

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

Nº 99/05

DEDALUS - Acervo - IGC



30900004572

**Petro-metalogênese e Geologia de poegmatitos
da região de Juiz de Fora, Grupo
Paraíba do Sul**



Autor: Gustavo Ferraz de Oliveira
Orientador: Dr. J. H. D. Schorscher - GMP - USP

USP - 1999

048
G.F.P
V.D

TF
048
G.F.P
V.D

MONOGRAFIA DE LA HISTORIA DE LA UNIVERSIDAD

MONOGRAFIA DE LA HISTORIA DE LA UNIVERSIDAD



Biblioteca de Guadalajara

Author: Guillermo Fernández de Gómez

Editor: Dr. A.H. Schuchert - C.R.C.

1966 - 1967

Resumo: Foram estudados os pegmatitos Santa Maria, Santa Juliana, Mercês e Casa Branca, assim como pegmatóides associados e rochas encaixantes localizados no SE de Minas Gerais, na região maior de Juiz de Fora. Essas ocorrências pertencem a parte meridional da Província Pegmatítica Oriental do Brasil, integrando a sub-província da zona da Mata. Foram realizados inicialmente estudos bibliográficos e análises fotogeológicas preliminares, seguida de uma etapa de 14 dias de trabalhos de campo, geológico - geotectônico regionais e levantamentos detalhados lito-estruturais, mineralógico-petrográficos e metalogenéticos locais das lavras pegmatíticas e arredores próximos com amostragens. Seguiram-se os trabalhos labororiais, incluindo análises estruturais pormenorizadas e interpretações fotogeológicas complementares. As amostras coletadas das mineralizações pegmatíticas e das rochas encaixantes regionais foram alvo de estudos mineralógico-petrográficos-metalogenéticos, microscópicos óticos, de difração de raios X e geoquímicos por absorção atômica e fotometria de chama para os elementos Na, K, Li, Be, Ca, Sr, Ba, Mg, Fe, indicadores petrometalogenéticos em pegmatitos. Visaram a caracterização, tanto das mineralizações quanto das rochas encaixantes, estabelecimento de correlações genéticas mútuas considerando o quadro evolutivo geológico-geotectônico regional. Os resultados evidenciam que a ocorrência da região pegmatítica de Mercês, na parte da borda interna estável do Cráton do São Francisco foi preservada dos retrabalhamentos tectono-metamórficos proterozóicos posteriores. O pegmatito principal, aqui denominado de Mercês, apresenta-se em estado de lavra abandonado, e sem registros específico quanto ao beneficiamento, foi explorado para quartzo, a exemplo de outros corpos da mesma região. É do tipo intrusivo e zonado, apresentando bordas de resfriamento rápido e evolução interna por injeções sucessivas, sendo discordante das rochas encaixantes, biotita-anfibólito gnaisse, do Cráton do São Francisco, aparentemente bastante homogêneas na região. Os pegmatitos Santa Maria e Santa Juliana, da região de Ubá, localizam-se na borda externa, de fortes retrabalhamentos proterozóicos, do Cráton do São Francisco. Os pegmatitos dessa região são do tipo intrusivo, discordantes a pseudoconcordantes, apresentam zona de borda com granada e biotita grossa (Santa Maria). São fraturados, porém isentas de efeitos tectono-metamórficos regionais evidenciados nas rochas encaixantes, onde se encontram injeções pegmatóides *Lit par Lit* e que caracterizam uma associação metavulcanossedimentar (com anfibolitos metabásicos e metaultramáficos, rochas cálcio-silicáticas, xistos gnaisse maficos e metapelíticos, e quartzitos de metachert) metamórfica na fácies anfibolito médio a superior, fortemente foliadas e com efeitos retrometamórficos e hidrotermais tardios eventuais, de fácies xisto verde inferior).

Os pegmatitos da região de Juiz de Fora localizam-se na parte central da faixa móvel costeira, no Grupo Juiz de Fora. As ocorrências aqui tratadas são exploradas para extração de quartzo

(grau químico), caolim para indústria de papel, e subordinadamente muscovita como material isolante. Estuda-se a caracterização tecnológica de granadas. Os pegmatitos estão fraturados e dispõe-se sub-concordantemente a rocha encaixante. Apresentam morfologia tabular e acompanham o dobramento da rocha encaixante.

Os resultados geoquímicos foram apenas incipientemente explorados já que, por motivos laboratoriais, ficaram prontos tão somente parcialmente, nas vésperas da data final, já prorrogada, de entrega desse relatório (faltam ainda os dados de elementos maiores e traço globais por fluorescência de Raios-X). Os dados obtidos de elementos indicadores petrometalogenéticos pegmatíticos encontram-se tabelados no anexo-X, desse relatório, e apontam (ainda que faltem tratamentos conclusivos) para a existência de diferenças maiores sistemáticas para as três áreas de ocorrências pegmatíticas estudadas, assim como para variações internas mesmo nos pegmatitos sem zoneamento mineralógico-petrográfico evidentes. Tais evidências poderão permitir futuramente subdivisões a parte da província maior aqui estudada, assim como estabelecer melhor o tipo metalogenético e a diferenciação interna dos corpos estudados.

Portanto, apesar de a apresentação final ainda conter deficiências, a pesquisa realizada teve pleno êxito, no sentido de propiciar o conhecimento e familiarização prática própria com todas as etapas mais essenciais de campo e laboratoriais, envolvidas na pesquisa e prospecção, detalhamento em lavra a caracterização tecnológica de jazidas e recursos minerais de pegmatitos (cerâmicos).

ÍNDICE

1.	Introdução-----	2
2.	Objetivo:-----	4
3.	Localização:-----	4
4.	Geologia regional: fundamentação bibliográfica -----	6
5.	Metodologia -----	10
6.	Desenvolvimento do trabalho -----	15
7.	Resultados obtidos -----	17
9.	Análise de dados geoquímicos -----	34
10.	Bibliografia -----	37
11.	Anexos	

1. Introdução:

As investigações sistemáticas de pegmatitos iniciaram-se no século XIX sendo atribuídos os trabalhos clássicos e as definições originais mais citadas a pesquisadores como Hauy (cit. in Brongniart, 1813), Delesse (1849) e principalmente Brögger (1881, 1890)(cf. Schneiderhöhn, 1961; Tröger, 1969; Soares & Correa Neves, 1998), porém o desenvolvimento e avanço dos conhecimentos petro-metalogenéticos modernos começou somente nos anos 40 deste século, impulsionado pelo interesse por minerais estratégicos (berilo, cassiterita, columbita, micas, etc.) utilizados na indústria bélica. Os pegmatitos representam um importante grupo de depósitos minerais que produzem, além de minerais gema incluindo abundante variedade de pedras coradas e espetaculares espécimes de minerais de coleção, minerais industriais como feldspato, caolim, quartzo, fluorita, mica, ambligonita, e minerais de metais raros e de alta tecnologia como terras raras, Nb, Ta, Be, Li, Rb, Cs, U, Th, Zr, Sn, W, entre outros, para os mais variados fins, como indústria vidreira, dentária, ótica, cerâmica, siderúrgica, indústria de ponta, etc.. Apesar disso os jazimentos pegmatíticos continuam ainda pouco estudados no país e são vistos com ressalva pela indústria mineira, dada a complexidade estrutural e distribuição dos corpos e seus minérios, considerada caótica e irregular.

O presente trabalho procura desmistificar esse conceito, fornecendo dados novos sobre os pegmatitos da região de Juiz de Fora – MG, como contribuição ao conhecimento de um tipo petrográfico tão conspícuo e importante para o desenvolvimento do país, que detém posição de destaque entre os produtores de minerais de pegmatitos (cf. Freyberg, 1934; Schneiderhöhn, 1961; Putzer, 1976; Kishida et al., 1990, entre outros). As maiores ocorrências concentram-se na região leste-brasileira nos estados de Minas Gerais e Bahia, formando uma faixa conhecida como Província pegmatítica oriental do Brasil (PPOB), de cerca de 800 km de extensão por 100 a 150 km de largura, subparalela a costa atlântica (Figura 1). Em sua porção setentrional situa-se a Província pegmatítica de Itambé (Misi & Azevedo 1971,1975) e sua porção meridional foi denominada Província pegmatítica da Zona da Mata (PZM) (Barbosa & Grossi Sad, 1983); todavia ressalta-se que os limites e a extensão exata da PZM devem ser revistos, pois não abrange os pegmatitos da serra dos Órgãos (Siga Jr. et al., 1982).

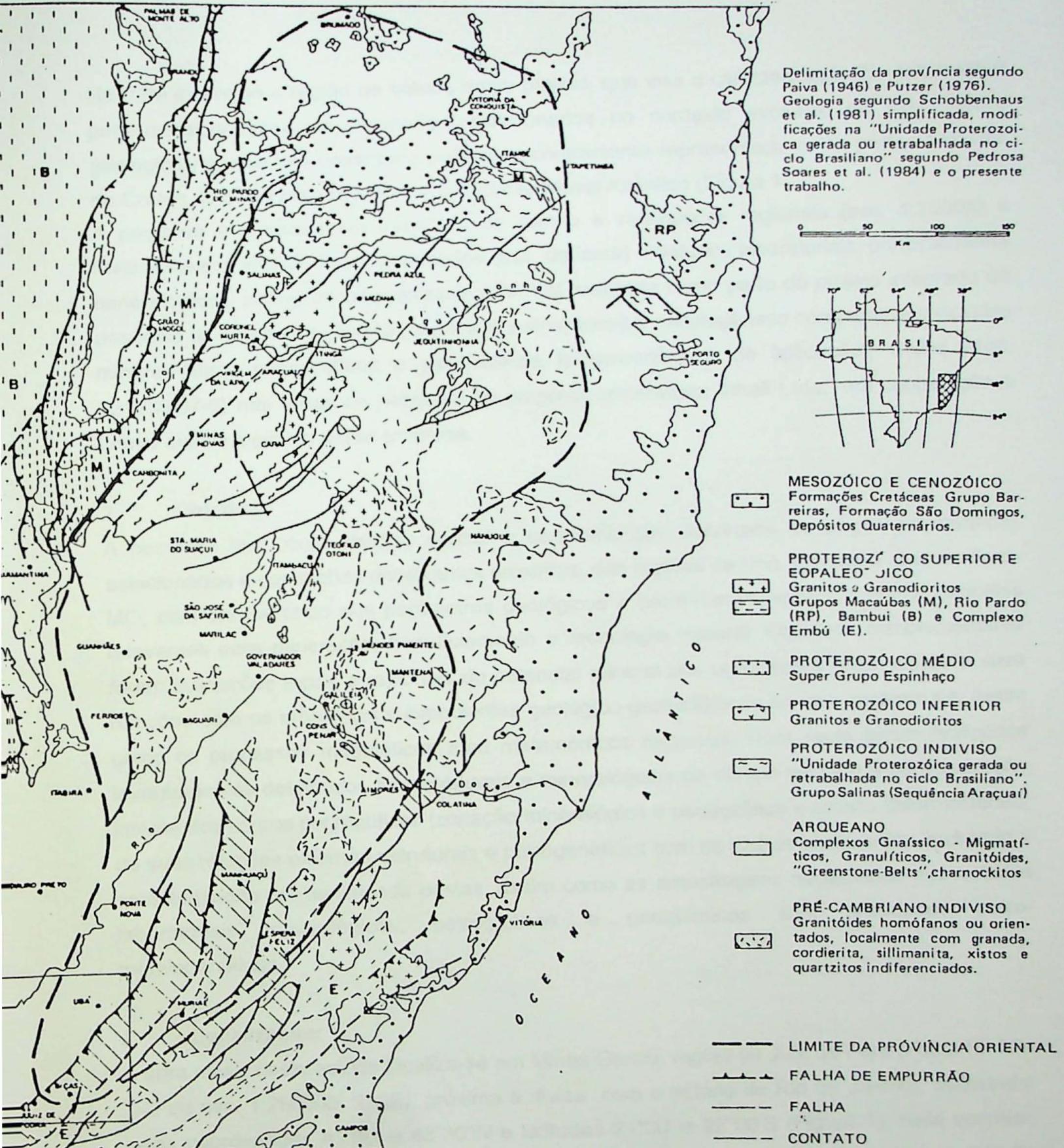


Figura 1: Mapa de esboço geológico da região centro-leste do Brasil, mostrando a Província pegmatítica oriental do Brasil (segundo Correia Neves et al., 1986), assim como a área maior deste estudo.

Na PZM insere-se a região de estudo deste projeto, que visa a caracterização lito-estrutural e petro-metalogenética de pegmatitos selecionados no contexto evolutivo do seu quadro geológico regional pré-cambriano policíclico contrastante representado pelas partes estáveis do Cráton do São Francisco, a N, e o Cinturão Móvel Atlântico (Figura 1).

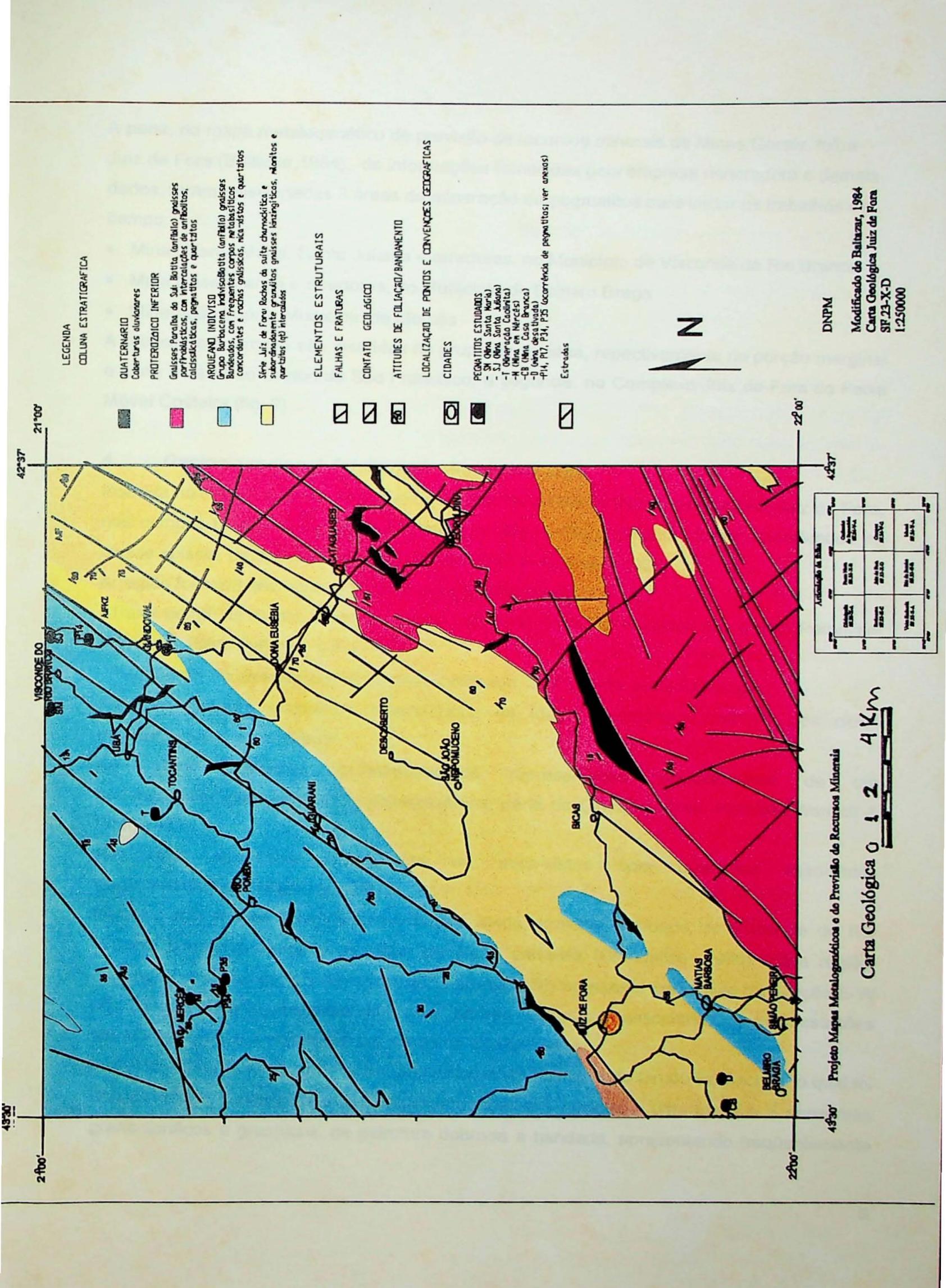
A pesquisa é baseada em trabalhos de campo e verificações regionais (esc. 1:25000) e levantamentos litoestruturais detalhados (esc. de lavra) e estudos laboratoriais, principalmente mineralógicos, petrográficos e geoquímicos. Foi realizada como parte do projeto integrado de pesquisa do orientador ("Evolução crustal, petrogênese e metalogênese comparativa e estudos mineralógicos, petrográficos e geoquímicos fundamentais e de aplicação", CNPq Proc. 521933/97-8) nas áreas de pesquisa da empresa mineradora Vibafi Ltda., em cooperação e com o auxílio logístico dessa empresa.

2. Objetivos

A pesquisa tem como objetivo central a caracterização detalhada de corpos pegmatíticos selecionados e das rochas encaixantes próximas, das regiões de Ubá, Mercês e Juiz de Fora-MG, com ênfase tanto nos parâmetros geológicos e petro-metalogenéticos quanto naqueles relevantes para mineração, beneficiamento e tecnologia mineral. Objetivos complementares foram avaliações locais e regionais do potencial mineral das ocorrências pegmatíticas e suas relações com os ambientes/subambientes geológico-geotectônicos em que inserem-se, assim como os processos magmáticos e/ou metamórficos regionais. Para tanto foram realizados levantamentos detalhados lito-estruturais e mineralógicos de campo visando a caracterização interna dos corpos pegmatíticos (zonação mineralógica e petrográfica e estado deformacional), de suas relações externas estruturais e petrogenéticas com as rochas encaixantes, incluindo a caracterização pormenorizada destas, assim como as amostragens necessárias aos estudos laboratoriais mineralógicos, petrográficos e geoquímicos com finalidades petro-metalogenéticas.

3. Localização:

A área maior deste estudo localiza-se em Minas Gerais, região de Juiz de Fora (Folha SF.23-X-D de esc. 1:250000, IBGE), próxima a divisa com o estado do Rio de Janeiro, delimitada pelas coordenadas 43°00' e 43°30'W e latitudes 21°00' e 22°00'S (Figura 1). Nela ocorrem grande número de pegmatitos, inclusive as principais áreas de pesquisa da empresa de mineração Vibafi LTDA.



A partir, do mapa metalogenético de previsão de recursos minerais de Minas Gerais, folha Juiz de Fora (Baltazar, 1984), de informações fornecidas pela empresa mineradora e demais dados, foram selecionadas 3 áreas de mineração de pegmatitos para iniciar os trabalhos de campo:

- Minas Santa Maria, Santa Juliana e arredores, no Município de Visconde de Rio Branco
- Mina Casa Branca e arredores, no Município de Belmiro Braga
- Mineração Lopas, Município de Mercês

A primeira e a terceira são inseridas no grupo Barbacena, repectivamente na porção marginal e parte estável do Cráton do São Francisco; a segunda no Complexo Juiz de Fora da Faixa Móvel Costeira (fig. 2) .

4. Geologia regional: fundamentação bibliográfica

Inserida na PPOB, a região do estudo encontra-se dentro do distrito pegmatítico Juiz de Fora, nos campos pegmatíticos Bicas e Paraíba do Sul. Estes pegmatitos foram classificados na classe abissal, de tipo dominante cerâmico (Soares & Neves, 1988).

A região foi compartimentada tectono-geologicamente em:

- Parte oeste, de crosta antiga arqueana, referente a porção marginal do Cráton Paramirim (Almeida, 1981; Baltazar, 1984).
- Parte leste, do cinturão móvel Costeiro (Almeida, 1981). Este subdivide-se em:
 - (a)- Um cinturão granulítico charnockítico de idade arqueana trabalhado nos ciclos transamazônico e brasiliano.
 - (b)- Uma sequência polimentamórfica representativa possivelmente de um geosinclinal/orógeno de idade transamazônica, parte do Cinturão Móvel Paraíba (Wemick & Fiori, 1981).
 - (c)- Uma seqüência subordinada de mica-xistos com quartzitos associados mesoproterozóicos (Baltazar, 1981).

Intrusivo nas rochas precambrianas ocorre ainda, próximo a cidade de Visconde do Rio Branco, o maciço sienítico de Ubari de idade cretácea (Brandalise, 1976). Essa região, segundo consta no projeto Aerogeofísico Furnas(1976) apresenta anomalias de direção E-W de Tório e Urânio, condicionada pelo padrão estrutural, associadas a manifestações hidrotermais mezo a epitermais em zonas de cisalhamento.

A região referente ao Cráton Paramirim comprehende litologias do Grupo Barbacena, o qual foi definido como metatexitos com paleossomas xistosos básicos e ultra-básicos e neosomas granodioríticos e graníticos, de estrutura dobrada e bandada, apresentando freqüentemente

boudins ou blocos/enclaves de rochas básicas, e interpretado como complexo plutono-vulcano-sedimentar gnáissico datado em 2.8 Ga (Delhal, 1976; Brandalise, 1976; Oliveira, 1980; Machado Filho, 1983). A Série Juiz de Fora, incluída no Gr. Paraíba do Sul por Oliveira (1980), insere-se no Cinturão Móvel Costeiro (Almeida, 1981), passando a ser denominada posteriormente Complexo Juiz de Fora (Barbosa & Sad, 1983). Pertence ao cinturão granulítico/charnockítico (Baltazar, 1984), o qual constitui uma faixa de alta linearidade que baliza o cráton Paramirim. É representada por uma suíte charnockítica e de granulitos e gnaisses miloníticos, remobilizada no transamazônico e brasiliiano, com idades Rb/Sr entre 3000 Ma e 1800 Ma (Cordani, 1976). Essa encontra-se associada a uma seqüência metassedimentar de fácies anfibolito a granulito (Delhal, 1973), denominados "Gnaisses Paraíba do Sul (Brandalise, 1976) Trata-se de migmatitos cinzentos com intercalações de corpos granulíticos e calcossilicáticos, além de enclaves tectônicos e/ou enclaves xenolíticos de anfibolitos e quartzitos (Oliveira, 1980). A estrutura predominante é bandada estromática, as vezes boudinada com foliação principal e alternância composicional paralelas a subparalelas de mergulhos baixos a subhorizontais (Figura 2). O contato entre essas duas unidades, Complexos Juiz de Fora (CJF) e Paraíba do Sul (CPS), foi definida como uma zona de cisalhamento de alto mergulho, estando o complexo Paraíba do Sul estruturado em sinclinório de direção NE-SW, formado na 3^a fase deformacional, associada a geração de corpos granitóides sin-tectônicos, migmatitos e granitos tardíos a pós-tectônicos (Machado, 1986). O CPS corresponde a associação supra-crustal, composta por metassedimentos psamíticos com vulcanismo básico, e rochas metagrauváquicas compostas predominantemente por granada-biotita-gnaisses cinzentos, com Hornblenda. Outro domínio geotectônico é representado por rochas peralumínicas migmatíticas do complexo Costeiro. O CJF, por sua vez, apresenta características infracrustais de terreno suspeito, cambriano, cavalcando o CSF, correspondendo a arco magmático de margem continental ativa, com polaridade indicando sentido de subducão para NW. Cavalga a borda retrabalhada do CSF, sendo cavalcado pelo complexo Paraíba do Sul (Figueiredo, 1990). Constitui-se por associação plutônica e cálcio-alcalina charnockítioide e porções preservadas de granitóides cinzentos a gnaisses migmatíticos (Campos Neto, 1990). Definem duas sequências calcio-alcalinas com termos intermediários a ácidos. A 1^a é enriquecida em Mg, Cr, e Ca, com fracionamento moderado de TR e anomalia de Eu em geral positiva, sendo uma seqüência TTG. A 2^a é rica em Fe, Ti, K, Rb, Ba, Nb, Zr, TR, com anomalia negativa de Eu, sendo uma suíte cálcio-alcalina enriquecida em LILE. O Complexo Paraíba do Sul é uma seq.

supracrustal, preservada por cisalhamento vertical e cavalgada pelo complexo infracrustal costeiro.

Os gnaisses Paraíba do Sul foram metamorfizados no ciclo transamazônico, em torno de 2070 Ma, e remobilizados no Brasiliano incluindo migmatização/remigmatização a ~620 Ma. São ricos em veios e bolsões pegmatíticos e aplíticos róseos, concordantes ou não a foliação principal (Oliveira, 1980). Rumo a sul, essa associação litológica grada a gnaisses e granulitos bandados de altitude vertical (Oliveira, 1980), que, por sua vez, vêm apresentando processos progressivos de granitização, até que os granitóides tornem-se o litotipo predominante, como na região de Nova Friburgo, RJ, onde o conjunto recebeu a denominação de Gr. Serra dos Órgãos. (Figura 3).

Entre os dois compartimentos geotectônicos principais, a área estável do cráton do Paramirim a W-NW e o Cinturão Móvel Atlântico a E-SE, observa-se nítida diferença nos padrões estruturais. A região cratônica apresenta predominância de rochas *sensu lato* graníticas mais homogêneas, com traços estruturais espaçados e algo irregulares, sendo típica de complexos embasamentais arqueanos policíclicos afetados por retrabalhamentos proterozóicos de intensidades fracas a médias. Com forte contraste, o Cinturão Móvel Costeiro apresenta-se como uma típica faixa móvel, balizando a área cratonica a E-SE. Reflete o conspícuo bandamento assim direcionado, resultante de alternâncias compostionais em suas litologias e principalmente dos processos deformacionais de intenso dobramento isoclinal e foliação dúctil-rúptil, de milonitização e recristalização além de cataclase, que afetaram suas litologias em pelo menos dois eventos tectono-metamórficos polifásicos fortes, proterozóicos, ambos de vergência a NW. As dobras são cerradas do tipo isoclinal com eixos subhorizontais de direções E-NE (Almeida, 1981). Os falhamentos são paralelos a direção da foliação NNE-SSW, prevalecendo o estilo estrutural de empurrão. Entretanto, apresentam mergulhos altos para SE. Subordinadamente, ocorre ainda um outro sistema de falhas transversais verticais-subverticais, de direção NW-SE, do tipo *tear fault* de deslocamento sinestral (Sad et al., 1980). Outra estrutura notável constitui-se no alinhamento Além-Paraíba, definido como falha transcorrente (Figura 2) do final do ciclo Brasiliano (Almeida et al., 1975) ou como Zona de Transposição (Barbosa & Sad, 1983).

Com relação a granitogênese neoproterózoica o cinturão Paraíba do Sul é dividida em três grupos; sin-F2, sin-F3 e Sin-F4 (Machado & Demange 1992). Os granitos Sin-F2 (idade mínima de 620 Ma) apresenta 2 tipos petrogenéticos - Tipo I e subordinado de Tipo S. Os corpos sin-F3 são definidos compostionalmente como monzogramitos (~550 Ma), associados a cisalhamento de Alto ângulo (lineamento de Alem-Paraíba). Apresentam colocação mais

P

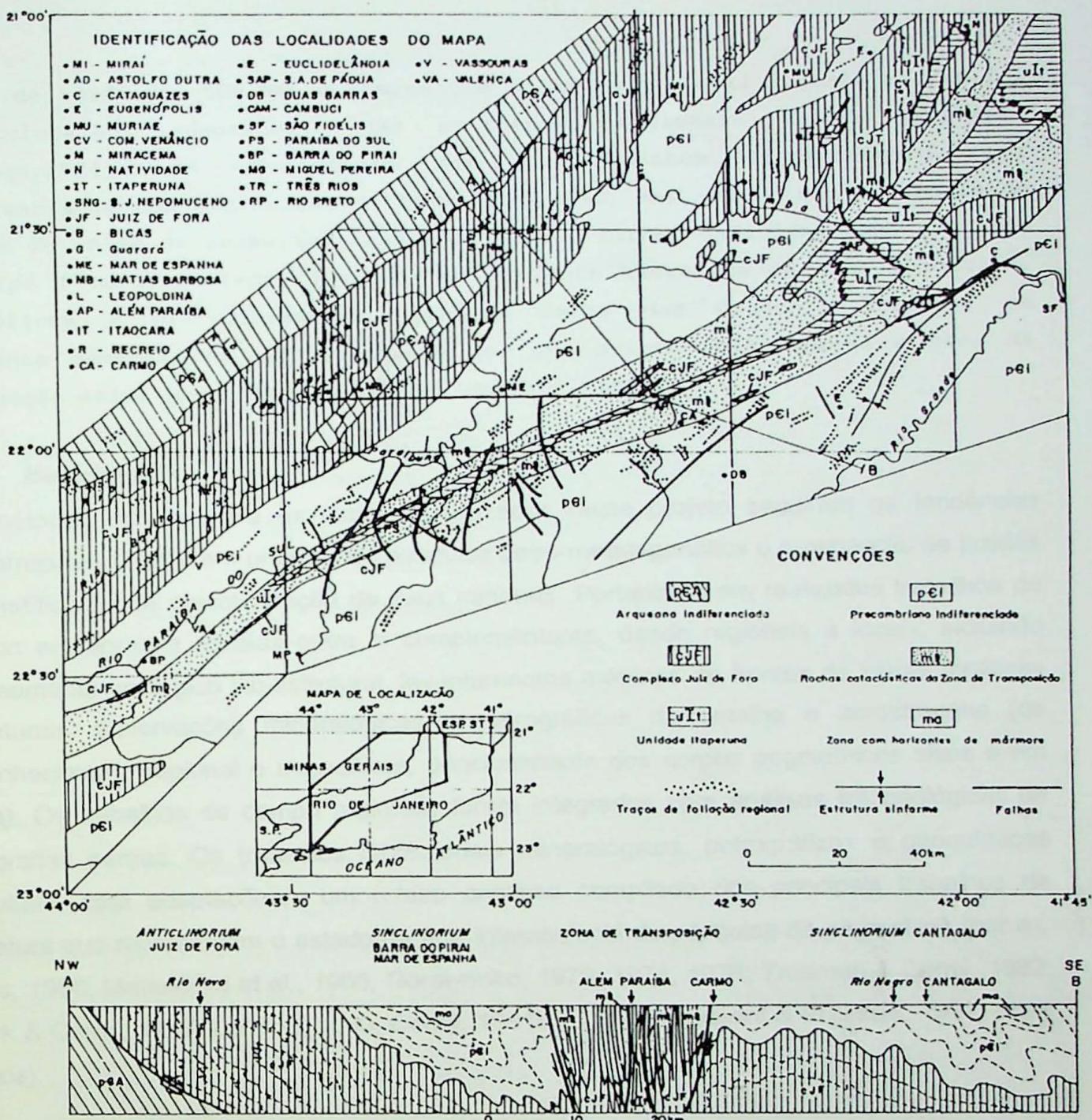


Figura 3: Geologia de parte da área maior desta pesquisa no quadro regional das séries Juiz de Fora e Paraíba nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, segundo Barbosa & Sad (1983).

rasa, de idade de ~500 Ma, e composição de sieno a alcali Feldspato granito, de colocação independente das estruturas regionais NE-SW. (Machado, Demange, 1994). Os granitóides sin-F2 apresentam fracionamento, por diferenciação com diminuição de Fe_2O_3 , MgO , CaO , MnO , TiO_2 , Ba , e aumento de K_2O , e Rb . Além de anomalias negativas de Eu, foram definidos como granitos de tipo I cordilheriano, formados em ambiente tectônico de arco vulcânico, mantélicos a pré-colisionais (granito Serra dos Órgãos), Formados em ambiente compressivo. Interpreta-se que sua origem relaciona-se a zona de subducção ativa mergulhando para NW (Machado, 1996).

5. Metodologia

Os métodos escolhidos e os materiais utilizados neste projeto seguiram as tendências modernas e de praxe em projetos de pesquisa petro-metalogenética e prospecção de jazidas pegmatíticas e de caracterização de seus minerais. Portanto foram realizados trabalhos de campo em áreas e escalas entre si complementares, desde regionais a locais, incluindo mapeamento geológico lito-estrutural, levantamentos métricos de frentes de lavras, análises estruturais, observações mineralógicas e petrográficas de detalhe e amostragens (de reconhecimento regional e específicos, principalmente dos corpos pegmatíticos alvos e em lavra). Os trabalhos de campo regionais foram integrados com análises fotogeológicas de fotografias aéreas. Os trabalhos labororiais mineralógicos, petrográficos e geoquímicos seguiram, com adaptações, um roteiro analítico compilado dos principais trabalhos da literatura que representam o estado da arte internacional de pesquisa de pegmatitos (por ex. Beus, 1966; Manuylava et al., 1966; Gordiyenko, 1970, 1971, 1976; Trueman & Cerný, 1982; Clark & Cerný, 1987; London, 1990; Cerný, 1991a,b, 1994; Morteani & Preinfalk, 1997, entre outros).

5.1- Estudos preliminares:

Levantamento de dados e materiais de estudos considerando:

- Bibliografia referente a geologia geral da região, gênese, classificação e pesquisa e prospecção de pegmatitos; relatórios intemos de levantamentos e projetos de pesquisa em áreas requeridas e demais informações sobre trabalhos executados na região relacionados aos jazimentos pegmatíticos de interesse.
- Mapas base; topográficos, geológicos, metalogenéticos, geofísicos e estruturais e locação dos alvos dessa pesquisa e das demais áreas requeridas e/ou mineradas.

- Fotos aéreas da área e imagens SLAR-RADAMBRASIL e de satélite TM-LANDSAT/SPOT, etc., efetuando ainda análises e fotointerpretações preliminares.

5.2- Trabalhos de campo:

Realizados em várias etapas, incluíram:

- Determinação da forma /dimensão dos pegmatitos e relações de contato com a encaixante.
- Reconhecimento inicial da área e das ocorrências específicas
- Mapeamento lito-estrutural regional e local e levantamentos métricos em lavras, acompanhados de amostragens específicas.
- Análises estruturais, com emprego de bússola CLAR, regionais e locais, dos corpos pegmatíticos e suas encaixantes; no caso dos pegmatitos com enfoques no tamanho, na morfologia (lenticular, elipsoidal, de pluma, diques, etc.) e demais parâmetros geométricos externos e internos; nas relações com as rochas encaixantes (*lit par lit*, seguindo foliações, em zonas de cisalhamento, falhas e/ou fraturas, etc.).
- Identificação e caracterização mineralógica, petrográfica e estrutural interna dos corpos pegmatíticos; descrição de suas feições particulares, da composição e distribuição mineralógica e deformacionais; amostragem dos pegmatitos por zonas e espécies minerais, considerando especificamente os minerais que ocorrem em mais de uma zona (como micas e feldspatos, berilos, entre outros), assim como da rocha encaixante.
- Mapeamento/descrição de zoneamento interno dos pegmatitos acompanhado de amostragem das associações minerais, especialmente de feldspatos e micas (para análise de elementos menores de interesse petrometalogenético), quartzo (para estudos de inclusões fluidas) e minerais acessórios (apatita, tantalita, berilo, granada, entre outros, para complementar a classificação).
- Amostragem da rocha encaixante para estudo de filiação magmática dos pegmatitos.

5.3 Trabalhos e análises laboratoriais instrumentais:

5.3.1 Preparação das amostras:

- Tratamentos preliminares (lavar, secar, numerar, serrar, etc.), descrição macroscópica e com lupa binocular, e definição dos roteiros analíticos individuais.
- Classificação das amostras, em função de sua colocação em modelo de zoneamento, para estudos comparativos posteriores do zoneamento interno e entre corpos distintos.

- Orientação e confecção de lâminas petrográficas convencionais.
- Britagem e moagem preliminar e separação de fases minerais, com auxílio de lupa binocular, classificação de amostras, segundo o modelo de zoneamento estabelecido para os corpos pegmatíticos. A separação de muscovitas e feldspatos são realizadas, haja visto a granulação grossa das amostras, mediante peneiramento e separação por catação (com auxílio de lupa binocular). São também separadas amostras para estudos de geoquímica global realizados por método de FRX.
- Preparação de pós analíticos para análises geoquímicas e DRX, com auxílio de moinhos de ágata e carbeto de tungstênio, almofarizes de ágata e de ferro e almofariz mecânico (micas), seguido, no caso de amostras para FRX, de: 1 -micronização em meio alcoólico, por 30 min., 2 -secagem em estufa e 3 -prensagem de alíquotas de 7.5000 g de amostra por 1.5000 de VAX.
- Abertura de amostras totais e de fases minerais separadas para análises geoquímicas, de elementos essenciais e traço por fotometria de chama e absorção atômica. Essas aberturas foram realizadas seguindo roteiros laboratoriais nos laboratórios de geoquímica do CEPAS e GMP.
 - Fotometria de Chama (Análises de Na^+ , K^+ , Li^{++}),
- Método de abertura parde fluorização com ácido sulfúrico:

Pesar amostra de 0.2500 g em cadinho de Teflon; umedecer e adicionar 4 ml de H_2SO_4 (1:1); adicionar 5 ml de HF; aquecer em chapa até desprendimento de fumos brancos de SO_3 ; esfriar; adicionar HF e aquecer, por mais três vezes; lavar as paredes com H_2O deionizada; transferir material para béquer de 250 ml; diluir a 150 ml.; aquecer a ebulação e esfriar; transferir para balão volumétrico de 250 ml.; diluir e avolumar.
- Abertura para Absorção atômica:
 - 1 - Método por ataque ácido aberto: Pesar 0.5000 g da amostra em cadinho de Teflon; adicionar 5 ml de HNO_3 , agitar e acrescentar 15-20 ml de HF; aquecer em chapa até secagem; repetir 2 a 3 vezes a adição 5 ml de HNO_3 , 15 ml de HF e secagem por aquecimento; adicionar HNO_3 , aquecer e transferir o material para béquer de 50 ml.; diluir com H_2O e aquecer até diluição total.; transferir para balão e avolumar a 50 ml.
 - 2 - Método por ataque ácido em fomo microondas (modelo CEM MDS 2100): Pesar 0.2500 g de amostra em vidro de relógio e transferir através de funil a tubo de PFA; adicionar 5 ml de H_2O deionizada pelas paredes e agitar; adicionar 5 ml de HNO_3 65%. Agitar; adicionar 15 ml de HF 48%; fechar as bombas, colocar as sondas de monitoramento de T e P e rodar os programas do fomo (1200 W, 100 Psi, 30 min.; 1700 W, 120 Psi, 60 min.); transferir as

soluções para bêquers de PFA e PTFE, lavando os frascos de ataque com H₂O; Aquecer para eliminação de SiF₆ até quase secagem; adicionar 3 ml HNO₃ 1:1 e aquecer até a secagem; adicionar 10 ml de HNO₃ 1:1, aquecer até dissolução; transferir com H₂O desionizada para bêquer de vidro; aquecer novamente até dissolução; esfriar e avolumar a 100 ml.

5.3.2 Microscopia óptica:

Incluiu métodos convencionais de microscopia petrográfica de polarização com luz transmitida para as rochas e fases minerais silicáticas/translúcidas e semiopacas. A microscopia óptica foi um método fundamental dessa pesquisa, tanto na caracterização petrográfica quanto de identificação mineralógica, e ainda para definição da padronização das amostras selecionadas para estudo geoquímico por FRX. A petrografia aqui apresentada enfoca principalmente a identificação de minerais, paragêneses e texturas definidoras da origem e natureza dos protólitos das amostras, dos processos superimpostos, assim como a correlação entre rochas encaixantes e pegmatitos. Não intenciona, portanto, apresentar representar o quadro geológico regional, onde foram selecionadas as amostras.

5.3.3 Estudo de inclusões fluidas:

Serão efetuados em fases minerais pegmatíticas isentas ou de fraca clivagem de acordo com observações petrográficas (quartzo, berilo, topázio, eventualmente em feldspatos, entre outros) por zonas dos pegmatitos, visando a complementação das informações geotermobarométricas e comparações com os resultados paragenéticos das rochas metamórficas regionais e encaixantes locais. Esse ítem será realizado após a defesa do Trabalho de Formatura, como fase complementar maior de pesquisa.

5.3.4 Difração de raios X (DRX):

DRX serviu, nesse projeto, como método complementar de identificação e caracterização mineralógica de fases e assembléias minerais de granulometria fina, e de fases minerais isoladas. A DRX poderá ainda, conforme necessário, ser utilizada para estudos sistemáticos dos argilominerais (caolins impuros) e outras determinações cristalográficas de precisão. Após serem moídas, as amostras são fixadas em lâmina delgada, analisadas no equipamento de DRX e o difratograma comparado com gráficos padrão, nos programas SIEMENS e EVA. Foi escolhido, das opções apresentadas pelo software, o difratograma que mais se adequava

ao perfil do gráfico problema, não sendo feito porém tratamentos mais detalhados, carecendo os dados obtidos de tratamento pormenorizado.

5.3.5 Geoquímica global de rochas e fases minerais:

Os métodos planejados foram de análises globais multielementares entre si complementares por fluorescência de raios X, ICP-AES, Absorção Atômica (AAS) e Fotometria de Chama (FC), de rochas encaixantes, intercrescimentos finos ("rochas totais"), e de concentrados de minerais de pegmatitos para obtenção de dados geoquímicos, de elementos maiores e traço convencionais e LILE e HFSE, assim como dos ETR, de relevância em pegmatitos (Rb, Ba, Cs, Li, Be, Zr, Hf, REE, Y, Sc, U, Th, Ta, Nb, entre outros). Por motivos de tempo e de funcionamento laboratorial esse programa teve que ser reduzido. Assim, foi possível realizar 37 análises parciais por Absorção Atômica e Fotometria de Chama em: 3 amostras de "rocha total" de pegmatitos; 22 amostras em feldspatos, e 12 amostras de micas brancas de pegmatitos, para os elementos Na, K, Li, Ca, Fe, Mg, Ba, Be e Sr. Pretende-se ainda complementar o trabalho de geoquímica na continuação do projeto de pesquisa após a defesa do trabalho de formatura, como acima exposto e com métodos de microssonda eletrônica. Estas análises, embora restritas aos elementos maiores (além de alguns elementos traço presentes em concentrações de centenas de ppm), fornecem dados imprescindíveis para os estudos geotermo-barométricos de paragêneses metamórficas regionais úteis também em pegmatitos. Mais recentemente foi implantado o método de datação de monazitas com a microssonda no laboratório do IG-USP, que, eventualmente poderá ser empregado em monazitas dos pegmatitos estudados.

Leitura de concentração química elementos analisados:

As leituras são precedidas de detecção de concentrações aproximadas, sendo diluídas quando necessário. Passa-se então a leitura de concentração dosa elementos, e posteriormente recalculadas para as respectivas amostras.

Recálculos específicos das concentrações obtidas por AAS e FC.:

Para obtenção da concentração em ppm nas amostras foram efetuados conforme se segue:

$$\text{medida na solução} * \text{fator de diluição} = [\text{medida solução}] (\text{ppm})$$

$$[\text{medida solução}] * \text{Volume inicial (ml)} / 1000 \text{ ml} = \text{massa de elemento na solução inicial (mg)}$$

$$(\text{m. el. sol.}) * 1000000 / \text{m. amostra} = [\text{elemento na amostra}] (\text{ppm})$$

$$[\text{el. na amostra}] - [\text{el. no branco}] = [\text{real}] (\text{ppm})$$

5.3.5 Tratamento de dados:

- Os dados de campo passaram por tratamentos qualitativos e interpretativos para obtenção dos mapas litoestruturais e perfis geológicos locais de lavras pegmatíticas.
- Todos os dados estrutrais e geoquímicos foram classificados e tabelados em software Excel.

Os dados estruturais após revisão qualitativa, foram tratados de forma quantitativa em estereogramas com microcomputador, utilizando programa Quickplot. Os estereogramas foram analisados, e as estruturas de natureza distinta (fraturas, foliações, dobras, etc.), correlacionadas.

Analogamente foram tratados com métodos qualitativos e quantitativos individuais e integrados os dados geoquímicos, através confecção de diagramas ternários e binários no programa Minpet. Foram confeccionados diagramas separados em grupos:

- 1- Integração de feldspatos de todas as lavras
- 2- Integração de muscovitas de todas as lavras
- 3- Integração de rochas totais de todas as lavras
- 4- Integração de minerais, por ocorrência pegmatítica

8. Desenvolvimento do trabalho

6.1 Cronograma de atividades

01/99- Avaliação preliminar da viabilidade do projeto, estabelecimento de contatos e acordos de apoio e cooperação mútua, com empresas mineradoras da região.

22/2/99 - Início do ano letivo

- Até o final do mês de abril:

- Apresentação do projeto inicial (até 19.04.1999).
- Levantamento de bibliografia, mapas e fotos aéreas.
- Fotointerpretação preliminar e definição da estratégia de campo.

- Até o final do mês de junho:

- Etapa de campo (~15 dias); em seguida trabalhos laboratoriais, compreendendo análise das feições de campo, definição dos roteiros analíticos, seleção de amostras para estudos petrográficos e para análises instrumentais.

- Até o final do mês de junho:

- Preparação e descrição de amostras para DRX .

02/08/99 - Início das aulas do segundo semestre.

09/08/99- Confecção de relatório de progresso

- Até o final do mês de setembro:

- Aquisição de material bibliográfico complementar.
- Preparação, classificação e localização das amostras no esquema de zoneamento adotado para os jazimentos.
- Estudos petrográficos e análises por DRX.

Outubro- novembro:

- Trabalhos laboratoriais dando ênfase a estudos geoquímicos.
- Análise estrutural dos dados de campo.
- Trabalhos de Integração e confecção de Relatório Final,
- Trabalhos de preparação da defesa e apresentação pública (posters) do Relatório Final até 06/12/99 (para exame em 08/12/1999).

10/12/99 - Fim do ano letivo

8.2 Situação do projeto

6.2.1 Atividades realizadas no período:

A) Leitura de bibliografia geral

B) Levantamento de material de referência complementar; mapas topográficos, imagens de satélite e fotos aéreas da área em questão.

C) Trabalhos de fotointerpretação:

A análise de fotos aéreas deram prioridade a locação de possíveis ocorrências pegmatíticas e vias de acesso, reconhecimento regional de cidades, vilas, principais drenagens e outros pontos de localização geográfica, assim como verificação do arranjo estrutural das áreas alvo, mediante observação de texturas, alineamentos de cristais e lineamentos de falhas/fraturas fotointerpretadas. Os trabalhos de fotointerpretação preliminar concentraram-se nos mapas-base onde situam-se as 2 jazidas principais, sugeridas pela empresa mineradora. Procurou-se definir feições geomorfológicas que reflitam sentido e natureza da atividade tectônica, como sinformes, falhamentos, atitude de acamamento, etc.

D) Preparação de campo referente a hospedagem, material de campo, alimentação, transporte e acompanhamento às lavras.

E) Trabalhos de campo:

Visando ocorrências de natureza distinta, para fins de comparação, selecionou-se inicialmente 2 jazidas pegmatíticas, inseridas segundo mapa geológico empregado em campo (Baltazar, 1984), em unidades geológicas diversas, citadas no quadro 1.

Quadro 1

Jazida	Localidade	Colocação litoestrat.
		Baltazar (1984)
Mina Santa Juliana	Visconde do Rio Branco	Gr. Barbacena
Mina Casa Branca	Belmiro Braga	S. Juiz de Fora

Posteriormente foram estudadas ainda outras jazidas/ocorrências (Quadro 2), através de comunicação verbal e levantamentos regionais, destacadas no mapa de afloramentos (Figura 2).

Quadro 2

Jazida	Localidade	Colocação litoestrat.
Mineração Estrela do Sul	Visconde do Rio Branco; Povoado de Santa Maria	Gr. Barbacena
Mina em Mercês	Mercês	Gr. Barbacena
Mineração, Caolinita Ltda	tocantins	S. Juiz de Fora/ Gr. Barbacena
Mina desativada	Belmiro Braga	S. Juiz de Fora

Também foram estudadas ocorrências de diques pegmatíticos e galerias de pesquisa, nas rochas do Gr. Barbacena e S. Juiz de Fora, respectivamente nas regiões de Mercês e Guindoval (Figura 2).

- F) Determinação do roteiro analítico das amostras coletadas.
- G) Preparação de amostras
- H) Classificação das amostras no modelo de zoneamento adotado
- I) Descrição petrográfica convencional.
- J) Abertura de amostras para estudos geoquímicos pelos métodos de Absorção Atômica e Fotometria de Chama, e confecção de pastilhas prensadas para FRX.
- K) Análise geoquímica

L) Sistematização de dados estruturais

M) Análise preliminar de minerais não identificados, feldspatos e micas por DRX.

N) Análise de dados geoquímicos

N) Elaboração de modelos geológicos de colocação dos corpos pegmatíticos e comparação das características observadas e trabalhos publicados relacionados.

6.3- Avaliação do progresso do projeto (em função do escopo, cronograma e metodologia originalmente propostos, e dificuldades encontradas).

Destacando que o progresso das atividades de pesquisa apresentou-se, genericamente, de acordo com o cronograma, houve uma pequena defasagem das atividades em relação aos objetivos almejados devido principalmente ao atraso do trabalho de campo, a partir do qual coletou-se o material fundamental de análise. Esse atraso deveu-se a inexistência de material de campo (fotos aéreas, imagens de radar e satélite e bibliografia) no estado de São Paulo, sendo necessário adquiri-lo em Belo Horizonte (CPRM, DNPM). Não comprometem, contudo, o bom andamento do projeto e a retomada do cronograma, uma vez que já no início do 2º semestre letivo efetivou-se a coleta e preparação de vasto material para as análises supra citadas. Assim, de acordo com o plano de trabalho, foi previsto terminar os estudos laboratoriais até o final do mês de setembro, havendo tempo hábil, ainda, para avaliação/integração dos resultados e preparação do relatório final. O enfoque quanto a caracterização tecnológica dos minérios teve que ser colocado em caráter complementar, ensejando-se desenvolver um trabalho mais direcionado e completo, dentro dos prazos pretendidos para o fechamento geral das atividades do projeto após defesa do TF.

A metodologia de amostragem e análise mostrou-se factível. Durante o campo foram coletados, além de rochas globais, regionais e pegmatíticas, os minerais essenciais a serem utilizados como indicadores geoquímicos, minerais acessórios; houve contudo certa problemática em definir o zoneamento mineralógico fino dos pegmatitos, importante para o tratamento dos dados e comparação entre as ocorrências, por ser em muitos casos restrito ou pouco pronunciado. Outra dificuldade deveu-se a localização das minas da região NE, as quais estão alguns quilômetros mais ao norte que se supunha, colocando-se fora da área coberta pela fotointerpretação. A alteração intempérica, notadamente com relação a feldspatos e rocha encaixante, também representou certa adversidade. Durante o campo houve fatores complicadores, como transporte das amostras coletadas, localização (organização de grande nº de fotos aéreas, com algumas lacunas na numeração) e prazo de finalização do Campo, uma vez que esse foi realizado individualmente e sem viatura do Instituto.

Quanto aos trabalhos de preparação de amostras, a separação de fases minerais mostrou-se como sempre trabalhosa, exigindo certo tempo para realizá-la, em especial nas zonas constituídas de minerais intercrescidos. Questões internas ao IG-USP também somaram-se ao atraso da aquisição de resultados, como férias de funcionários responsáveis pelo DRX e impossibilidade de enviar amostras para laminação por falta de autorização de pessoal responsável.

As dificuldades em adquirir os dados de geoquímica, porém comprometeram o bom andamento e conclusão do projeto proposto dentro dos prazos previstos. Destaca-se a inoperância dos equipamentos de FRX no período, desde a entrega das pastilhas prensadas (total de 9 amostras) há cerca de 2 meses até o presente, o que nos obrigou a abrir mão dessa abordagem, a falta de rotina operacional para o ataque/ abertura ácida de amostras por microondas, que resultou em perda de ~35% das amostras enviadas ao laboratório(as quais foram abertas posteriormente por ataque aberto, e ainda, a morosidade do ataque ácido, em especial o ataque em ácido sulfúrico, e demais pequenos imprevistos, que escapa ao controle de funcionários, administração e demais envolvidos. Julgo, entretanto conveniente destacar que considero todas as dificuldades positivas, no sentido de que acabam por aprimorar minha experiência, abrangendo, portanto, os objetivos da disciplina.

7. Resultados obtidos:

7.1 Mina Sta Juliana:

Trata-se de um corpo alongado segundo a direção ENE-WSW, apresentando zoneamento simples, composto por núcleo de quartzo leitoso envolto por caolim, encaixado em gnaisses intemperizados heterogêneos retrabalhados da borda do CSF, Gr. Barbacena. Contém uma reserva medida de aproximadamente e 606000 m³ de quartzo, explorado para produção de silício metálico, grau químico. O caolim também será explorado. O núcleo subdivide-se em pelo menos 3 corpos, separados por massas de caolim. Pode-se discriminar as seguintes zonas internas:

Núcleo de quartzo (Q); Zona de quartzo e caolim intercrescidos (K+Q), zona de caolim e mica (K+M); corpos veularese de quartzo, de preenchimento de fraturas (CP).

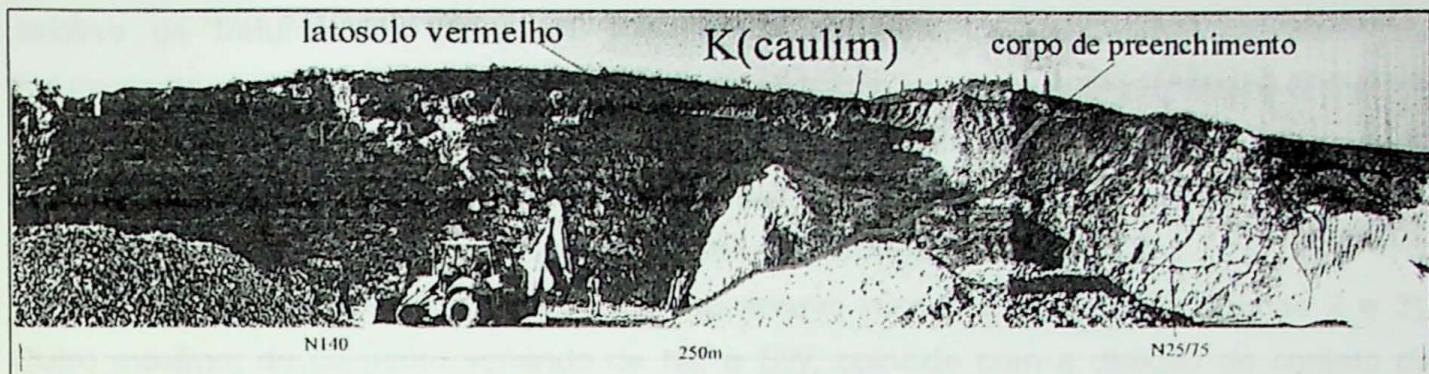


FIGURA 4 - FRENTE DE LAVRA

Zoneamento do corpo:

Z (K+Q): O caolim apresenta alvura variável e coloração por vezes avermelhada; o quartzo é granular, grosso entre 0.5 e 2 cm. Localmente foi observado quartzo em fitas.

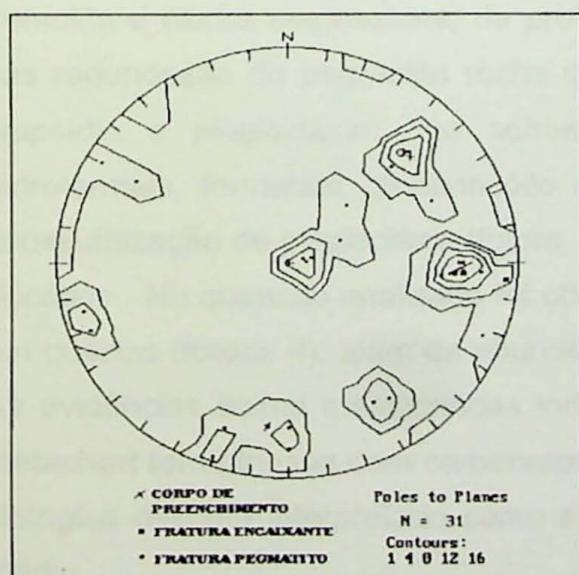
Z(K+M): Ocorrência restrita ao contato entre Z (K+Q) e Z(Q). As micas são muscovitas em agregados e livros, de diâmetro em torno de 2cm.

Z (Q): Corpo de quartzo é maciço e leitoso, apresentando fraturas penetrativas subhorizontais como reflexo de alívio de pressão, e regiões de quartzo fumê sub-hialino grosso. Como efeitos de tectonismo observa-se espelhos de falha, recristalização, dobramentos e textura cataclástica.

CP: Ocorre em meio a Z(K+Q) um corpo de preenchimento de fratura com cristais prismáticos de quartzo hialino; atitude N225/62.

Outras ocorrências relacionadas:

Observou-se a cerca de 500 metros da cava da mina Santa Juliana, um dique pegmatítico de 1m de espessura, discordante da foliação principal da encaixante (contato N220/60), composto por quartzo tabular, feldspato caolinizado, e concentrações de biotita.



Estereograma 1: FRATURAMENTO NO PEGMATITO E NA ROCHA ENCAIXANTE E ATITUDE DE CORPO DE PREENCHIMENTO

Fraturamento:

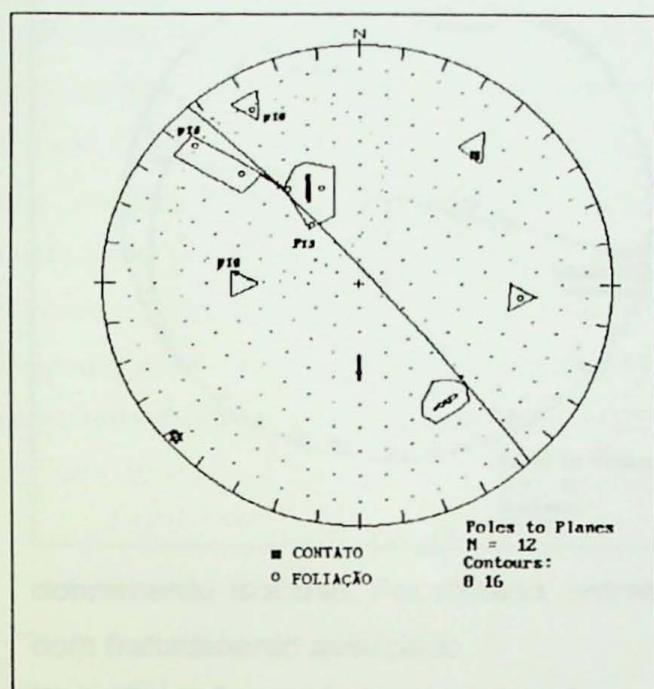
O quartzo apresenta-se maciço, fraturado e localmente com feições de tectonismo (quartzo fumê cataclasado, espelhos de falha, etc.). A

análise de fraturamento do corpo pegmatítico da mina indica sistema complexo de fraturamento, apresentando concentrações de medidas de cimento subhorizontal e outras de alto mergulho, predominantemente para oeste. O sistema subhorizontal pode ser relacionado a alívio de pressão por desconfinamento. O sistema E-W apresenta máximo de 274/59, concordante ao fraturamento principal da rocha encaixante, e de direção de cimento próxima ao eixo do dobramento reconstituído (estereogramas 2 e 3). Outro máximo, de cimento variando de NE a SW, coincide com a direção de contato da ocorrência de um dique pegmatítico próximo a mina, e com um corpo de preenchimento interior ao pegmatito, de atitude perpendicular a direção da guirlanda de espalhamento de foliações (estereogramas 2 e 3).

Rochas encaixantes: As rochas encaixantes, encontram-se fortemente intemperizadas. Observa-se bandas heterogêneas, de coloração rósea, marrom escuro e por vezes ocre, de atitude variável. Na região ocorrem também gnaisses hololeucocráticos alterados, com quartzo tabular. Foram observadas ainda, nas proximidades do pegmatito, anfibolitos e quartzitos, descrito nos estudos petrográficos.

Petrografia: O anfibolito amostrado apresenta estrutura foliada, sem bandamento composicional, de textura granoblástica, em média, em mosaico. É composto de hornblemda tchermaquítica, diopsídio e plagioclásio andesina/labradorita, com zonamento inverso de metamorfismo progressivo, apresentando-se ainda rico em opacos (fotom. 2) e epidoto associado. Infere-se tratar-se de rocha metabásica. A granulação fina-média da rocha, mesmo após nítido metamorfismo indica origem subvulcânica a vulcânica. Também foi encontrado e analisado na mesma localidade um anfibolito, composto de ortoanfibólito, tremolita e clorita magnesiana, de protólito meta-ultramárfico (fotom. 3). Ainda, constatou-se nas redondezas do pegmatito rocha de textura hornfélscica grossa, composta por epidoto, diopsídio e plagioclásio, que sofrem retrometamorfismo, com atividade de fluidos hidrotermais, formando clinoanfibólito de tendência magnesiana, clinozoisita, associados a saussuritização de plagioclásio (fotom. 1), tratando-se mais provavelmente de protólito calciosilicático. No quartzito analisado foi observado inclusões de anfibólito, estaurolita e carbonato em quartzo (fotom. 4), além de abundantes ocorrências de minerais opacos intergranulares. As evidências acima mencionadas indicam origem química, tratando-se provavelmente de metachert ferruginosos com carbonatos e argilominerais, sendo o ambiente de formação das litologias descrita interpretado como seqüência vulcâno-sedimentar metamorfizada em grau médio.

Estereograma 2: FOLIAÇÃO DA ENCAIXANTE



Análise estrutural: A foliação principal e bandamento composicional das rochas encaixantes ao pegmatito evidenciaram estruturação predominante com mergulho máximo para SE, apresentando concentração de valores de direção de 145/ 40. Subordinadamente ocorrem mergulhos para NW, definindo uma guirlanda com eixo de direção N50/subhorizontal. O bandamento composicional apresenta-se dobrado em pelo menos duas fases sucessivas; a 1^a formadora de dobras (no bandamento) apertadas, isoclinais, com espessamento de charneira. A 2^a fase

Representada por dobras abertas, com eixo oblíquo as 1^{as} (figuras 5. e esterograma 3).

FIGURA 5A: (vista em perspectiva de galeria de pesquisa, junto ao contato, na mina Santa Juliana)

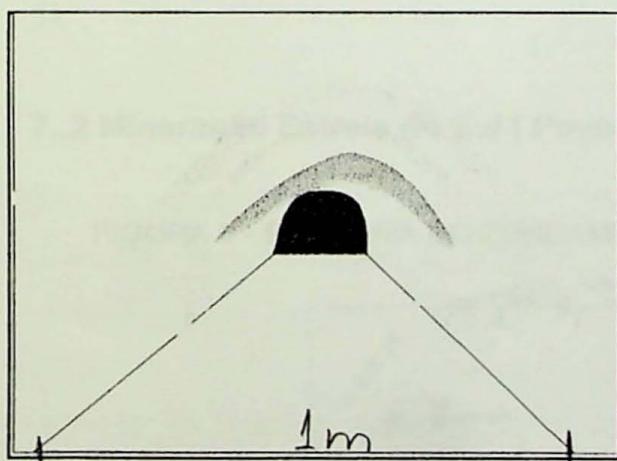
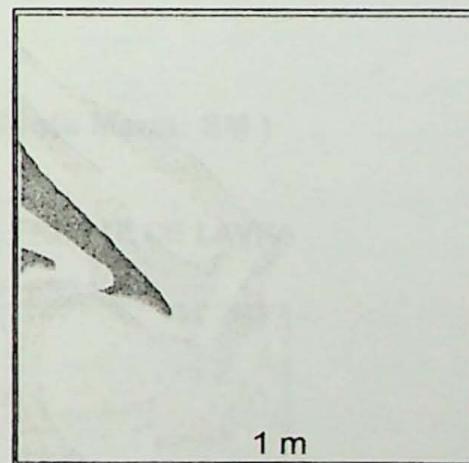
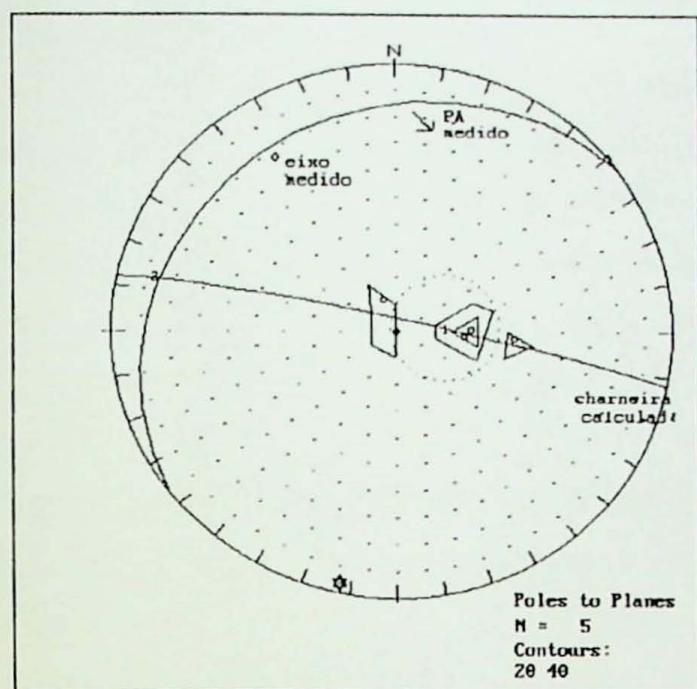


FIGURA 5 B (perfil do túnel)



Estereograma 3: DOBRAMENTOS
ISOCLINAIS E ABERTOS DO
BANDAMENTO COMPOSICIONAL DAS
ROCHAS ENCAIXANTES

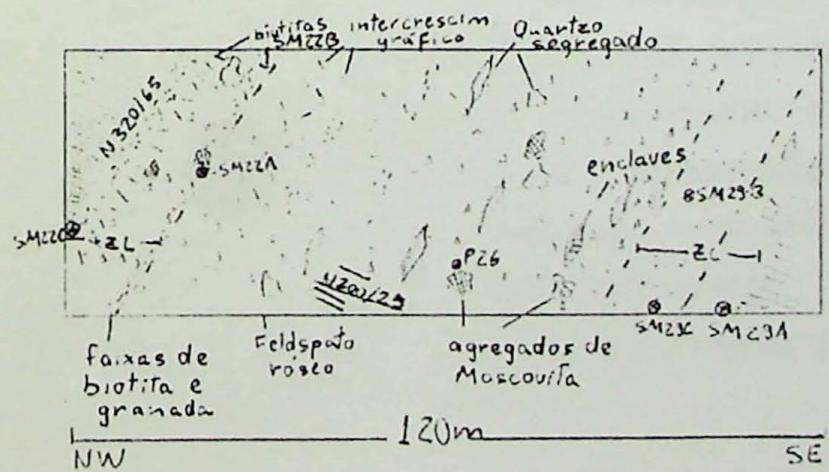


Esse arqueamento é comprovado também pelo dobramento aberto na foliação junto ao contato com o pegmatito. As dobras abertas apresentam em ambos os estereogramas (estereo. 2 e 3), eixos de baixo mergulho. A concentração de medidas com caiimento para SE, associado a horizontalidade de eixos e ocorrência de dobras com plano axial de baixo mergulho, indicam componente compressivo de empurrão, com vergência a WNW. No contexto de formação principal de grau médio das rochas encaixantes, o corpo pegmatítico é discordante e não sofre dobramento isoclinal. Foi afetado, entretanto, pela deformação sobreposta de arqueamento, com fraturamento associado.

Relações de contato: Observações em galerias de pesquisa junto ao contato com o pegmatito mostraram que a encaixante apresenta apófises e/ou neossomas pegmatíticos em contato sub-concordantes a foliação, acompanhando por vezes o dobramento da rocha encaixante, tratando-se de injeções pegmatíticas *Lit par Lit*. Ocorrem ainda juntas relacionadas ao arqueamento regional, com colocação de veios de quartzo e diques pegmatíticos (estereo. 1),

7..2 Mineração Estrela do Sul (Povoado de Santa Maria; SM)

FIGURA 6 - ESQUEMA DO ZONEAMENTO NA FREnte DE LAVRA

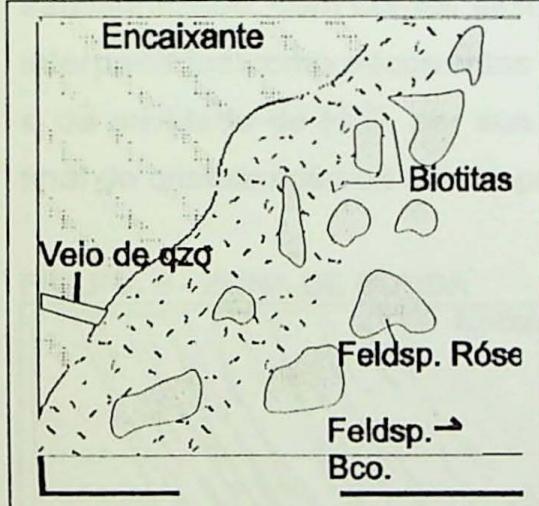


Pegmatito de grande potência, de direção SW-NE; lavrado em 3 frentes/cavas de Feldspato; alinhadas na direção ~N195.

O corpo compõe-se basicamente de granito gráfico, apresentando zoneamento sutil, dividindo-se em zona de borda, na capa (ZC) e lapa (ZL), zona de feldspato e quartzo intercrescidos (Z Q+F) e zonas de quartzo e feldspato segregados (ZQ e ZF). Minera-se, principalmente as zonas intermediárias, de onde extraí-se feldspato para indústria cerâmica e para pavimentação. Ocorrem feições de tectonismo, como clivagem/fraturamento e estiramento de xenólitos na direção NE-SW. Os minerais constatados, listados em ordem de abundância decrescente, são: feldspatos, branco e róseo, quartzo, muscovita e biotita, e ainda granada, associando-se diversificadamente. Visitou-se ainda a SW da referida mina outra ocorrência, de características internas similares, ainda que apresentando-se já caolinizado.

Zoneamento do corpo:

FIGURA 7- ZONA DE BORDA (CAPA)

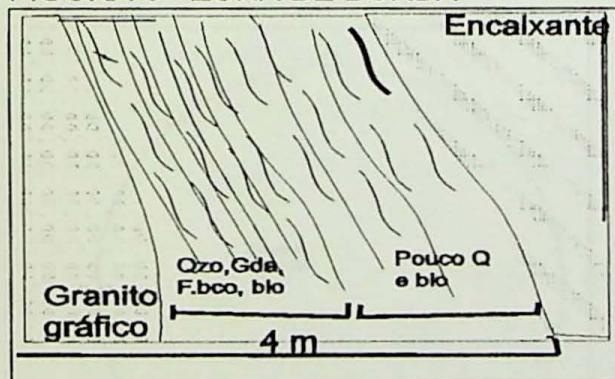


ZC: A borda da capa, de espessura aproximada de 15 m, definida até a observação de diminuição acentuada de ocorrência de granada, apresenta feldspatos róseo e branco associados a quartzo, em textura gráfica e segregados em bolsões de 5 a 10 cm. Granadas (0.5 - 1cm), ocorrem em agregados e faixas limonitzadas sucessivas, associadas a biotita e paralelizadas ao contato (atitude: ~NS/33, 230/30). Ocorrem também agregados de muscovita verde (grã. ~ 0.5cm). A biotita é conspícua, ocorrendo em hábito placóide, retangular a losangular, de ~6cm, apresentando crescimento perpendicular ao contato. A petrografia revela predominância de microclínio, (feldspato róseo), apresentando intenso microfraturamento, preenchido por albite xadrez. O plagioclásio ocorre em gerações sucessivas, saussuritizado, em textura zonada, com albitização de bordas (fotom. 5) e intercrescimentos mirmerquíticos. Tais feições indicam formação inicial de plagioclásio, e posterior cristalização de microclínio, em desequilíbrio com albite. Concomitantemente ocorre deformação/fraturamento, com fluidos residuais metassomáticos de composição albítica colocando-se nas fraturas do microclínio, tratando-se assim de intrusão sin-deformacional.

Z (Q+F): A textura gráfica é uma feição persistente, de ocorrência descontínua e de espessura variável, embora esteja mais acentuada próximo a zona de Borda da capa (ZC). Ocorrem agregados de muscovita euedral, associados a microclínio pertítico, apresentando ainda microfraturas preenchidas por quartzo e muscovita (fotom. 6).

ZQ e ZF: A cerca de 20 m da borda nota-se maior segregação das fases principais, originando quartzo e feldspato segregados. O fraturamento é menos proeminente (N210/21). Prevalece nessa zona feldspato róseo ao branco. As segregações de quartzo são alongadas, com direção paralela às faixas de granada + biotita (N150/45). A biotita ocorre, junto a segregações de quartzo, em granulação de ~ 5cm. Petrograficamente a zona é composta de microclínio pertítico com inclusões de agregados de albita com intercrescimento mirmequítico (fotom. 7), e quartzo em contatos ondulados a suturados com feldspato. A ausência de intercrescimento gráfico nas zonas mais internas do corpo relaciona-se as condições de cristalização das fases minerais, em função do resfriamento mais lento, e mudanças composticionais cíclicas na composição do fluido pegmatítico. Ocorre ao longo do corpo bolsões de muscovita disseminada em feldspato. A petrografia revela, nesses bolsões, a presença de muscovita intercrescida a albita/ oligoclásio, o qual apresenta-se parcialmente saussuritizado, com bordas albitizadas (fotom. 8), rico em inclusões fluidas. Tais bolsões são interpretados como decorrentes de heterogeneidade na temperatura da câmara magmática e da atividade de H₂O, por sua vez condicionados pela deformação atuante durante a fase final de cristalização da massa pegmatítica.

FIGURA 8 - ZONA DE BORDA



ZL: Aqui nota-se predominância de feldspato branco. As linhas de granada são mais freqüentes (dir. N256) e a biotita está quase ausente. De uma maneira geral, a textura gráfica diminui, com relação as demais zonas, apresentando-se quartzo e feldspato segregados, associados a granada e biotita. Pode-se distinguir Junto ao contato sub-zonas, quais sejam:

1-Z. marginal, apresentando feldspato branco homogêneo e alguma biotita (1cm).

Ao microscópio apresenta principalmente microclínio muito grosso, com preenchimento de fraturas por albita xadrez, inclusões de restos de oligoclásio, e de muscovita. O quartzo apresenta hábito euedral (fotom 11), e abundantes inclusões fluidas.

2- Zona de quartzo e feldspato branco segregados, associados a granada e biotita (3cm)

Rocha encaixante:

Petrografia: A rocha é composta por biotita gnaisse fino a médio de textura granolepidoblástica de bandamento fino difuso de orientação pronunciada, de 1 a 3 cm. Apresenta mineralogia principal composta por quartzo, por vezes mirmequítico, e plagioclásio, da variedade andesina, com contatos tríplices. A eles associa-se carbonato e inclusões fluidas orientadas. A biotita, titanífera, apresenta textura hipidioblástica orientada, com inclusões de apatita e zircão detritico, metamíticos, parcialmente cloritizadas (fotom. 6). Tais feições foram interpretadas como indicadoras de origem metassedimentar arcoseana psamítica fina. Em associação a esses litotipos verificou-se a presença de rochas calciosilicáticas, alterada hidrotermalmente, apresentando substituição de diopsídio por epídoto e anfibólios, inclusive tchermaquita (fotom. 7).

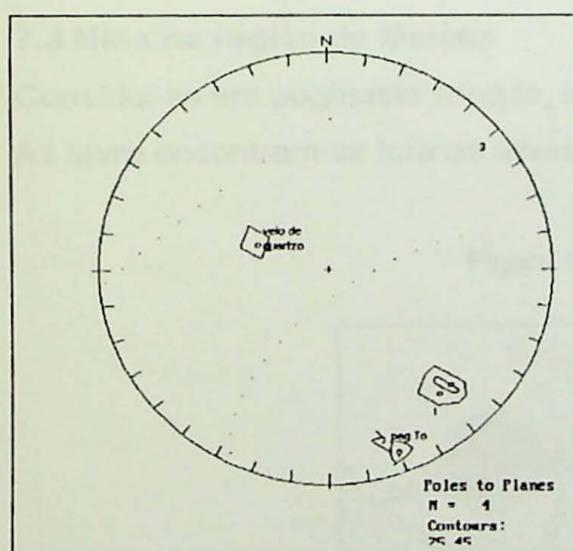
Análise estrutural: A análise de foliação revela homogeneidade de medidas, de baixo ângulo de cimento na direção N160/10.

Fraturamento do pegmatito:

O corpo está tectonizado, apresentando fraturamento que aproveita o sistema de clivagem do mineral predominante; feldspato. Apresenta forte concentração de juntas com cimento baixo, com concentração de atitude na direção de cimento a 210/16 e espalhamento sutil na direção NNW-SSE. As faixas de granada observadas internamente ao pegmatito definem uma guirlanda, coincidente a tendência de espalhamento de medidas de fratura.

Estereograma. 4:

CONTATO PEGM x ENCAIXANTE



Relações de contato : O pegmatito coloca-se perpendicularmente a foliação da encaixante. Observa-se enclaves lenticulares da encaixante em "S", paralelizados, (dir. N240) no pegmatito (Fig.7.). A direção de ocorrência entre os corpos individuais apresentam a mesma direção (~N210), indicando uma colocação dos pegmatitos em fraturas extensionais, que se abrem segundo o componente de esforços δ^3 , durante esforços de cisalhamento. A petrografia dos xenólitos revela a presença de zircão metamórfico,

plagioclásio andesina e nos contato com o pegmatito, quartzo grosso. A forma e direção dos enclaves, dispondo-se transversalmente a direção de contato (~45° a W), a direção de entre

as ocorrências das lavras, associado ainda a direção do mergulho de fraturamento (SE) e a atitude do contato, implica em colocação intrusiva do corpo pegmatóide sintectônica, com movimentação destral, relacionada a falhamento inverso transpressivo (figura 9). Cabe aqui salientar ainda a coincidência entre a orientação do contato desse pegmatito, com relação a direção de dobramento definido na Mina Santa Juliana (estereo. 2). Observou-se, ainda, que junto ao contato ocorre, na encaixante, a colocação de uma apófise de atitude próxima ao fraturamento e foliação (estereo. 4), composta de microclínio com intergranular muito grosso, em textura gráfica com quartzo, com albita/oligoclásio pertíticos inclusos. Em direção a encaixante a apófise grada a quartzito.

FIGURA 9 -ENCLAVES LENCICULARES DA ENCAIXANTE

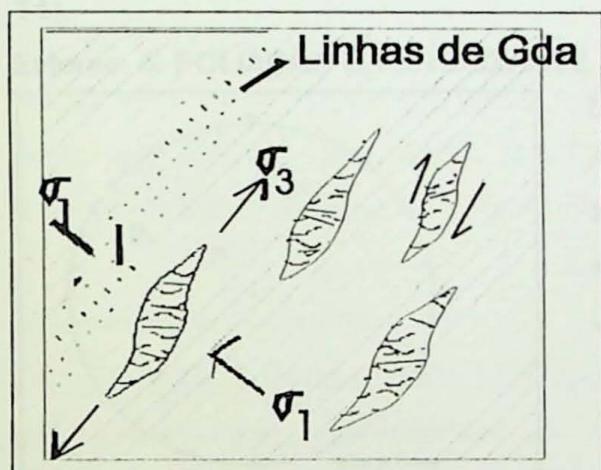
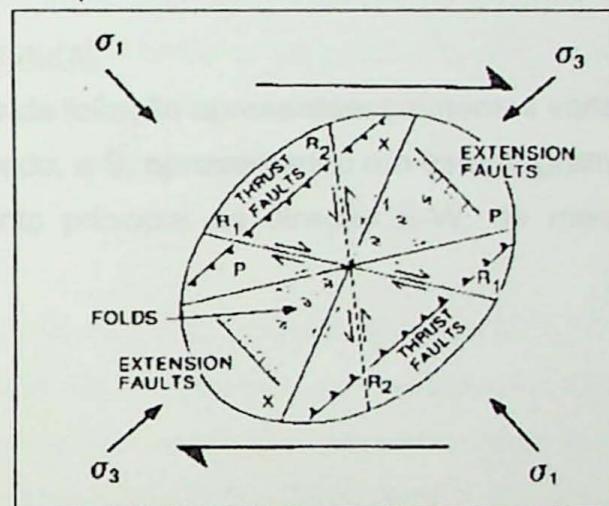


FIGURA 9B – SISTEMA DE RIEDEL; ilustrando a direção de fraturamento, relacionado com componente distensivo em z. de cisalhamento.

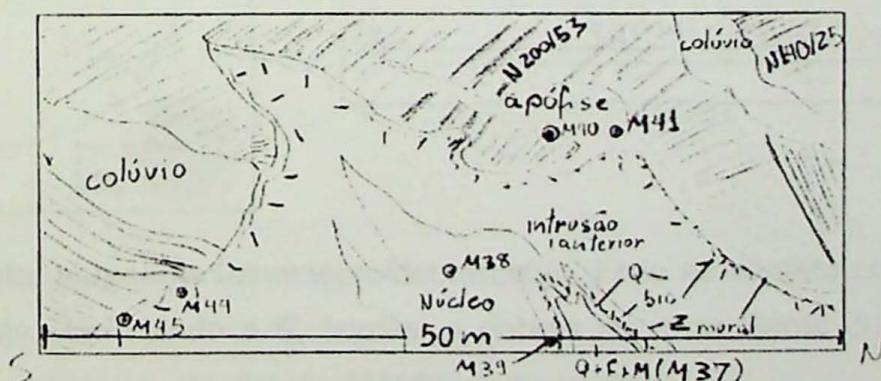


7.3 Mina na região de Mercês

Constitui-se em pegmatito zonado, intrusivo discordantemente ao gnaisse encaixante.

As lavras encontram-se fora de atividade de exploração.

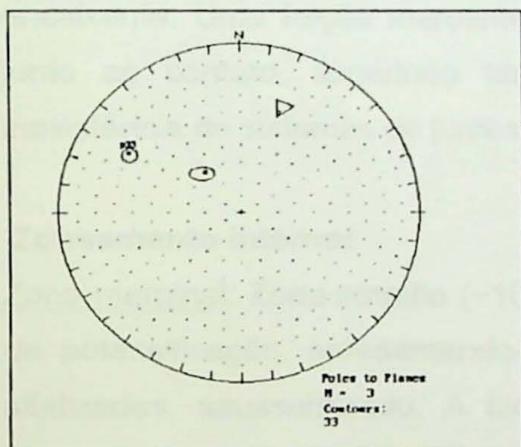
Figura 10 - CROQUI DA LAVRA



Rocha encaixante:

Petrografia: Trata-se de um biotita-actinolita gnaiss bandado, de textura característica nemato-granoblástica poiquiloblastica. A banda máfica apresenta mineralogia principal composta de biotitas subeuedrais e actinolitas poiquiloblasticas, ricas em inclusões de titanita, allanita, apatita e zircão, gerando conspícuos hallos pleocróicos (fotom. 15). As bandas leucocráticas são compostas por quartzo estirado e por feldspatos. Nas rochas próximas ao contato, o metassomatismo potássico é verificado pela presença de plagioclásio saussuritizado e albita com inclusões de quartzo mirmecítico envolvendo grão de microclínio poiquiloblastico não alterado (fotom. 16). Como evidências desse processo de substituição apresenta ainda albita xadrez preenchendo suas fraturas, formação de carbonato intergranular e albitização das bordas de plagioclásio junto aos grãos de microclínio (fotom. 14).

Estereo. 6: FOLIAÇÃO DA ENCAIXANTE



Análise estrutural:

As medidas de foliação apresentam cimentos variando, a grosso modo, a S, apresentando em estereograma um espalhamento principal na direção E-W, de mergulho variável.

Estereo. 7: Dobramento reconstituído

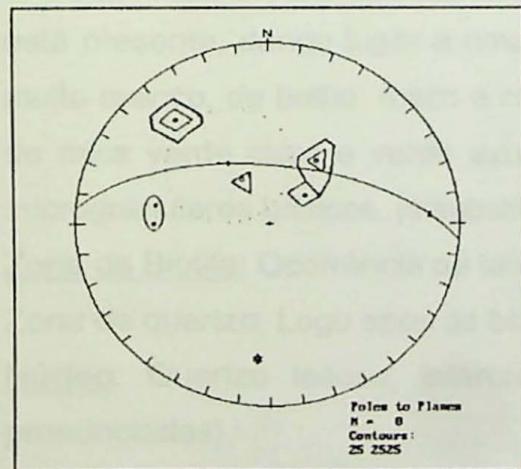
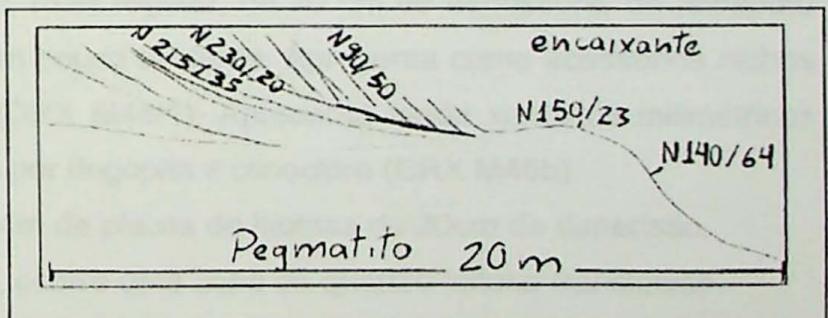
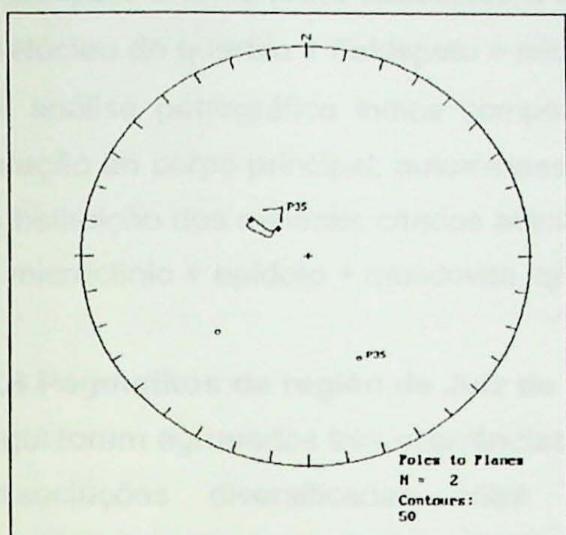


FIGURA11-FALHAMENTO/DOBRAMENTO OBSERVADO NA ENCAIXANTE



A rocha encaixante, apresenta falhamento/dobramento, junto ao contato com corpo intrusivo. A dobra apresenta eixo caindo a S, (similar a dobras na mina Santa Juliana), notando-se espalhamento superimposto de direção NW-SE (falhamento).

Estereo. 8: CONTATO E JUNTAS NO PEGMATITO



- **Relações de contato:** O contato apresenta cimentos moderados aproximadamente na direção a N, no corpo principal, e NE, em dique pegmatítico localizado a ca. De 500 m a SE da ocorrência aqui descrita. A comparação com a dobra acima ilustrada sugere a colocação dos pegmatitos relacionada a sistemas de juntas extensionais, longitudinalmente a direção de dobramento. Essa característica indica colocação do corpo pegmatítico em sistemas de fraturamento, longitudinalmente a direção de dobramento.

dobramento, sendo o falhamento (espalhamento N-S) decorrente de sua colocação intrusiva. O caráter intrusivo é ressaltado pela colocação de apófises do pegmatito na encaixante. Uma feição marcante nesse corpo é o zoneamento pronunciado do pegmatito junto ao contato, sugerindo também reações de borda e metassomatismo. A quase inexistência de sistemas de juntas indica tratar-se de intrusão tardi-tectônica.

Zoneamento interno:

Zona marginal: Zona estreita (~10cm), caracterizada petrograficamente por intenso processo de potassificação, apresentando-se o plagioclásio da 1ª geração bordas arredondadas e albitizadas, saussuritizado. A biotita, originalmente de coloração vermelha, apresenta-se alterada e cloritzada. Foi detectada também a presença de calcita (DRX M45/2), derivada dos fluidos residuais do metassomatismo de plagioclásio. Há locais, porém, onde essa zona não está presente, dando lugar a uma outra, mais regular, de 30 cm de espessura, de feldspato muito branco, de brilho fosco e clivagem pouco evidente. Apresenta como acessórios nichos de mica verde clara e verde azulada (DRX M44/1). Apresenta ainda xenólitos milimétricos microgranulares básicos, já substituídos por flogopita e clinocloro (DRX M45b).

Zona da Biotita: Ocorrência de faixa de 4m de placas de biotitas de 30cm de dimensão.

Zona de quartzo: Logo após às biotitas, ocorre uma zona de quartzo leitoso translúcido.

Núcleo: Quartzo leitoso, intercrescido a feldspato esverdeado translúcido de clivagens pronunciadas).

Intrusão anterior: Outra peculiaridade dessa ocorrência é a presença de um bolsão de atitude similar ao corpo intrusivo, próximo ao centro, interpretado como uma intrusão precoce. Verifica-se uma repetição da seqüência de zonas, da borda ao centro:

Feldspato branco fosco associado a feldspato translúscido esverdeado → Biotita → quartzo.
→ Núcleo de quartzo + Feldspato + mica verde.

A análise petrográfica indica composição original diferenciada (Plg-Ca↑+ Qz+ Biot.) com relação ao corpo principal, autometassomatismo, com fase final pneumatolítica, apresentando substituição dos minerais citados acima respectivamente pela paragênese (fotom. 13): albita + microclínio + epidoto + muscovita, quartzo, clorita + titanita (intersticial).

8.4 Pegmatitos da região de Juiz de Fora

Aqui foram agrupados três ocorrências pegmatíticas, apresentando zoneamento simples, com associações diversificadas entre granada, quartzo, muscovita, biotita, feldspatos, apresentando, excluindo-se a mina Casa Branca, avançado grau de intemperismo. Apresentam núcleo de quartzo, por vezes miarolítico, o qual é explorado para formação de Silício metálico. Minera-se ainda feldspato para indústria de vidros e tintas, e caolim para indústria de papel e tintas. Destaca-se a abundância de granada na no pegmatito Casa Branca descrito a seguir.

FIGURA 12- CROQUI DA MINA CASA BRANCA

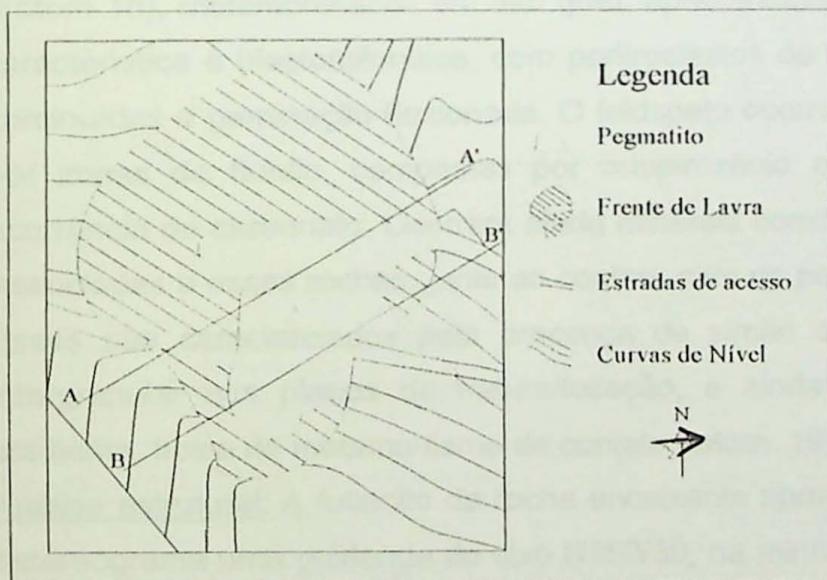
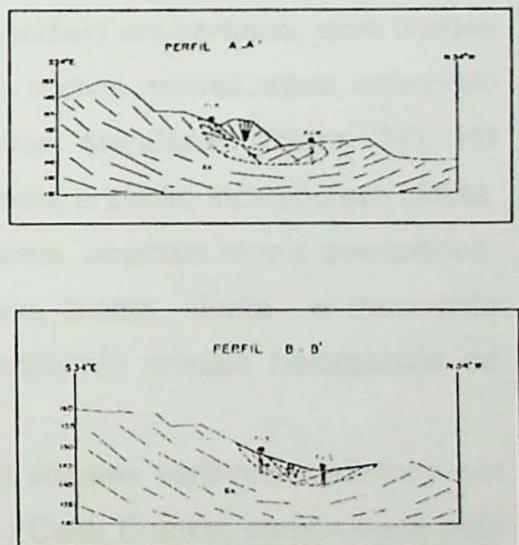


Figura 13:Perfis A-A' e B-B'



Zoneamento interno:

Zona de Quartzo + biotita+granada: Ocorrem segregações de 50 cm / 1 m quartzo fumê, com biotita e granada de granulação em tomo de 4 cm, idiomórficas, associada. Incluso em granada, foi constatada ainda presença de mullita, característico de metamorfismo de contato, descrita em anexo (DRXC55/2).

Esta zona repete-se também junto ao núcleo de quartzo.

Zona da moscovita: Associada a zona anteriormente descrita ocorre regiões (~10 cm) de moscovitas (grã fina) em agregados e livros (placas de até 10cm de diâmetro), em associação com feldspato, sem quartzo.

Zona da biotita: Assim como moscovitas, próximas a bolsões de quartzo também nota-se associações entre feldspato e grandes placas de biotita.

Zona do feldspato: Intercala-se a faixas de quartzo + feldspato regiões de quartzo e feldspato, brancos e róseos, segregados.

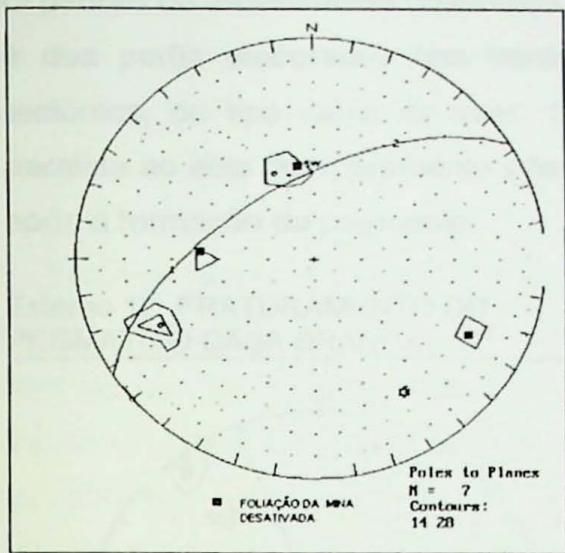
Zona de F+Q: Embora ocorra repetidamente ao longo do corpo a ocorrência de F+Q (1.5-1 cm) intergranulares, esta é mais freqüente em direção ao centro.

Núcleo de quartzo: O quartzo do núcleo é leitoso, apresentado-se tectonizado. Observa-se, no quartzo, fraturamento do tipo "estrutura em flor", o que é concordante ao posicionamento do corpo, situado no intrado de dobramento sinclinal.

- **A rocha encaixante**: A rocha apresenta-se intemperizada, com dobramentos apertados e bandamento difuso.

Petrografia: Composicionalmente é formada por rochas de suite chamockítica, ortoderivada (Fotom 18), metamorfisadas em alto grau, apresentando tendências enderbíticas . A textura característica é blastomylonítica, com porfiroclastos de plagioclásio antiperítico, com bordas cominuídas e geminação flexionada. O feldspato ocorre, nas rochas milonitzadas, envolvido por zonas de fluxão, compostas por ortopiroxênio e biotitas titaníferas (fotom. 17). Há ocorrência de carbonato. Ocorrem ainda minerais como apatita e zircão inclusos em biotita. Associadas a essas rochas, junto ao contato com os pegmatitos, ocorrem níveis quartzíticos. Esses são caracterizados pela presença de zircão detritico; biotita, clorita e muscovita intergranular nos planos de fratura/foliação, e ainda substituindo cristais hexagonais de cordierita, típica de metamorfismo de contato (fotom. 19).

Análise estrutural: A foliação da rocha encaixante apresenta atitudes variáveis, definindo em estereograma uma guirlanda de eixo N150/30, na mineração Casa Branca, comprovada pela reconstituição de uma dobra junto ao contato (fig. 14); com interferência de fase deformacional de direção WNW-ESE, inferida pelo espalhamento de medidas de foliação observada em mina desativada a ca. De 1 km a E da primeira, onde prevalece mergulhos a ESE, interpretação reforçada pela reconstrução de uma dobra no contato com o pegmatito (estéreo. 14).



Estereo 11: Dobra na mina Casa Branca

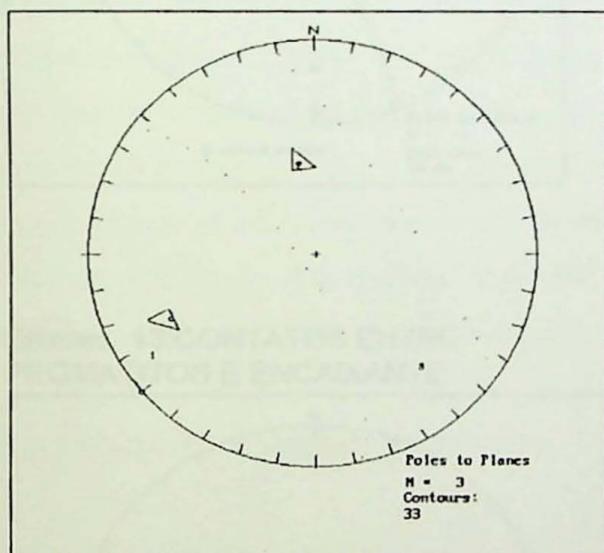


FIGURA 15 - DOBRAMENTO, INTRUSÃO PEGMATÍTICA E VARIAÇÃO FACIOLÓGICA
Estereo. 11: DOBRA NA MINA DESAT.

Estereograma. 10: FOLIAÇÃO DAS ROCHAS ENCAIXANTES; apresentando mergulho máximo para NE, no caso das rochas encaixantes ao pegmatito Casa Branca, e variando de SE a NW, no caso da mina "Desativada".

FIG 14: DOBRAMENTO DA ENCAIXANTE JUNTO AO COTATO, ILUSTRANDO INJEÇÕES LIT PAR LIT DE MATERIAL PEGMATÍTICO (minaCasa Branca)

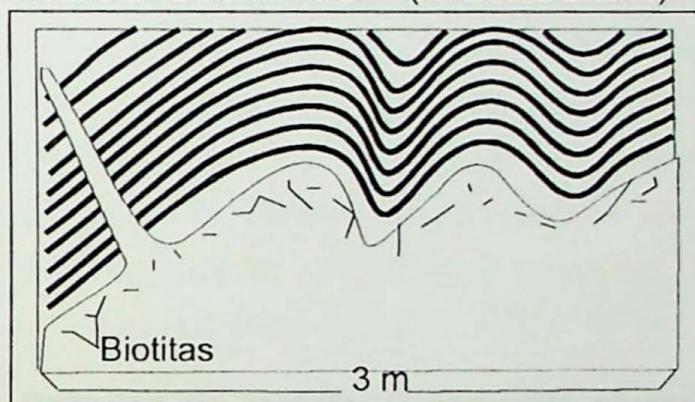
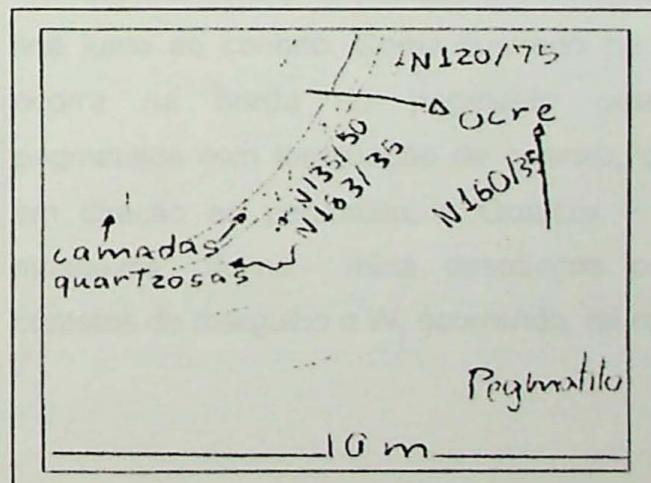
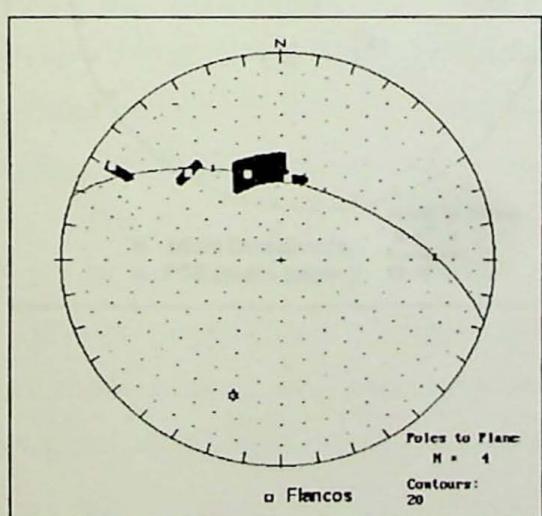
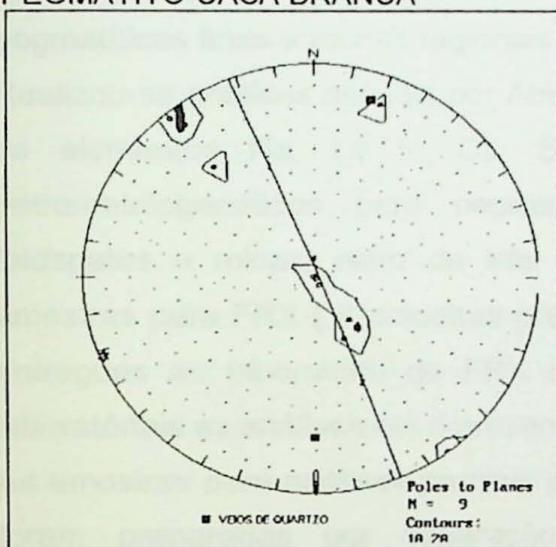


Figura 15: Injeções de material pegmatítico na encaixante



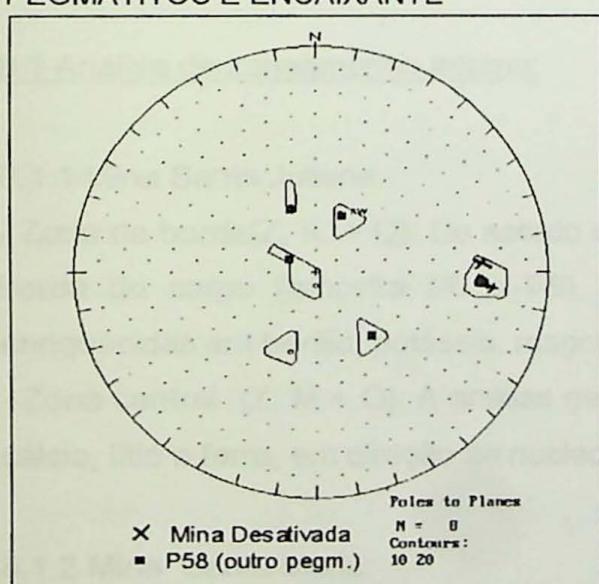
O padrão de interferência observado, segundo as análises de estereograma acima ilustrados, e dos perfis elaborados nas frentes de lavra denotam eventos sucessivos de ativação tectônica, do tipo caixa de ovos. O pegmatito apresenta-se, ainda, fraturado em direção paralela ao eixo de dobramento inferido, na mina Casa Branca, indicando tectonismo atuante após a formação do pegmatito

Estereo 12: FRATURAMENTO DO PEGMATITO CASA BRANCA



- Sistema de juntas:** O fraturamento observado apresenta tendência a espalhamento NNW-SSE, merecendo nota a concentração de medidas de alto ângulo, referente a medidas de fraturas do núcleo de quartzo, de espalhamento coincidente com a tendência geral NNW-SSE, interpretado como fraturamento transpressivo em flôr.

Estereo. 13:CONTATOS ENTRE PEGMATITOS E ENCAIXANTE



- Relações de contato:** O pegmatito apresenta contato variando, de discordante a sub-concordante a encaixante, prevalecendo atitudes de direção de mergulho baixos, com arqueamento, a grosso modo, na direção N-S. Não se observa reações de borda, a não ser ocorrência de biotitas e moscovitas de grã fina junto ao contato. Como ilustrado na figura 15, ocorre na borda do pegmatito uma apófise pegmatítica com terminação de quartzo, que grada, em direção ao pegmatito, a Quartz + Caolim + muscovita. Já na mina desativada prevalecem contatos de mergulho a W, ocorrendo, na rocha

encaixante, injeções de material pegmatítico, concordantemente ao bandamento (dobrado). Observa-se, porém, noutro ponto, contato transicional, tornando-se o corpo cada vez mais máfico, fino e foliado, possivelmente devido a reações metassomáticas.

8. Análise de dados geoquímicos:

Foram planejados inicialmente estudos de elementos e traços em rochas globais de fases pegmatíticas finas e rochas regionais via fluorescência de raios X (FRX).

Realizou-se análises parciais por Absorção Atômica, (AAS) e fotometria de chama (FC) para os elementos Na, Li, K, Ca, Sr, Ba, Be, Mg e Fe, considerados indicadores petrometalogenéticos para pegmatitos, das fases minerais pegmatíticas separadas, feldspatos e micas, além de três amostras globais de pegmatitos. As preparações de amostras para FRX (9 amostras preparadas como pastilhas prensadas) foram concluídas e entregues ao laboratório de FRX do IG-USP em setembro pp., entretanto, por motivos laboratóriais as análises até o presente não foram realizadas, abrindo-se mão desses dados. As amostras para análises parciais por AAS e FC dos elementos indicadores pegmatíticos, foram preparadas por separação mineralógica e abertura química e processadas analiticamente entre os meses de outubro e novembro e os resultados finais recebidos em 18 do mês em curso. Os dados, tabelados e tratados em gráficos encontram-se em anexo. Ao serem comparados, os dados indicaram as seguintes tendências:

8.1 Análise de zoneamento interno:

8.1.1 Mina Santa Juliana:

- Zona de borda(Z. K. + Q): De acordo com análises geoquímicas de mucovitas presentes na borda do corpo (amostra P6 e P9), apresentam-se relativamente às demais amostras, enriquecidas em berílio, potássio, magnésio e estrônio.
- Zona central (Z. M + Q): A análise geoquímica dessas micas indica enriquecido em sódio, cálcio, lítio e ferro, em direção ao núcleo.

8.1.2 Mina Santa Maria:

- Zona de borda Capa: A análise geoquímica indica enriquecimento em cálcio, berílio e lítio, e empobrecimento em bário e potássio, nos feldspatos dessa zona. Todavia no feldspato alcalino há enriquecimento relativo em bário (SM22A2).

- Zona Q e F (Subzona M+F): As análises geoquímicas revelam que os feldspatos desta subzona, de coloração branca (SM30/4), apresentam empobrecimento em K e enriquecimento em Li, com tendência a alto Be, similarmente ao padrão composicional de outro feldspato branco, da zona de borda da capa (SM24/1).
- Zona de borda Lapa: Análises geoquímicas em feldspatos, indicam enriquecimento em Sr, nessa zona, com baixos teores de Ba relativamente a capa. Amostras analisadas na zona da granada apresentam ainda empobrecimento relativo em Be e enriquecimento em Ba e Fe.

8.1.3 Mina de Mercês:

- Zona de marginal:

Os dados geoquímicos revelam enriquecimento em Sr, Ca empobrecimento em Li e algum enriquecimento em Fe e Be.

- Zona mural: Nessa zona há tendência cárcea, com enriquecimento em berílio e empobrecimento em Lítio e magnésio.
- Zona de núcleo: Os gráficos indicam enriquecimento em K, Li, e empobrecimento em Be, Ca e Sr.
- Zoneamento da intrusão anterior ao corpo principal: Os dados geoquímicos apresentam, enriquecimento da borda em Ba, Fe e Na, de potássio com relação a Be e Li, os quais apresentam-se baixos valores, (talvez devido a metassomatismo), e ainda teores altos de Ca. A zona central desse corpo apresenta teores intermediários, bastante enriquecida em cálcio. A amostra de rocha total desse núcleo apresenta, porém tendência Na-K, com enriquecimento em Li, Sr e Fe.

8.1.4- Mina Casa Branca:

- Zona externa: Dados geoquímicos indicam enriquecimento de muscovitas em Ba, Fe, Be, apresentando ainda tendência sódica-cárcea. Já os feldspatos apresentam tendência a altos teores de Sr e Ba.
- Zona central: Dados geoquímicos indicam enriquecimento de tendências inversas entre composições de feldspato e mica, apresentando feldspatos enriquecidos em Ba e K e empobrecidos em berilio, e micas enriquecidas em Sr, Na, Ca, Li, e empobrecidas em Ba.

8.2 Correlação de afinidades geoquímicas entre corpos pegmatíticos (Análise comparativa de minerais):

8.2.1 Muscovitas:

Os dados de geoquímica apontam para proporções similares de Na-K-Ca com relação aos pegmatitos localizados nos metassedimentos da borda do cráton São Francisco. Apresentam as micas da mina Santa Juliana tendência um pouco mais sódico-cálcica, coincidente a composição das micas da mina Santa Maria, apresentando os dois pegmatitos teores similares baixos de Be e K.

O pegmatito de Mercês apresenta composição diferenciada dos demais. Apresenta-se enriquecimento em potássio e Ba e Ca, e empobrecimento em Be e Li, com relação aos demais jazimentos. O pegmatito Casa Branca apresenta composição intermediária, em relação aos grupos de pegmatitos acima mencionados. Apresentam teores médios de bário, com relação a Sr e Ca e Sr e Li, entre os extremos compostacionais enriquecidos em bário de Mercês e enriquecidos em cálcio, dos pegmatitos da região de Visconde do Rio Branco. O mesmo é observado com relação a teores de Be, Li e K, onde nota-se a progressão em teores de potássio, entre o grupo de pegmatitos (Santa Juliana e Santa Maria), seguidos pelo pegmatito de Casa Branca, e então pelo de Mercês.

8.2.2 Feldspatos:

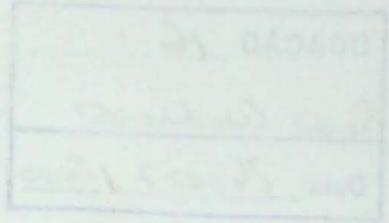
A análise de feldspatos denota novamente diferenciação, principalmente entre os pegmatitos de Mercês e os demais. Em Mercês nota-se a predominância de termos mais sódico-cálcicos e empobrecidos em lítio, diferenciando-se dos demais pegmatitos. Os pegmatitos de Santa Maria, contudo apresentam composições um pouco discrepante aos demais, notando-se a ocorrência de feldspatos sódicos, enriquecidos em lítio.

11. Referências bibliográficas

- Almeida, F.F.M. 1975 O alinhamento Além Paraíba. Anais da Academia Brasileira de Ciência, Rio de Janeiro, 47 (3/4): p 575
- Almeida, F.F.M. 1981. O Cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, Salvador. Atas do ... Salvador, SBG, 1981.
- Baltazar, O.F. 1984. Projeto Mapas metalogenéticos e de recursos minerais, folha SF.23-x-D Juiz de Fora, DNPM & CPRM. ESCALA 1:250000 V1. textos e mapas: 56p.
- Barbosa, A.L.M., Sad, J.H.G. 1983. Reinterpretação das séries Juiz de Fora e Paraíba, em Minas Gerais e Rio de Janeiro. - In: 2º Simp. Geol. Minas Gerais, Anais: 1-15, SBG-Núcleo Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Beus, A.A. 1966. Distribution of tantalum and niobium from mica-schist from granitic pegmatites. Geokhimiya 10, 1216-1220, (russ.)
- Brandalise, L.A. 1976. Projeto Vale do Paraíba do Sul - Relatório Final . Belo Horizonte, s. ed., 1976(relat. inédito DNPM/CPRM). 411p.
- Brögger, 1881; 1890: Cit. in Schneiderhöhn, H. 1961.
- Brongniart, 1813: Cit in Tröger, 1969
- Cerný, P. 1991a. Rare-element granitic pegmatites. Part I: Anatomy and internal evolution of pegmatites deposits. Canadian Geosci. 18, (2), 49-67
- Cerný, P. 1991b. Rare-element granitic pegmatites. Part II: Regional to global environments and petrogenesis Canadian Geosci. 18, (2), 68-81
- Cerný, 1994. Evolution of feldspars in granitic pegmatites. In: *Feldspar and their reactions* (edited by Parson, I.) Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 501-540
- Clark, G.S., Cerný, P. 1987. Radiogenic ^{87}Sr , its mobility, and the interpretation of Rb-Sr fractionation, trends in rare elements in granitic pegmatites. - Geochim. Campos Neto, 1990. Evolução geológica dos terrenos costeiro, Paraíba de Fora (RJ, MG, ES) Congr. Bras. Geol., SBG, núcleo NE, 1990, pp. 113-114
- Cosmochim. Acta, 51: 1011-1018.
- Cordani, U.G. 1973. Evolução geológica pré-cambriana da faixa costeira do Brasil, entre Salvador e Vitória. - Tese de Livre-Docência, 98 pp., IG-USP, São Paulo.
- Correia Neves, J.M., Pedrosa Soares, A.C., Marciano, V.R.P. da R.O. 1986. A província pegmatítica à luz dos conhecimentos atuais. - Rev. Bras. Geoci., 16(1): 106-118.
- Delesse, 1849. Cit. in Tröger, W.E., 1969.
- Delhal, J., Ledent, D. & Deliens, M. 1976 - Complements à l'étude géochronologique de trois orogenèses superposées dans le sud-est du Brésil. Données relatives aux zircons et sphénites des gneiss de la Serra da Mantiqueira. Ann. Mus. Roy. Afr. Centr., Dept. Géol. Min., pp. 67-76.
- Figueiredo, M. 1990. Geoquímica dos terrenos Juiz de Fora, Paraíba do Sul e Costeiro, nos estados do RJ e ES. SBG/IG-USP, 1990
- Freyberg, B.v. 1934. Die Bodenschätzungen des Staates Minas Geraes. - 543 pp., E. Schweizerbartische Verlags-Buchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart.
- Hauy, in Brongniart, 1813. Cit. in Tröger, W.E., 1969.
- Gordiyenko, V.V. 1976. Diagram for prediction and evaluation of rare-metal mineralization in granitic pegmatites from variation in composition in potassic feldspar. Dokl. Akad. Nauk. SSSR 228, 134-142.

- Gordiyenko, V.V. 1970. Mineralogy, geochemistry and genesis of the spodumene pegmatites. Nedra, Leningrad, (russ.).
- Gordiyenko, V.V. 1971. Concentration of Li, Rb and Cs in potassic feldspar and muscovites as criteria for assessing the rare earth mineralization in granitic pegmatites. *Inter. Geol. Reviews*, 13: 134-142.
- Kishida, A., Lobato, L.M., Lindenmayer, Z.G., Fyfe, W.S. 1990. Introduction: Brazil the sleeping Resource Giant. - *Econ. Geol.*, 85(5): 899-903.
- London, D. 1990. Internal differentiation of rare-element granitic pegmatites: A synthesis of recent research. In: *Ore-bearing granite Systems* (Edited by Stein, H.J. and Hanna, J.L.) Spec. Pap. 246, 35-40, Geological Society of America.
- Lobato, L.M., Pedrosa Soares, A.P. 1993. Síntese dos recursos minerais do cráton do São Francisco e faixas marginais em Minas. *Geonomos*, 1: 51-64
- Misi, A & Azevedo, H.C.A. 1971. A província pegmatítica do extremo sul da Bahia. In: CONG. BRAS. GEOL., 25, São Paulo, 1971. *Resumo das comunicações...* São Paulo, SBG, p.65.
- Misi, A & Azevedo, H.C.A. 1975. A província pegmatítica do extremo sul da Bahia. In: *Miner. E Metal...*, 38 (35a): 6-10.
- Manuylova, M.M., Petrov, L.L., Rybakova, M.M., Sokolov, Yu.M., Shinakin, B.M. 1966. Distribution of alkali metals and beryllium in pegmatite minerals from north Baykalian pegmatite belt. - *Geochem. International*, 3: 309-321
- Machado, R. 1986. Evolução geológica do complexo Paraíba do Sul na porção ocidental do estado do Rio de Janeiro. *Congr. Bras. Geol.*, SBG, 1986, pp 113-114
- Machado, R. 1996. Caracterização geoquímica e tectônica do magmatismo pré colisional tipo cordilheiriano, de idade neo proterozóica no cinturão Paraíba do Sul, RJ. *Bol. IG-USP, Publ. Esp.*, n 18, p.83-85
- Marciano, V.R.P. da R.O. 1995. O distrito pegmatítico de Santa Maria de Itabira, MG. Mineralogia, geoquímica e zoneografia. - Tese de doutoramento, 216 pp., Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Oliveira, M.A.F. 1980. Petrologia das rochas granuíticas da faixa Paraíba do Sul, estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais - tese de livre docência IG-UNESP
- Paiva, G. 1946. Províncias pegmatíticas do Brasil. - *Bol. DNPM-DFPM*, 78: 13-21.
- Preinfalk, C., Kostyitsyn and Morteani, G. 1998. The emerald mineralization and the pegmatites of The Nova Era-Itabira-Ferros pegmatite district (Minas Gerais, Brazil): Rb-Sr dating and geochemistry. *Lehrtuhl für Angewandte Mineralogie und Geochemie, Technische Universität München* and *IMGRE, Moscow*, 22 pp.
- Putzer, H. 1976. Metallogenetic Provinces in Südamerika. - *E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller)* Stuttgart.
- RADAMBrasil183, fls. SF.23/24. RJ-Vitória; Levantamento de recursos naturais. V32 780p., Proj. RADAMBrasil, MME, Rio de Janeiro
- Schneiderhöhn, H. 1961. Die Erzlagerstätten der Erde Band II - Die Pegmatite. - 720 pp., Gustav Fischer Verl., Stuttgart.
- Siga Jr., O.; Teixeira, W.; Cordani, U.G.; Kawashita, K.; Delhal, J. 1982. O padrão geológico geocronológico das rochas de alto grau da parte setentrional da Faixa Ribeira, ao norte do Rio De Janeiro, Brasil. In: CONG. LATINOAM. GEOL., Buenos Aires, 1982, Actas... v1, PP. 342-70
- Soares, A.C.P., Correia Neves, J.M. 1998. Jazidas pegmatíticas: Critérios Exploratórios para Gemas, Minerais Industriais e Metais Alcalinos. - *Curso pré-congresso, XL Congresso Brasileiro de Geologia*.

- Tatarinov, A.V., Shinakin, B.M. 1976. East Siberian miarolitic pegmatites: Average composition, trace-elements distribution and geochemical differentiation. - *Geochem. International*, 13(1): 162-171.
- Tröger, W.E. 1969. Spezielle Petrographie der Eruptiv gesteine. - 360 + 90 pp., Verl. DMG in Komm. E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller) Stuttgart.
- Trueman, D.L. & Cerný, P. 1982. Exploration for rare element granitic pegmatites. *Min. Assoc. Canadá Short Course Handbook*, 8:463-93.
- Wernick, E. & Fiori, A.P. 1981. Contribuição a geologia do sul do cráton do São Francisco. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO E SUAS FAIXAS MARGINAIS, Salvador. Atas do ...Salvador, SBG, 1981, pp.169-79
- Machado, R. 1986. Considerações preliminares sobre aplicação de um modelo tectônico para os complexos Serra dos Órgãos e Paraíba do Sul. (RJ) - um provável exemplo de colisão continental. Congr. Bras. Geol., SBG, 1986, pp 135-136



De acordo,

Assinatura do Aluno

Assinatura do orientador

