte. 4: 100p.
- Töpfer, C. 1996. Brasiliano Granitoide in den Bundesstaaten São Paulo und Minas Gerais, Brasilien.-Eine vergleichende Studie. Münch. Geol. Hft.e A17: 258p.
- Töpfer, C. 1997. Age and origin of Brasiliano-granitoids in the southern Ribeira Mobile Belt, Brazil, by means of U-Pb-zircon and Rb/Sr-whole rock dating. In XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia. Anais, Natal, SBG, 4: 314-316.
- Tupinambá, M., Teixeira, W., Duarte, B.P. & Heilbron, M. 1997. UG. Cordani's & Delhal's geochronological data from the Ribeira Mobile Belt, revisited after thirty years. South Am. Symp. On Isotope Geology, Brazil, Anais: 320-322.
- Wernick, E., 1990. Zoneamento magmático regional de granitóides brasileiro no sudeste/sul do Brasil: implicações geotectônicas. In XXXVI Congresso Brasileiro de geologia. Anais, Natal, SBG, 4, 1668-1683.
- Wiedemann, H.G.F., 1993. The evolution of the early Paleozoic, Late to post collisional magmatic arc of the Coastal Mobile Belt, in the state of Espírito Santos, Eastern Brazil. An. Acad. Bras. Ciência, 65, 163-181.