XIII-3

**PEGMATITOS DA REGIÃO DE SÃO JOÃO
DEL REI - MG**

RICARDO FRANCESCONI

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

1972

PEGMATITOS DA REGIÃO DE SÃO JOÃO DEL REI - MG

Simão Sturini

RICARDO FRANCESCONI

DEDALUS - Acervo - IGC

30900004928

TESE DE DOUTORAMENTO
APRESENTADA AO IG-USP

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
BIBLIOTECA CENTRAL

1G-4

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1972

INDICE GERAL

1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	4
3. METODOLOGIA	6
4. TRABALHOS PRÉVIOS	10
5. GEOLOGIA	
5.1. ASPECTOS GEOGRÁFICOS E GEOMORFOLÓGICOS	12
5.2. GEOLOGIA	15
5.2.1. Generalidades	15
5.2.2. Rochas do Complexo Granito - Gnáissico	17
5.2.3. Anfibólio xistos e anfibolitos	20
5.2.4. Xistos	25
5.2.5. Quartzitos e mica xistos	27
5.2.6. Quartzitos - Série Itacolomi	29
5.2.7. Filitos	31
5.2.8. Calcários	32
5.2.9. Intrusivas Básicas	33
5.2.10. Aluviões	34
5.2.11. Pegmatitos	34
6. MINERALOGIA DOS PEGMATITOS	
6.1. GENERALIDADES	37
6.2. DESCRIÇÃO DOS PEGMATITOS	
6.2.1. Mina da Serra	37
6.2.2. Pegmatitos da Volta Grande - Minas Brasil	41

6.2.3. Mina do Paiol	43
6.2.4. Garimpo do Cascalho Preto	44
6.2.5. Garimpo Socêgo	45
6.2.6. Garimpo da Fazenda Olaria	46
6.2.7. Garimpo do Mato Virgem	46
6.2.8. Mina do Cavalo do Buraco	47
6.3. ESTUDO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS	48
6.4. DESCRIÇÃO DOS MINERAIS	48
6.4.1. Columbita-Tantalita	48
6.4.2. Alvarolita	52
6.4.3. Ixiolita	52
6.4.4. Cassiterita	56
6.4.5. Microlita	56
6.4.6. Pirocloro	62
6.4.7. Samarskita	62
6.4.8. Zircão	63
6.4.9. Cyrtolita	63
6.4.10. Xenotima	65
6.4.11. Monazita	68
6.4.12. Magnetita	68
6.4.13. Ilmenita	68
6.4.14. Hematita e Goethita	69
6.4.15. Granadas	69
6.4.16. Berilo	69
6.4.17. Espodumênio	70
6.4.18. Gahnita	70
6.4.19. Muscovita	71
6.4.20. Bityita	71
6.4.21. Lepidolita	71
6.4.22. Rutilo	72
6.4.23. Brookita	72
6.4.24. Epidoto	72
6.4.25. Estaurolita	72
6.4.26. Turmalina	72
6.5. ASSOCIAÇÃO ENTRE MINERAIS	73

7. TREND SURFACE ANALYSIS	
7.1. APRESENTAÇÃO	76
7.2. ÁREA ESCOLHIDA E PARÂMETROS	76
7.3. TANTALITA	78
7.4. CASSITERITA	83
7.5. ILMENITA E MAGNETITA	83
8. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	90
9. AGRADECIMENTOS	96
10. BIBLIOGRAFIA	98

ÍNDICE DAS ILUSTRAÇÕES

FIGURAS.

1	-	Localização da área	13
2	-	Mapa Geológico da Região de São João del Rei-MG	36
3	-	Distribuição dos concentrados pesados segundo a fração granulométrica	49
4	-	Mapa de localização dos pegmatitos estudados na quadrícula de Cassiterita	77
5	-	Histograma dos concentrados da quadrícula de Cassiterita	79
6	-	Mapa geológico da quadrícula de Cassiterita	85
7	-	Superfície de grau 1 de tantalita	86
8	-	Superfície de grau 4 de tantalita	86
9	-	Superfície de grau 6 de tantalita	87
10	-	Superfície de grau 1 de cassiterita	87
11	-	Superfície de grau 3 de cassiterita	88
12	-	Superfície de grau 6 de cassiterita	88
13	-	Superfície de grau 6 de ilmenita	89
14	-	Superfície de grau 6 de magnetita	89

FOTOGRAFIAS

1	-	Aspecto da morfologia a sul de São João del Rei	14
2	-	Vista de uma boçoroca	14
3	-	Malha de poços de pesquisa de pegmatito caolinizado	17
4	-	Aspecto parcial de pegmatito de Volta Grande	17
5	-	Fotomicrografia - Microclínio pertitizado, lâmina de Adamellito, próximo ao rio Carandaí	22
6	-	Fotomicrografia - Plagioclásio saussuritizado e plagioclásio secundário. Quartzo diorito; Distrito de Emboabas	22
7	-	Fotomicrografia - Titanita apresentando contorno metamórfico - Quartzo diorito, Mun. de Ibituruna	23
8	-	Fotomicrografia - Textura do quartzo muscovita xisto - Município de Bonsucesso	23
9	-	Fotomicrografia - Aspecto geral da textura do quartzo, itabiritico da Serra de Bonsucesso	28
10	-	Fotomicrografia - Substituição de minerais pré-existent por serpentina Serpentinó - Mun. de Ritópolis	28
11	-	Vista parcial de unidade de concentração de minério Município de São Tiago	38
12	-	Pegmatito com espodumênio - Mun. de Nazareno	38
13	-	Contato pegmatito com rocha gnáissica - Município de Nazareno	39
14	-	Vista parcial do garimpo de Mato Virgem - Município de Cel. X. Chaves	39
15	-	Fotomicrografia - Exsolução tantalita-columbita - garimpo Mato Virgem	53
16	-	Fotomicrografia - Idem anterior - garimpo Cascalho Preto	53
17	-	Fotomicrografia - Cassiterita geminada - Fazenda Olaria	57
18	-	Fotomicrografia - Cassiterita geminada - Volta Grande	57
19	-	Fotomicrografia - Microlita zoneada - Volta Grande	60
20	-	Fotomicrografia - Turmalina com fraturamento no "greisen" de Volta Grande	60
21	-	Fotomicrografia - Associação tantalita-microlita - garimpo Mato Virgem	75
22	-	Fotomicrografia - Idem anterior - garimpo Cascalho Preto	75

TABELAS

1	- Associação mineralógica das frações granulométricas	50
2	- Diagramas de pó de tantalita, alvarolita e ixiolita	54
3	- Diagramas de pó de varlamorfita e cassiterita	58
4	- Diagramas de pó de microlita, djalmaíta, pirocloro e pandaíta	61
5	- Diagramas de pó de cyrtolita, zircão e ribeirita	64
6	- Diagramas de pó de monazita e xenotima	66
7	- Tabela das associações entre os minerais	73
8	- Tabela dos dados fornecidos ao computador para elaboração do "trend surface analysis"	80
9	- Tabela dos coeficientes de correlação e soma total dos quadrados dos valores dos resíduos para as superfícies de 1º a 6º grau de tantalita, cassiterita, <u>ilmenita</u> e magnetita	84

1. RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo da Província Pegmatítica de São João del Rei, localizada a sudoeste do Estado de Minas Gerais.

É apresentado um mapa geológico de uma área de 3300 km², em escala 1 : 200.000, efetuado sobre base topográfica de 1 : 50.000 e de fotografias aéreas de 1 : 30.000.

As seguintes unidades lito-estratigráficas foram mapeadas:

- a) Série Pré-Minas: Complexo Granito-Gnáissico (gnaisses, migmatitos e rochas intrusivas como adamellito, granodiorito, dioritos e quartzo dioritos); anfibólio xistos e anfibolitos; e xistos.
- b) Série Minas: quartzitos e mica xistos.
- c) Série Itacolomi: quartzitos (metaconglomerados e metassiltitos).
- d) Formação Carandaí: filitos.
- e) Formação Barroso: calcários e calcoxistos.
- f) Intrusivas Básicas.
- g) Pegmatitos.

Intemperismo intenso e profundo afeta as rochas da região, tornando escassos os afloramentos, que quando encontrados foram objeto de observações cuidadosas, coletas de amostras e estudos petrográficos.

Os pegmatitos ocorrem encaixados em rochas do Complexo Granito Gnáissico, em anfibólio xistos e em rochas graníticas, numa faixa de 70 km de comprimento por 20 km de largura, que corta a região mapeada de SW para NE abrangendo os municípios de Nazareno, Cassiterita, São Tiago, Ritápolis, São João del Rei, Cel. Xavier Chaves e Rezende Costa.

Foram estudados pormenorizadamente oito jazidas de pegmatitos que se encontravam em exploração na ocasião dos trabalhos de campo: Mina da Serra, Volta Grande e Minas Brasil, Mina do Paiol, Cascalho Preto, Socêgo, Mato Virgem e Mina do Cavalo do Buraco.

Dessas jazidas são descritas, tanto quanto possível, o número de corpos pegmatíticos, formato, dimensões e encaixantes. Foi feita amostragem dos concentrados de bateia de suas frentes de exploração e essas amostras foram objeto de estudo granulométrico e mineralógico.

As análises mineralógicas constaram de determinação de algumas propriedades físicas, propriedades ópticas em geral e interpretação de difratogramas e diagramas de pó de minerais individuais e de frações, corroborados por análise espectrográficas (fluorescência de raios X normal e por excitação radioscópica) e análise por ativação de neutrons.

São descritos os seguintes minerais: columbita-tantalita, alvarolita, ixiolita, cassiterita, microlita, pirocloro, samarskita, zircão, cyrtolita, xenotima, monazita, magnetita, ilmenita, hematita, goethita, granada, berilo, espodumênio, gahnita, muscovita, bityita, lepidolita, rutilo, brookita, epidoto, estauroлита e turmalina.

É fornecida a associação mineralógica das várias jazidas e das diferentes frações granulométricas.

A quadrícula de cassiterita foi objeto de amostragem sistemática dos pegmatitos, conseguindo-se, dos concentrados pesados daí resultantes, quatro frações: "tantalita", "cassiterita", "ilmenita", e "magnetita".

Essas frações foram obtidas no separador eletro-magnético e eletrostático do DNPM e com elas foi feito um estudo estatístico do tipo "trend surface analysis".

Encontraram-se tendências de zonas mais favoráveis a concentração de tantalita e cassiterita em certas áreas e uma distribuição ao acaso de magnetita e ilmenita. Esses dados foram interpretados com auxílio de mapeamento geológico, elaborado em escala 1 : 30.000 e apresentado na escala 1 : 60.000, que poderá ser de grande utilidade para futuras prospecções na área estudada.

Os pegmatitos são do tipo ácidos complexos. Apresentam zoneamento não distinto embora sejam bem evidentes seus estágios magmático e hidrotermal. Possuem idade pré-cambriana e são formados a profundidades pouco superiores que 7 km.

Corpos de dimensões limitadas de granitos e granodioritos, intrusivos em rochas gnáissicas e anfíbolíticas, foram relacionados com o magma que deu origem aos pegmatitos.

Estes, na grande maioria, são cortados atualmente pela erosão ao nível da zona de maior atividade das soluções hidrotermais, gradando para níveis mais próximos das fontes pegmatíticas, sendo ausentes os de fluorita e de minerais gemas.

É possível reconhecer as diferentes fases da evolução geoquímica dos pegmatitos da região, conforme os conceitos de Ginzbourg. Essa evolução é corroborada por estudos mineralógicos.

2. INTRODUÇÃO

O distrito pegmatítico de São João del Rei constitui-se atualmente na maior fonte de minérios de tântalo que o país possui. Até a descoberta dos depósitos de cassiterita do Território Federal de Rondônia, proveio daquele sítio a quase totalidade do estanho produzido pelo Brasil.

Muito embora a descoberta de cassiterita na região tenha atraído a atenção de vários pesquisadores, a grande maioria se deteve em estudos dos concentrados de algumas jazidas, ou em métodos de lavra e beneficiamento ou ainda discutindo problemas atinentes a metalurgia dos concentrados estaníferos.

Da mesma forma, os trabalhos existentes sobre a geologia da província, ou tratam de particularidades de algumas jazidas, sem entretanto encaixá-las no contexto geral e tirar conclusões amplas, ou estudam somente as relações litológico-estratigráficas, não entrando em consideração sobre a existência dos pegmatitos.

O distrito pegmatítico, objeto deste trabalho, localiza-se a sudeste do Estado de Minas Gerais, abrangendo uma dezena de municípios que tem como centro regional São João del Rei. (fig. 1).

A faixa na qual estão contidos os pegmatitos estende-se por aproximadamente 80 quilômetros, indo desde o município de Itutinga até as proximidades de Lagôa Dourada, segundo direção NE, concordante com a estrutura regional, ocupando uma área aproximada de 2.000 quilômetros quadrados.

Devido ao crescente interesse por minerais tantalíferos, impulsionado em grande parte pelo avanço tecnológico da indústria aeronáutica, tornou-se conveniente um conhecimento mais amplo das condições de ocorrência e gênese dos pegmatitos do distrito, bem como as correlações com outros distritos conhecidos ou a se conhecer.

Do ponto de vista econômico, as conclusões sobre a origem dos pegmatitos, obtidas através do estudo mineralógico da fração pesada, das observações de campo e da análise de tendências revelada por computador, poderão ser importantes na prospecção

de novos pegmatitos da área estudada.

Um ponto ao qual se deu muita importância durante os trabalhos de campo, foi o referente à amostragem da fração pesada dos pegmatitos em exploração. Grande parte deles são do tipo complexo e, em assim sendo, sua composição mineralógica varia de pendendo da zona em que se está trabalhando.

Por ocasião da amostragem, todos os cuidados foram tomados para que a fração coletada representasse fielmente o corpo, visto que, com raras exceções, a lavra se dá por desmonte hidráulico, ficando a descoberto apenas a frente atacada, mascarando o restante do corpo e dificultando grandemente uma melhor compreensão da zona amostrada.

Os dados obtidos permitem caracterizar a província pegmatítica, contribuir para sua gênese e para prospecção de novas ocorrências na área.

Este trabalho não encerra o estudo da região. Principalmente do ponto de vista mineralógico, é necessário efetuar estudos mais pormenorizados com vistas a contribuir de maneira enfática, para com o geoquimismo fundamental dos processos pegmatíticos.

A confecção do mapa geológico (fig. 2) se fez necessário em vista das grandes discordâncias existentes entre mapas de vários autores e até em trabalhos de épocas diferentes do mesmo autor.

O propósito da carta geológica apresentada, foi o de verificar as relações existentes entre os pegmatitos e as encaixantes.

Em virtude da escala em que o mapa é apresentado, seria necessário um detalhamento geológico da região, com o objetivo de se encontrar soluções para certos pontos pendentes.

3 - METODOLOGIA

3.1. AMOSTRAGEM

A amostragem de pegmatitos em exploração foi feita nas frentes de trabalho, obtendo-se em tórno de um quilograma de concentrado de bateia, que representasse estatisticamente o corpo. O número de amostras de bateia por corpo amostrado variou em função das dimensões e geometria dos mesmos. Nos casos em que havia concentração do tipo "sluicing malaio", obteve-se também amostras, na sua saída a intervalos regulares.

Amostrou-se na fase inicial desta pesquisa vários pegmatitos que ocorrem em cortes de estradas, ao longo de ribeirões e córregos e como corpos aflorantes. Neste caso retirou-se uma porção que variou de 200 a 1000 Kg de pegmatito alterado, dependendo da concentração. Este material foi posteriormente bateado, afim de se obter o concentrado pesado, conhecendo-se assim o teor de minerais pesados, em gramas por tonelada de pegmatito.

Em alguns casos, obteve-se, com sucesso, de pequena profundidade, amostras de pegmatitos retiradas a trado em locais as sinalados no mapa Geológico da Quadrícula de Cassiterita como vestígios de pegmatitos. Esses vestígios consistem em formigueiros, nas quais se observou a presença de argila branca e plaquetas milimétricas de muscovita. Existe na região uma formiga denominada Correição, que traz material de até 10 m de profundidade, fato êsse que auxiliou bastante a prospecção de novos pegmatitos. Em alguns destes casos, entretanto, a amostragem a trado mostrou-se inócua pelo fato da sondagem não atingir o pegmatito ou de o mesmo ser de dimensões reduzidas ou ainda de atitude desfavorável.

3.2. TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

As amostras de concentrados de minerais pesados foram submetidas a dois processos principais:

No primeiro caso, os concentrados sofreram o seguinte tratamento:

- a) separação por bromofórmio
- b) separação da magnetita com imã na mão

c) separação eletromagnética na Usina de Separação do DNPM situada na Estação de Nazareno, que permite a obtenção das frações: magnetita-maghemita, ilmenita e tantalita-columbita.

d) separação eletrostática do resíduo anterior para obtenção das frações: cassiterita, microlita e areia quartzosa.

Após alguns ensaios preliminares que consistem na variação das constantes elétricas e velocidade da correia dos separadores eletromagnéticos e eletrostáticos, o tratamento do item c adquire uma boa reprodutibilidade, servindo de base para a avaliação econômica do pegmatito.

Com objetivos de estudos mineralógicos, partes das amostras de bateia foram submetidas a separações mais cuidadosas em laboratório. Estas separações obedeceram a seguinte sequência:

a) análise granulométrica, subdividindo as amostras nas seguintes frações: > 16 mesh, 16-30 mesh, 30-60 mesh, 60-100 e < 100 mesh.

b) separação gravimétrica com bromofórmio de cada uma das frações anteriores.

c) separação magnética com imã de mão para retirada de magnetita, maghemita e intercrescimentos magnetita - ilmenita.

d) exame do material sob lupa com aumentos variando de 12 a 60X e separação manu-visual dos minerais para exames mineralógicos.

3.3. ESTUDOS MINERALÓGICOS

A seguir são descritas as técnicas usadas no estudo mineralógico:

Difração de raios X - foram usados para a identificação dos minerais, diagramas de pó, (método fotográfico) obtidos em câmaras do tipo Debye - Scherer, modelo Buerger de 114,6 mm de diâmetro (Azaroff e Buerger, 1958). Foi também usado um aparelho de difração marca Norelco, provido de goniômetro e detector de cintilação para obtenção de difratogramas.

Medidas de índices de refração, caráter e sinal ópticos, pleocroísmo e outras propriedades ópticas foram tomadas a partir de montagens sedimentológicas quando a granulometria era adequada. Confeccionaram-se também lâminas delgadas e secções polidas dos grãos maiores, bem como das amostras de rochas e de núcleos inal-

terados de pegmatitos. Os índices de refração foram determinados, por imersão com auxílio de bateria Cargille, série M, sob controle de refratômetro tipo Abey.

Para determinação de peso específico de alguns minerais utilizou-se de picnômetro de 10 cm³ e balança analítica (com precisão de 0,0005 g).

3.4. ANÁLISES QUÍMICAS

Nas determinações quantitativas de Nb, Ta, Sn, Ti, Fe e Ba, foram utilizados vários processos: espectroscopia de raios X fluorescentes, fluorescência de raios X com excitação radioscópica e análise por ativação.

No primeiro caso as dosagens de Nb, Ta, Sn, Ti e Fe dos concentrados minerais foram executadas pelo método misto de uniformização do coeficiente de absorção e de padrão interno. Como material uniformizante empregou-se BaCO₃ e como padrão interno uma mistura de CuO e MoO₃. As amostras foram previamente secas a 110°C por uma hora, após o que foram misturadas na seguinte proporção: 0,5 g de amostra, 5,5 g de BaCO₃, 0,1 g de CuO e 0,1 g de MoO₃.

Utilizou-se as seguintes raiais analíticas: TaL α , NbK α , TiK α , SnL α , com emprego adequado de radiações para corrigir o efeito matriz.

O equipamento usado foi o espectrógrafo Philips, tipo PW 131 0 de 1 KW, detector de cintilação e cristal analisador de LiF.

Outro processo de que se lançou mão para a obtenção de análises foi o da fluorescência de raios X com excitação radioscópica.

A metodologia seguida foi a de dupla diluição com padrões sintéticos, empregando-se H₃B₃ como diluente. As fontes de excitação consistiram dos elementos emissores Am²⁴¹ e Fe⁵⁵, com detector especial Ortec de Si/Li em equipamento multicanal Northern do I. E. A.

Foi ainda empregada a Análise por Ativação de Neutrons para dosagens de Ta, Nb, Sn e Fe dos concentrados de pegmatitos.

O equipamento de contagem de radiação utilizado foi o mesmo Multicanal Nothern, só que neste caso o detector consistiu de um cristal de Ge/Li.

3.5. OUTROS

Achou-se conveniente descrever os procedimentos em é todos de levantamento geológico, bem como os que nortearam o estudo do "trend surface analysis" nos seus respectivos capítulos visando facilitar leitores com eventuais interesses dirigidos.

4. TRABALHOS PRÉVIOS

O primeiro trabalho sobre a geologia da região de São João del Rei foi publicado por Erichsen (1929) em que este autor classifica as rochas da região como pertencentes a várias idades: Arqueano (gnaisses, xistos cristalinos e granitos), Algonquiano - Série Minas (mica xistos e calcários), Cambriano - Série Lavras (quartzitos e arenitos conglomeráticos) e não descriminado (quartzitos e xistos).

Rolff (1945, 1947, 1952, 1953 e 1957) trata de aspectos particulares de pegmatitos em fase de pesquisa tais como: forma, dimensões e cubagem dos corpos de minério, exceção feita aos trabalhos de 1952 e 1957 em que o autor faz considerações sobre a geologia da região.

Guimarães (1948) apresenta alguns aspectos mineralógicos, bem como sobre a forma, tamanho e orientação dos corpos pegmatíticos de Volta Grande, classificando-os como Pré-denovianos.

O mesmo autor (1950) estudando a jazida de Volta Grande e proximidades formula várias hipóteses para explicar o aparecimento dos pegmatitos. Deste trabalho consta ainda uma descrição dos minerais que ocorrem nos pegmatitos da Volta Grande, seguindo em linhas gerais, o que já dissera em Guimarães (1948).

Belezkij (1956) apresenta um mapa geológico de parte da região pegmatítica e, através de estudos petrográficos, discute aspectos genéticos, tectônicos e geocronológicos (halos pleocróicos) das rochas da região. Afirma que os anfibólios xistos tiveram duas origens. Um primeiro grupo se formou a partir de rochas basálticas e outro a partir de um sedimento composto de materiais detríticos e tufos vulcânicos. Ainda a partir das observações petrográficas observa que existiram na região três ciclos de granitização: Huroniano, Penoqueano e Caledoniano. Considera os pegmatitos de idade Penoqueana introduzidos em fraturas Huronianas. Afirma ainda existirem pegmatitos potássicos da idade Caledoniana que cortam os considerados Penoqueanos. Em seguida diz "a idade dos pegmatitos potássicos já foi determinada pelo Prof. Djalma Guimarães, como sendo Caledoniana (375 m. a.)".

Ebert (1956) apresenta um mapa geológico da região de São João del Rei, agrupando as rochas da região segundo formações, discutindo aspectos genéticos e eventos tectônicos que atuaram sobre elas. A coluna estratigráfica apresentada pode ser resumida em: Rochas de idade "Arcaica" (granitos, trondhjemitos e migmatitos). Formação Barbacena (anfíbolitos, gnaisses, quartzitos e rochas básicas). Formação Lafaiete (mica xistos, quartzitos, ultrabásicos e carbonatos de mangânes). Série Minas (quartzitos e xistos). Formação Tiradentes (quartzitos). Formação Carandaí e Barroso (filitos, metagrauvacas e calcários). Formação Prados (metassiltitos), todas de idade Pré-Cambriana.

O mesmo autor (1958) se detém na discussão da Formação Prados, discordando das idéias de Leonardos (1940) e propondo uma modificação na subdivisão das unidades geológicas. Ao mesmo tempo reclassifica a litologia daquela formação.

Dorr et al (1958) no trabalho sobre as jazidas de manganês do Estado de Minas Gerais discorre rapidamente sobre alguns aspectos geológicos da região.

Ebert (1963) discute a geologia da região e descreve a "Formação Lafaiete" situando-a estratigraficamente em relação às outras formações presentes de modo análogo que em Ebert (1956) e trata de aspectos tectônicos e estruturais relacionados.

Heinrich (1959) e (1964) estudando os mesmos pegmatitos de Volta Grande, reconheceu neles duas gerações classificando-os como pré-tectônicos e pós-tectônicos. Os primeiros tem como acessórios: cassiterita, columbita e microlita; e os segundos: cassiterita, tantalita, microlita e espodumênio. Afirma que os do tipo sem espodumênio não são zonados e os com espodumênio dividem-se em: (a) com zoneamento rudimentar; e (b) unidades não zonadas de textura e granulometria diferentes, mas idêntica mineralogia.

Acredita Heinrich que este último tipo é resultante de injeções interrompidas de múltiplas gerações do magma pegmatítico.

Autores entre os quais se destacam Rolff (1947a, 1948a, 1951, 1952a e 1959); Paiva (1946); Leonardos (1953); Guimarães (1956, 1956a e 1957); Martin (1962), teceram considerações a respeito de aspectos particulares, sem grande importância para o presente trabalho.

5. GEOLOGIA

5.1. ASPECTOS GEOGRÁFICOS E GEOMORFOLÓGICOS

A região estudada localiza-se a sudoeste do Estado de Minas Gerais, abrangendo uma dezena de municípios tendo como centro regional São João del Rei. (Fig. 1).

A área mapeada consiste num retângulo de lados maiores de 75 km de extensão, direção EW situados entre as latitudes $20^{\circ}54'$ e $21^{\circ}17'$ S; e, lados menores de 45 km, direção NS e situados entre os paralelos $44^{\circ}02'$ e $44^{\circ}45'$ W. (Fig. 2).

Grande parte da área é constituída por relêvo suave com montanhas de formas arredondadas, bem trabalhadas pela erosão. Os vales são bem abertos e os rios e ribeirões são largos e pouco profundos, formando uma drenagem local em "leque". Suas altitudes variam de 800 a 900 m. São áreas onde predominam rochas do tipo filito, anfibolito, anfibólio xisto e calcários.

Nas regiões granito-gnáissicas mais antigas predominam feições de um relêvo maduro e peneplanizado, sulcado por boçorocas que podem atingir até 1 km de extensão (Foto 2). A altitude média dessas áreas é de 1000 m e a drenagem local é dendrítica.

Distinguindo-se bem dessas duas feições existem serras como as do Lenheiro, de São José e do Bonsucesso que se sobrepõem de 300 a 600 m do nível do Rio das Mortes, atingindo altitudes entre 1200 e 1400 m (Foto 1). Quando essas elevações possuem substrato gnáissico, granítico ou granodiorítico elas são mais extensas, porém menos elevadas do que as de substrato quartzítico (São José) e itabirítico (Bonsucesso).

A drenagem da região é, direta ou indiretamente, controlada pelo Rio das Mortes, que corta a área estudada de leste para o oeste seguindo a direção da xistosidade ou gnaissificação (NE), havendo no entanto, algumas inversões. Entre São João del Rei e Riatópolis, seu curso assume a direção NW, talvez explicado por uma zona de fraqueza mascarada completamente pelo intemperismo, já comentado.

O clima da região estudada situa-se entre temperado e subtropical. Durante o verão, a temperatura alcança valores elevados e cai a poucos graus positivos nos meses de junho a agosto.

LOCALIZAÇÃO

Fig.-1-

FOTO 1 - Aspecto da morfologia da região situada a sul da cidade de São João del Rei. Foto tomada do braço sul da Serra do Lenheiro. Em primeiro plano vê-se quartzitos da Série Itacolomi e ao fundo filitos da Formação Carandaí, com topografia pouco movimentada.

FOTO 2 - Vista de uma boçoroca antiga situada na rodovia São João del Rei - Barbacena, nas proximidades de Tiradentes.

À noite, não raramente, durante estes meses, a temperatura cai a zero graus centígrados ou pouco menos. As chuvas caem preferencialmente entre os meses de novembro e março com quase noventa por cento do total de precipitação que oscila em torno de 1300 mm por ano. Os demais meses do ano são bastante secos, principalmente entre junho e setembro.

A vegetação que cobre a região é constituída de campos sujos e serrados semelhantes aos existentes na região do Brasil Central. Em algumas áreas desenvolve-se atividade pecuária rudimentar com formação de pastos.

O intemperismo atinge geralmente, grandes profundidades. Pôde-se constatar em vários locais da região, principalmente em minerações e baçorocas que este é bem superior a 50 metros de profundidade (Foto 4). Em Morro da Mina, próximo a Lafaiete, a nordeste de Lagôa Dourada, próximo da área estudada, verificam-se os efeitos do intemperismo até 165 metros da superfície (Dorr et al, 1958).

Esse fato se deve à circulação profunda de águas meteóricas causada pela alternância anual de estações quentes e frias bem extremadas, aliada a uma distribuição bem acentuada das chuvas nas estações.

Os afloramentos na área estudada são escassos e mal distribuídos e encontram-se em grande número nas áreas serranas formadas por quartzitos, itabiritos, gnaisses graníticos e granodioritos. Nesses tipos litológicos os afloramentos estão bem preservados e pouco alterados, sendo facilmente encontrados em cortes de estradas, ao longo da drenagem ou formando "serras" e morretes isolados que sobressaem na topografia.

Nas áreas de ocorrência de anfibolitos, anfibólitos, xistos, xistos e filitos são raros os afloramentos e quando encontrados a grande maioria está intensamente intemperizada tornando difícil a distinção entre os diferentes tipos litológicos.

5.2. GEOLOGIA

5.2.1. Generalidades

O presente mapeamento geológico abrange uma área

de aproximadamente 3300 km^2 tendo sido efetuado sobre uma base topográfica na escala de 1:50.000, por redução das folhas planimétricas de 1:20.000, executada pela PROSPEC S/A. para o Conselho Nacional de Pesquisas.

Durante os trabalhos de campo, os afloramentos visitados foram locados em fotografias aéreas da LASA na escala de 1 : 30.000, e posteriormente transpostos às folhas planimétricas.

A área mapeada consiste de um retângulo com a maior dimensão de 75 km na direção E-W e a menor de 45 km com direção N-S (Fig. 2).

Os tipos litológicos encontrados foram grupados da seguinte maneira : gnaisses graníticos, anfibólio xistos, xistos, granitos, quartzitos, filitos, calcários e intrusivas básicas.

A delimitação dos contatos entre as diversas unidades litológico - estratigráficas não pôde ser verificada no campo, nem mesmo através de fotografias aéreas, em razão da espessura do manto de intemperismo que cobre praticamente toda a área (Foto 3).

Um procedimento auxiliar muito importante durante os trabalhos de campo foi a verificação da natureza do solo. Em regiões cujo substrato é formado por anfibólio xistos, o solo se apresenta com coloração vermelha escura devido a porcentagem elevada de óxidos de ferro provenientes da alteração dos máficos originais. Além da coloração, esses solos apresentam textura peculiar constituída de uma matriz argilosa predominante e de grãos de quartzo de dimensão entre areia fina e silte.

Nas áreas de domínio de granitos e gnaisses os solos são em geral mais claros. Entretanto, existem locais em que a sua coloração é semelhante à dos anfibólio xistos. Nesses casos, a distinção pôde ser feita baseada nas dimensões bem maiores do quartzo presente.

Os pegmatitos da região estudada estão encaixados em rochas metamorfizadas de idade pré-cambriana representadas principalmente por gnaisses graníticos, granitos, anfibólio xistos e anfibolitos. (Foto 4).

No campo, salvo em alguns cortes de estradas de ferro e em algumas minerações, não se pode observar o caráter intrusi

FOTO 3 - Vista de uma malha de poços de pesquisa. Os pontos em branco são poços que atingiram o pegmatito alterado, apresentando a forma aproximada de V. Área de concessão da Cia. de Estanho São João del Rei, Distrito de Mercões de Água Limpa.

FOTO 4 - Aspecto parcial de pegmatito da Volta Grande (Cia. de Estanho São João del Rei). Nota-se em primeiro plano, à direita do veio, um bloco de anfíbolito. Ao fundo se vê um trator de lâmina acoplado a um "scraper" lavrando o corpo. Observa-se ainda a espessura da camada intemperizada.

vo dos granitos bem como as feições dos anfibolitos. Na Mina da Serra, por exemplo, foi notada a presença de vários diques de anfibolito, já bastante decompostas, cortando discordantemente o gnaiss granítico. Na Mina do Paiol foram observados vários afloramentos de granito, entretanto sem continuidade fora da área da mina.

Esses fatos aliados a grande dificuldade de se conseguir diferenciar rochas graníticas de caráter intrusivo das do complexo granito gnáissico, assim como anfibolitos de anfibólio xistos, nas escalas em que os mapas são apresentados, julgou-se por bem grupá-las nas mesmas unidades lito-estratigráficas, muito embora isto não signifique que tenham a mesma idade. Os locais, onde se conseguiu caracterizar perfeitamente um determinado tipo litológico em afloramentos favoráveis, secundados por estudo petrográfico, foram assinalados nos mapas geológicos.

5.2.2. Rochas do Complexo Granito-Gnáissico

Os gnaisses de composição granítica tem larga distribuição na região mapeada ocupando cerca de 50% de sua área.

Apresentam gnaissificação segundo direção predo - minantemente nordeste (N - 40 a 80 E) com poucas variações locais e mergulhos ora para o norte, ora para o sul, formando uma sequência de sinclinais e anticlinais.

Devido a impossibilidade de separar-se no campo os gnaisses mais antigos das rochas de caráter intrusivo, tais como granitos, adamellitos, granodioritos, dioritos, e quartzo dioritos, tôdas elas foram grupadas na mesma unidade.

Verificou-se a presença destas intrusivas em vários pontos da área mapeada. Na fazenda Pouso Alegre, município de São Tiago pôde-se observar em afloramento ali existente, uma rocha de composição adamellítica com xenólitos de gnaiss granítico de coloração cinzenta e granulação fina. O mesmo foi observado em alguns afloramentos da Serra de Santa Rita e nas proximidades do Rio Grande, a sudoeste da área mapeada.

Uma datação realizada por Cordani et al (1972) no Centro Paulista de Geocronologia, de amostra de gnaiss granítico das proximidades de Barbacena, a leste da região estudada, revelou a idade de 2800 M.A., que os autores acreditam ser ainda mais antiga. Esta rocha é correlacionável aos gnaisses da área em aprêço,

pois há total similaridade petrográfica e faz parte da mesma faixa gnáissica.

Quanto à idade das intrusivas, até o momento não se dispõe de dados seguros para situá-las na coluna estratigráfica, pelo que são colocadas à parte no mapa apresentado (fig. 2).

Macroscopicamente os gnaisses apresentam cor cinza clara, granulação variável de fina a média e nítida orientação.

Microscopicamente apresentam, via de regra, textura granoblástica ou cataclasada.

Pode-se observar plagioclásios do tipo oligoclásio ou termos próximos que apresentam, em geral, geminação albita recurvada e fraturamento nos bordos dos grãos maiores preenchido por muscovita fina (sericita). Esse fraturamento parece ser tectônico. O plagioclásio constitui geralmente mais de 40% das amostras estudadas.

O quartzo apresenta extinção ondulante não muito pronunciada e os grãos são muito fraturados. Sua porcentagem varia de 15 a 20%.

Biotita ocorre parcialmente intercalada com epidoto perfazendo juntos de 10 a 20%. A muscovita é rara e aparece sob forma de pequenas plaquetas. Em alguns casos tem-se epidoto formado a partir do plagioclásio. Titanita parda, xenomorfa e apatita são sempre encontrados como acessórios.

Intrusivas adamellíticas foram notadas, entre outros pontos, na mineração do Paiol e a 4 km a sul da cidade de Cel. X. Chaves.

Em alguns afloramentos, observa-se nítida orientação desta rocha, tornando difícil sua diferenciação dos gnaisses graníticos mais antigos.

Macroscopicamente apresenta granulação fina e coloração cinzenta. Ao microscópio sua textura é equigranular por vezes orientada.

Sua composição mineralógica é a seguinte : microclíneo (30 - 40%), plagioclásio (20 - 30%), quartzo (20 - 30%), biotita (~ 10%) além de epidoto, titanita e muscovita que constituem os acessórios.

O microclínio mostra geminação periclínio bem desenvolvida e apresenta faixas de pertita (foto 5). O quartzo ocorre fraturado, com dimensões homogêneas e em geral com extinção ondulante. O plagioclásio é do tipo oligoclásio e está constantemente pontilhado de sericita. A biotita comum se apresenta isolada e caoticamente distribuída.

Os granodioritos não diferenciados no mapa em anexo, tem larga distribuição na área estudada, onde aparecem geralmente, com estrutura gnáissica. Foram observados, entre outros locais, nas vizinhanças de Dorés de Campo (Sudeste de Prados), nos municípios de Rezende Costa, Ritápolis e São Tiago, e na região entre Nazareno e Cassiterita.

Esses granodioritos diferem dos adamellitos tão somente nas porcentagens de feldspatos. O microclínio oscila entre 5 e 15% enquanto o plagioclásio (oligoclásio ou oligoclásio-andesina) varia de 30 a 40%. A quantidade de quartzo é variável e os minerais restantes são os mesmos e aproximadamente com iguais quantidades encontrados nos adamellitos.

Dioritos e quartzo dioritos formam uma unidade a parte dentre as intrusivas e receberam a denominação genérica do segundo, pela sua grande preponderância. Na região mapeada, sua presença foi constatada na Fazenda Olaria município de Cel. X. Chaves; na estrada São João del Rei - Emboabas, próximo a ponte sobre o Ribeirão do Peixe; e, nas proximidades da estação de Ibituruna.

Macroscopicamente estas rochas se apresentam com coloração cinzenta, textura porfiróide (nos termos gnáissicos a textura é mais homogênea) e são frequentemente cortadas por veios de quartzo, sem orientação preferencial.

Nas seções delgadas estudadas a textura predominante é granoblástica. Parte do plagioclásio (oligoclásio) de algumas lâminas mostram-se saussuritizados, quando não, aparecem em grãos xenomorfos (Foto 6). Perfazem ao redor de 60% da rocha. Quartzo apresenta-se em grãos de contornos irregulares exibindo ou não extinção ondulante, num total aproximado de 15%. Os máficos (~20%) são: hornblenda em grãos idiomorfos e parcialmente cloritizada; e, biotita que se associa a clorita e a epidoto. Apatita e titanita aparecem como acessórios mais comuns. A titanita

ocorre em grãos irregulares e fraturados, por vezes idiomorfos e está associada a biotita e hornblenda. Em amostras de Ibituruna foi notada a presença de allanita com halos pleócroicos (Th), apresentando como a titanita contôrno metamórfico (Foto 7). Apatita incolor está presente com poucos grãos esparsos.

Cumpre ressaltar ainda a presença de migmatitos observados em afloramento à beira da estrada S. J. del Rei - Cajuru, a aproximadamente 6 km desta última e noutro a 5 km de Lagoa Dourada na rodovia que a liga a São João del Rei. Em ambos os casos estes migmatitos se apresentam de modo semelhante, tanto na orientação (N 40 - 60 E com caimento para Sul) como petrograficamente.

O paleossoma é geralmente mais desenvolvido e constitui-se predominantemente de: hornblenda, clinozoisita e plagioclásio (oligoclásio-andesina) por vezes sericitizado. No neossoma encontram-se em ordem decrescente de abundância: microclínio, plagioclásio (oligoclásio), quartzo, biotita, muscovita e titanita. Percebe-se que a rocha foi submetida a esforços, uma vez que, ao redor dos grãos maiores, notam-se fragmentos reduzidos do mesmo material, além do quartzo que mostra forte extinção ondulante.

As rochas do Complexo granito gnáissico acham-se bastante movimentadas com dobramentos que variam de poucos centímetros, (notados em vários afloramentos) a quilométricos (observados indiretamente, através dos dados de geologia lançados em mapas).

Quanto aos falhamentos presentes nesses tipos litológicos, as observações de campo são bastante escassas, sendo notados apenas localmente, porém, sem mostrar continuidade.

Observações em fotografias aéreas mostraram-se improdutivos com respeito às feições estruturais, em vista da espessa capa intemperizada ter mascarado completamente as estruturas das rochas subjacentes.

Não foram verificados os falhamentos citados por Belezkij (1956) como também não verificou Heinrich (1964).

5.2.3. Anfibólio Xistos e Anfibolitos

Os anfibolitos e anfibólio xistos foram grupados nos mapas na mesma unidade em razão da similaridade mineralógica e

das íntimas relações estruturais existentes entre ambos.

Existem na região, duas faixas principais de domínio dessas rochas. A mais extensa se estende desde as proximidades de Ibituruna até o município de Cassiterita, sendo intercalada por rochas de composição granítica (s.l.) formando "ilhas" em seu interior. É nessa faixa que se concentra o maior número de afloramentos de pegmatitos, objeto deste estudo.

A segunda faixa anfibolítica em importância, situa-se nas proximidades da cidade de Cel. Xavier Chaves, a sul de Rezende Costa. Nesta não foram observados intercalações de corpos graníticos.

Em ambas faixas existem pequenas lentes de xisto do tipo queluzito.

Uma terceira lente, de importância e dimensões secundárias ocorre em contato com o flanco norte da Serra do Lenheiro, com bons afloramentos no Orfanato Salesiano próximo a S.J. del Rei e outros na estrada S.J. del Rei - Ritópolis, próximos ao entroncamento de Caburu.

Foi ainda verificada uma quarta faixa, a poucos quilômetros a norte da cidade de Bonsucesso, tendo seu maior desenvolvimento para oeste, já fora da área mapeada.

Pequenas lentes de anfibólio xistos ou diques de anfibolito aparecem esparsos encaixados em gnaisses graníticos ou em xistos da Série Pré-Minas, com extensões variando de poucos a centenas de metros. No mapa regional foram assinalados alguns pontos em que foram encontradas estas pequenas lentes.

Possíveis discordâncias entre o pacote anfibolítico e os gnaisses indiferenciados não puderam ser verificadas na região mapeada. Foram, no entanto, encontradas algumas exposições que permitiram concluir serem os gnaisses mais antigos que os xistos básicos. Na Mina da Serra foram observados quatro diques de anfibolito parcialmente alterados, paralelos entre si, com espessura de aproximadamente 2 a 3 metros, cortando discordantemente o gnaisse granítico local. A direção desses diques é aproximadamente E - W com mergulhos variando de vertical até 60° S. Mais adiante outras considerações serão feitas com respeito a esses diques.

FOTO 5 - Adamellito - Proximidade da pon
te sôbre o Rio Carandaí na estrada S. João
del Rei - Cel.X. Chaves.

Microclinio pertitizado com inclusão de grão
de quartzo. Ao lado aparece plagioclásio ge-
minado, pontilhado de sericita em contato com
muscovita. Nicóis cruzados , Aumento $\approx 140 X$

FOTO 6 - Quartzo diorito - Distrito de Em
boabas, proximo à ponte sobre o ribeirão
do Peixe.

Cristais de plagioclásio geminados e saussu-
ritizados. Entre os grãos geminados, apre-
sentando coloração clara, nota-se plagioclá-
sio secundário não geminado.

Nicóis cruzados - Aumento $\approx 340 X$

FOTO 7 - Quartzo diorito - Proximidades da Estação de Ibituruna.

Cristais de titanita (3) mais escuros, apresentando contorno metamórfico, associados a hornblenda.

Nicois paralelos - Aumento $\approx 340 \times$

FOTO 8 - Quartzo muscovita xisto - Estrada Ibituruna - Bonsucesso a aproximadamente 1,5 km da ponte sobre o Rio das Mortes.

Grãos orientados de quartzo apresentando textura pavimentosa e muscovita alinhada segundo direções quase perpendiculares.

Nicois a 60° - Aumento $\approx 140 \times$

Na fazenda Mato Virgem, município de Cel.X.Chaves notou-se a presença de um dique de anfibolito, concordante com a direção do anfibólito xisto próximo, porém, cortando o gnaiss granítico, em exposição não tão nítida quanto a anterior.

Os anfibólitos mostram, na quase totalidade das lâminas petrográficas estudadas, grande homogeneidade quanto a composição mineralógica.

A hornblenda e o plagioclásio (em geral oligoclásio andesina, e albita em algumas amostras como as das proximidades da Serra de Ibituruna) perfazem um total aproximado de 80 a 85% da rocha. A granulação do plagioclásio oscila entre 0,1 e 0,5 mm enquanto o anfibólito varia de 0,3 a 0,7 mm. Frequentemente o plagioclásio não exhibe geminação, mas alguns cristais apresentam-na segundo a lei do Periclínio e em menor proporção segundo Albita.

Quartzo ocorre subordinadamente ora em grãos fraturados ora em grãos límpidos, dependendo da localização, nunca ultrapassando 5%.

Os acessórios são constituídos frequentemente por titanita e alguns opacos. Notou-se que nas proximidades dos corpos pegmatíticos, epidoto do tipo clino-zoisita ou pistachita, ocorre em maiores quantidades, (Mato Virgem, Cascalho Preto, etc.).

Os anfibólitos, sob a forma de diques, acompanham as direções dos anfibólitos tendo, no entanto, mergulhos ora concordantes, ora discordantes.

Devido a alteração bastante pronunciada não foi possível observar relações entre os anfibólitos e as demais rochas do pacote regional. Raros foram os casos de amostras com alto grau de sanidade, aparecendo frequentemente muito epidotizadas e sericitizadas.

Numa secção delgada de amostra de anfibolito não muito alterado da Fazenda Mato Virgem pôde-se observar textura granomematoblástica, sem orientação perceptível macroscopicamente.

O plagioclásio é pouco geminado e se apresenta com grãos límpidos e equidimensionais oscilando entre 0,1 e 0,1 mm. Por vezes nota-se geminação segundo a lei do Periclínio. A hornblenda se apresenta geralmente em grãos xenomorfos ou então com bordos corroídos ou irregulares, com granulação entre 0,5 a 1,5 mm, perfazendo em conjunto com o plagioclásio, aproximadamente

90% da lâmina. Epidoto (clinozoisita) e titanita xenomorfa, em cristais fraturados completam o restante da paragênese.

Próximo à cidade de Nazareno, em local assinalado no mapa, aflora um anfibólio xisto que difere dos tipos descritos anteriormente. Além da hornblenda, quartzo e plagioclásio apresenta um mineral de granulação bastante fina (Serpentina ou clorita ?) , que rodeia a hornblenda e preenche os espaços existentes entre os grãos de quartzo e os vazios de um mineral que foi removido (piro-xênio ?) perfazendo um total aproximado de 25% da secção estudada. Ao microscópio a textura é granoblástica.

Provavelmente não existe relação genética desta rocha com os anfibólio xistos e anfibolitos encontrados nos demais lo - cais, muito embora, não se pudesse definir com segurança suas con - dições de formação.

Estruturalmente os anfibolitos (s.l.) mostram-se o - rientados segundo N - 70-80 E na faixa de Ibituruna-Cassiterita, ha - vendo uma inflexão para norte (N-40 E) nas proximidades da Serra do Lenheiro e da cidade de Cel.X. Chaves.

Os anfibólio xistos formam uma sucessão contínua de anticlinais e sinclinais, sem falhamentos notados. Talvez êsse fato se deva às exposições muito localizadas e esparsas e, como foi dito anteriormente, a não preservação das estruturas devido ao elevado intemperismo, que não permite uma interpretação fotogramétrica.

Ebert (1957) inclui as rochas de caráter anfibolítico e os para-gnaisses não discriminados na Série Barbacena de Barbo sa (1954). No presente trabalho não foi adotada aquela denominação por não se conseguir, no campo, separar do complexo granítico gnáissico, os para-gnaisses citados por Ebert. Todavia as evidên - cias já mencionadas, permitiram situar os anfibolitos estratigrâfi - camente acima das rochas do Complexo granítico-gnáissico, e abai - xo da formação xistosa. Nesta última verificam-se vários indícios, de que, parte dos sedimentos que a originaram, provieram dos an - fibolitos. (Horen, 1953 e Ebert, 1963).

5.2.4. Xistos

Os xistos considerados da Série Pré-Minas, acompa nam ligeiramente os anfibólio xistos em sua distribuição na área mapeada sob forma de lentes.

As duas maiores ocorrem ao longo dos flancos sul e norte da formação anfibolítica existente próximo a Cel.X. Chaves . Essas lentes estão orientadas aproximadamente segundo N - 50° E.

Foram ainda mapeadas outras seis lentes: no município de São Tiago, a sul de sua sede encontram-se quatro manchas mais ou menos equivalentes em área de exposição, e, aparecem ainda uma a leste de Ibituruna e outra próxima a Estação de Nazareno, que como as primeiras, estão em contato com rochas anfibolíticas, porém, de dimensões bem mais reduzidas.

Em todas elas, há mineralização de manganês, que é explorado em maior ou menor intensidade dependendo das reservas e do método de lavra empregado.

O tipo petrográfico mais comum entre os xistos que ocorrem nessas áreas é um quartzo biotita xisto. Microscópica - mente encontra-se presente o quartzo; plagioclásio (oligoclásio), que quando geminado o faz segundo a lei do Periclínio; biotita, em porfiroblastos orientados; hornblenda, em cristais idiomorfos, por vezes transformada em clorita; e, granada um pouco corroída. Os opacos, em quantidade reduzida, parecem ser magnetita e ilmenita.

A estrutura da formação xistosa segue, em grandes linhas, a das formações anteriores. Nas lentes maiores, encontra-se uma sucessão de anticlinais e sinclinais e, nas mais estreitas e alongadas, um ou outro tipo de estrutura com os eixos segundo a direção regional predominante.

Nas frentes de desmonte de algumas jazidas de manganês, consegue-se observar pequenos falhamentos (rejeito de poucos metros) paralelos ou sub-paralelos que se suspeita estejam ligados a outras de maior magnitude, porém não detetados.

Neste trabalho não foi adotado o nome Formação Lafaiete proposta por Ebert (1956), na qual aquele autor inclui tipos litológicos vários, como rochas anfibolíticas, cuja descrição petrográfica fornecida coincide perfeitamente com os anfibolitos descritos neste trabalho e considerados na formação sotoposta.

Além disso, não foram encontradas evidências de campo que permitissem subdividir os anfibolitos como tendo duas idades distintas e nem tal fato é citado em Ebert (1956 e 1963).

Dorr et al (1958) incluem na Formação Lafaiete os an

fibrolitos, quartzitos, meta-conglomerados, clorita, talco-xistos , etc, além dos mica-xistos mais abundantes, ressaltando porém, que a descrição é válida para as áreas do Quadrilátero Ferrífero e do distrito de Lafaiete, excluindo, talvez propositadamente, as do distrito de São João del Rei, também abrangidos por seu trabalho.

5.2.5. Quartzitos e micaxistos

A Série Minas é representada na região mapeada por quartzitos e micaxistos. A área de ocorrência destas rochas situa-se no extremo oeste do mapa geológico anexo, formando a Serra do Bonsucesso e a região noroeste da cidade de São Tiago, nas cabeceiras do Ribeirão do Macuco.

A porção dominada pelos quartzitos sobressai na topografia regional, formando serras estreitas e alongadas ressaltando-se até 300 m da altitude média local (Serras de Bonsucesso e Ibituruna, esta última já fora da área mapeada). A drenagem, que nas formações anteriores é do tipo dendrítico, neste caso passa a retangular.

Variações de textura e composição mineralógica são comuns nessa unidade. Encontra-se desde quartzitos puros em que se observa tão somente grãos de quartzo imbricados, com orientação visível macroscopicamente e granulação milimétrica, até itabiritos maciços em que a hematita predomina sobre o quartzo, (Foto 9) passando por quartzitos impuros de granulação grosseira com feldspato, muscovita e limonita.

Em secções delgadas observa-se o quartzo com extinção ondulante e grãos imbricados ou formando arranjos do tipo "mosaico".

Essas rochas apresentam-se bastante movimentadas, com fraturamento intenso, à primeira vista sem obedecer um padrão definido. Sua orientação segue aproximadamente a da serra, ou seja, direção N - 10° E com forte mergulho para sul, próximo a Ibituruna, infletindo aos poucos para leste até a extremidade norte, onde alcança valores de N - 40° E e mergulhos bem mais suaves, havendo inclusive algumas inversões, que se suspeita sejam locais.

A segunda unidade litológica pertencente à série Minas é um quartzo muscovita xisto, que acompanha paralelamente o quartzito formando o flanco oeste da Serra de Bonsucesso.

FOTO 9 - Quartzito itabirítico - Serra de Bonsucesso

Predominância de quartzo e hematita em leitos alternados. Quartzo aparece na foto com grãos claros e hematita em negro.

Nicois a 60% - Aumento $\approx 70 \times$

FOTO 10 - Serpentinito - Estrada São João del Rei - Ritópolis, logo após a ponte sobre o Rio das Mortes.

Serpentina (antigorita) substituindo "esqueleto" de antigos minerais (piroxênio?) em negro.

Nicois a 70° - Aumento $\approx 140 \times$

Possui mesma orientação que o quartzito, porém, apresenta caimento vertical.

Macroscòpicamente é uma rocha de coloração amarelo-avermelhada, textura xistosa e granulação fina. Ao microscópio o quartzo tem dimensão média de 0,1 mm, apresenta extinção ondulante, textura do tipo pavimentosa, e boa orientação devido a muscovita. Esta apresenta orientação em duas direções preferenciais, a quase 90° uma da outra, em finas lâminas formando microdobras (Foto 8). Biotita de coloração clara e clorita são encontradas raramente entre as placas de muscovita. Alguma turmalina incolor ou amarela esverdeada é vista entre os grãos de quartzo. A porcentagem de quartzo e muscovita é aproximadamente igual em todas as secções estudadas.

5.2.6. Quartzitos - Série Itacolomi

A Série Itacolomi é representada na região mapeada principalmente por quartzitos, secundados por metassiltitos e metaconglomerados.

Tem distribuição restrita à três serras, sendo as mais importantes: a Serra do Lenheiro, nos contrafortes da cidade de São João del Rei; e, a Serra de São José, nas proximidades de Tiradentes. Essas serras sobressaem mais de 400 m na topografia local, formando, por vezes, paredões abruptos e drenagem do tipo retangular. A terceira, de dimensões mais reduzidas, situa-se no município de Itutinga, próxima do Rio Grande.

As rochas da Série Itacolomi não apresentam aspecto homogêneo, notando-se diferenças texturais, estruturais e mineralógicas em vários pontos visitados.

Com respeito a textura, foram notados locais em que o quartzito se apresenta formado exclusivamente de grãos de quartzo de granulação homogênea, oscilando entre 0,3 a 0,5 mm. Devido a alta pureza, êsses locais são minerados e o material vendido para fábricas de vidro e cerâmicas como é o caso da Mineração Na. Sra. do Amparo, situada na Serra do Lenheiro. Em outros locais, nota-se granulação bastante variável, desde silte até areia grossa. Nesses casos aparecem como acessórios: muscovita, turmalina, apatita, etc.

Em vários pontos das Serras do Lenheiro e de São José, mais notadamente na Mineração N.º Sra. das Mercês, observa-se no quartzito marcas ondulares perfeitamente preservadas. Esta rocha exhibe certa quantidade de muscovita fina (sericita) que lhe dá boa elasticidade, paralelo a direção de xistosidade, assumindo o aspecto típico do itacolomito.

Vários níveis pouco espessos de conglomerados metamorfizados com seixos de quartzo, de quartzito pouco trabalhados e de rochas graníticas, foram observados tanto na Serra do Lenheiro como na de São José. Boas exposições desses níveis podem ser vistas próximo à Estação Rodoviária de São João del Rei e nas imediações de Águas Santas, flanco norte da Serra de São José.

Ao longo desse flanco, foi observado um quartzito de coloração cinzenta, granular e bem orientado. Ao microscópio, o quartzo se apresenta bastante fraturado, com forte extinção ondulante, sem mostrar imbricamento, sendo os espaços preenchidos por sericita e clorita. O tom cinzento é devido a matéria carbonosa disseminada (grafite?).

Uma outra exposição interessante foi verificada ao longo do topo da Serra de São José, que como a anterior, não apresenta marcas ondulares e tem como características macroscópicas: granulação fina e homogênea e coloração cinza-claro. Microscópicamente o quartzo perfaz 95% da rocha, em grãos levemente imbricados e fraturados, com dimensões variando entre 0,3 e 0,4 mm. Subordinadamente encontra-se muscovita em finas plaquetas orientadas. Cianita aparece em nódulos seguindo a orientação da rocha, perfazendo 2 a 3% de seu volume.

Supõe-se que a Série Itacolomi na região esteja dividida em três formações, à vista dessas diferenças. Não foram observadas discordâncias angulares entre as formações.

Na Serra de São José suas exposições se desenvolvem ao longo do eixo maior, apresentando-se estreitas e alongadas, mas na Serra do Lenheiro elas são transversais e equivalentes em área.

O terceiro corpo quartzítico da área próximo ao Rio Grande apresenta-se homogêneo, sem diferenças texturais ou petrográficas, assemelhando-se aos itacolomitos comuns.

Nas serras próximas a São João del Rei nota-se que os quartzitos estão assentados discordantemente sobre as rochas da Série Pré-Minas.

5.2.7. Filitos

A área de ocorrência de filitos perfaz aproximadamente 15 a 20% da região mapeada, estendendo-se de Prados a São Sebastião da Vitória, passando por São João del Rei e Tiradentes.

De acordo com Ebert (1956) esses filitos pertencem à Formação Carandaí, que inclui também metagrauvacas associadas, rochas essas não encontradas na área mapeada.

Os filitos da região são de difícil caracterização, tanto no campo como em laboratório, devido à decomposição bastante intensa a que foram submetidos. No entanto, a estrutura foi preservada em muitos casos.

Estratigraficamente a Formação Carandaí se sobrepõe aos quartzitos da Série Itacolomi em aparente concordância angular, com boas exposições no flanco sul da Serra do Lenheiro, parecendo por vezes ter sido depositada sem interrupção podendo-se pensar que ambas fazem parte de uma única formação.

Em grandes linhas os filitos seguem a direção regional, tendo caimento predominantemente para sul. Algumas inversões, tanto na direção como no caimento foram notadas e assinaladas no mapa regional.

Observaram-se em alguns cortes favoráveis, dobramentos e falhamentos que se supõe não possuam grande expressão. Num corte do novo acesso a São João del Rei, pelo bairro de Tejuco, a 3 km da cidade, nota-se uma falha de pequeno rejeito com direção N - 78° W, onde, tanto as camadas da capa como as da lapa mostram sinais de dobramento.

Petrograficamente pode-se classificar essas rochas como sericita filitos que apresentam, quando não alteradas, coloração cinzenta, maciez ao tato e boa orientação. Ao microscópio exibem textura lepidoblástica com predominância (90%) de muscovita finíssima (sericita = 0,03 mm). Os restantes 10% são ocupados por quartzo em aglomerados de cristais sub-milimétricos. Ocorrem ainda: opacos como limonita dispersa entre os leitos de sericita, e

magnetita. Turmalina aparece esparsamente em cristais idiomorfos quebrados. Nota-se ainda em várias secções a presença de matéria carbonosa entre as plaquetas de muscovita.

5.2.8. Calcários

Os calcários existentes na área estudada formam duas lentes principais e outras de tamanho bastante restrito. A lente maior situa-se a leste da região mapeada entre o Rio das Mortes e o Rio Elvas; e a segunda, em tamanho e importância, próximo a Tiradentes no local denominado Casa de Pedra, cujo nome provém do aspecto resultante da dissolução do calcário em fraturas, por ação de águas superficiais.

Outras ocorrências de menor expressão são encontradas: no início da estrada São João del Rei - Ritópolis, ao pé da Serra do Lenheiro; e, próximo às cabeceiras do Ribeirão Amaral, entre os distritos de Rio das Mortes e São Sebastião da Vitória.

Os calcários da região, descritos como pertencentes à Formação Barroso (Ebert, 1956), aparecem alternados com calco-xistos silicatados, com espessura variável entre poucos centímetros a centenas de metros. Pode-se observar, principalmente nas bandas mais xistosas, devido a mica presente, dobras do tipo isoclinal e planos de xistosidade irregulares.

Os termos calcários mais puros apresentam cores variando de cinza a preto. Em alguns locais a concentração diferencial da matéria carbonosa devido ao metamorfismo mais acentuado deu origem a um mármore com bandas claras e escuras. Sua granulação é fina ou média, sendo sempre bem orientados. Em secções delgadas a calcita é o carbonato predominante, perfazendo 98-99% da amostra com textura granoblástica. Quartzo e sericita completam o restante, com granulação bem fina.

Os calco-xistos, em geral, exibem granulação fina, cor cinzenta escura e orientação mais visível. Ao microscópio a calcita perfaz em média de 60 a 70%, flogopita em torno dos 10%, clorita (penina) entre 10-15%, quartzo aproximadamente 10%, aparecem ainda limonita, magnetita e grafita em quantidades variáveis conforme o local, porém nunca excedendo 3-4%. A calcita, os minerais micáceos e a grafita aparecem em leitos alternados de aproximada-

mente 1 mm cada, sendo o quartzo presente em todos eles com grnulação girando em tórno de 0,05 mm.

Nesses calcários não foi notada a presença de dolomita, mesmo nos termos mais carbonáticos, razão de sua utilização para a fabricação de cimento Portland (Cia. de Cimento Portland Barroso).

5.2.9. Intrusivas Básicas

Encontra-se na área mapeada rochas básicas de caráter intrusivo, embora afetadas por metamorfismo posterior.

A ocorrência principal dessas rochas se dá desde o distrito de Mercês da Água Limpa até a Serra de Bonsucesso, numa faixa aproximadamente paralela ao Rio das Mortes.

Estão encaixadas entre rochas anfibólicas e rochas do Complexo granito-gnáissico, sem, no entanto, se conhecer a idade da intrusão, razão pela qual foi colocada à parte da coluna estratigráfica no mapa geológico (Fig. 2).

Observa-se ao longo de toda a intrusão grande ho-mogeneidade mineralógica-petrográfica. Macroscopicamente apresenta-se de côr preta, hábito maciço, sem orientação. Microscopicamente exibem textura blastofítica, sendo constituída de: hornblenda (50%), em cristais xenomorfos de $\pm$ 1 mm de comprimento; plagioclásio, predominantemente labradorita; e, alguma andesina devido a transformação do plagioclásio em epidoto por metamorfismo. O plagioclásio apresenta-se ripiforme conservando a textura ígnea original, com cristais alongados e entrelaçados e tamanho semelhante ao da hornblenda, perfazendo aproximadamente 40% da rocha. Quartzo (3 - 5%) ocorre em pequenos grãos isolados e intercrescido com plagioclásio, formando pseudo-mirmequitas. Epítodo do tipo clino-zoisita está associado a hornblenda. Como acessórios são encontrados titanita e opacos (ilmenita ?).

Próximo a Estação de Ibitutinga, na margem direita do Rio das Mortes foi encontrado afloramento de rocha de coloração escura, hábito maciço e não orientada que ao microscópio revelou tratar-se de serpentinito com a seguinte composição: antigorita, aproximadamente 40%; cumingtonita, 30%; clorita, 20%; augita 5%; e, os restantes 5% constituídos por carbonatos secundários e opacos.

Esta rocha parece formar um dique encaixado em adamellito, tendo pequena dimensão visto que não foi encontrado nenhum indício que mostrasse continuidade fora do afloramento citado.

5.2.10. Aluviões

Depósitos recentes de aluviões são escassos na área em questão. Formam-se quase sempre nas confluências dos rios maiores ou nos sopés das serras. Em vista de sua pequena expressão e da escala em que o mapa geológico (fig. 2) é apresentado julgou-se prescindível o seu mapeamento. Na grande maioria são formados por depósitos de areia grossa impura e através de amostragem de bateia pôde-se constatar que não contém minerais úteis.

5.2.11. Pegmatitos

Os pegmatitos distribuem-se numa faixa que corta a região estudada de SW para NE, tendo aproximadamente 20 km de largura por 70 km de comprimento, estendendo-se do município de Nazareno ao de Rezende Costa, passando por Cassiterita, São Tiago, Ritópolis, São João del Rei e Cel. Xavier Chaves.

Êsses corpos são intrusivos em rochas do Complexo granito-gnáissico, em anfibólio xistos e em rochas graníticas.

Os pegmatitos encaixadas nos gnaisses são geralmente discordantes não obedecendo nenhuma orientação preferencial, enquanto que os intrusivos em anfibólio xistos, o fazem de modo concordante, pelo menos segundo a direção.

O tamanho dos pegmatitos da região é extremamente variável indo desde poucos metros até corpos com mais de 1 km, como Volta Grande. Os corpos considerados grandes possuem extensão superior a 100 metros e largura média superior a 5 metros.

A totalidade desses grandes pegmatitos apresentam forma (de diques) tabulares com caimento vertical ou próximo.

As apófises são geralmente discordantes dos corpos maiores aos quais estão ligadas, porém, tem entre si uma tendência ao paralelismo.

Nos raros casos em que se conseguiu obter amostras não totalmente alteradas, dos corpos pegmatíticos, pôde-se obser -

var que eles são constituídos: predominantemente por plagioclásio do tipo albita (An 4-5), em megacristais centimétricos geminados; quartzo, em grãos límpidos de tamanho variável (0,1 - 1 cm); microclínio pertitizado em grandes cristais envolvidos por quartzo; e, muscovita que forma agregados distribuídos caoticamente na rocha.

Como acessórios principais encontram-se: cassiterita, tantalita-columbita, granada, ilmenita e magnetita.

No geral, os pegmatitos encontram-se completamente alterados e constituídos por uma massa de caulim branco, com grãos de quartzo, placas de muscovita e pontilhados pelos acessórios escuros.

Foram vistos mais de 200 afloramentos, tendo sido amostrados 90 corpos para o estudo do "trend" (capítulo 7) e vários outros para um estudo mineralógico mais pormenorizado (capítulo 6).

6. MINERALOGIA DOS PEGMATITOS

6.1. GENERALIDADES

Neste capítulo são apresentadas as observações mineralógicas de alguns pegmatitos selecionados para esse fim, tendo em vista a possibilidade de coleta de amostras representativas e quantidade de material suficiente para um estudo paragenético mais completo possível dentro das condições locais.

Todos os pegmatitos selecionados e descritos mais adiante, achavam-se em exploração na ocasião da coleta. Assim sendo, puderam fornecer amostras de concentrados de "sluicing" pa ra estudo econômico (Foto 11) e amostras de bateias de suas diferen tes regiões e frentes de exploração, afim de se estudar as variações de teores dos elementos e dos minerais, parâmetros importantes nas interpretações genéticas.

Efetuiu-se também um estudo granulométrico das amostras correlacionando-as com análises mineralógicas e químicas que fornecem indicações para o melhor aproveitamento do mi nério.

É feita, em seguida uma descrição sucinta das pro priedades e características dos minerais encontrados nos concentra dos dos pegmatitos.

Devido, às condições locais de intensa alteração dos pegmatitos, a geralmente pequena dimensão dos cristais e a sua li - beração, foi feito um esforço no sentido de se identificar principal - mente por difração de raios-X: as impurezas, associações íntimas e alterações nos minerais descritos.

6.2. DESCRIÇÃO DOS PEGMATITOS

6.2.1. Mina da Serra

Os pegmatitos da Mina da Serra localizam-se no mu nicípio de Cassiterita, próximo ao Rio das Mortes, a 4 km (no rumo SE) da Estação de Nazareno.

FOTO 11 - Minas Brasil - Cia. Estanho São João del Rei.

Vista parcial da primeira unidade de concentração dos minerais pesados (tipo "sluicing malayo").

No canal central observa-se a retirada do concentrado.

FOTO 12 - Volta Grande - Cia de Estanho São João del Rei.

Bloco de pegmatito fresco, observando-se, na base da lapiseira, cristal decimétrico de espodumênio.

FOTO 13 - Volta Grande - Cia. de Estanho
São João del Rei.

Contato pegmatito alterado com rocha gnáissica; o pegmatito é discordante do granito - gnaiss e seu mergulho é proximo da vertical.

FOTO 14 - Garimpo Mato Virgem - Município de Cel.X. Chaves.

Vista parcial de duas apófises pegmatíticas paralelas. No canto superior direito vê-se sinais de lavra abandonada.

Esses corpos acham-se encaixados de modo discordante em rochas graníticas indiferenciadas. Acompanham, todavia, paralelamente veios de rocha anfibolítica que cortam as rochas graníticas e tem direções segundo N - 80° W com caimento para sul ou na vertical. Quanto a forma, via de regra são tabulares, não sendo possível observar zoneamento devido ao elevado grau de decomposição intempérica. Suas dimensões variam desde apófises centimétricas dos corpos maiores (em disposição caótica, discordantes) até veios com 300 metros de extensão por 2 a 6 metros de espessura.

Veios de quartzo são notados atravessando tôdas as formações presentes, inclusive os pegmatitos. Suspeita-se que devam ter idades variadas ou que estejam ligados a fenômenos diferentes. Nos anfibólitos xistos as vênulas de quartzo são concordantes, ao passo que nos pegmatitos formam veios irregulares mais largos e são constituídos de quartzo enfumaçado.

O teor médio de minerais pesados, segundo separação feita na Usina do DNPM, acusou na Mina da Serra 0,08% ou seja 800 g de concentrado por tonelada de pegmatito assim dividido:

Tantalita	-	40,4%
Microlita	-	13,9%
Cassiterita	-	10,6%
Outros	-	35,1% (ilmenita, magnetita, granada, areia, etc).

Análises químicas revelaram a seguinte composição das frações separadas:

Mina da Serra	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	SnO ₂	TiO ₂
Tantalita	63,8	5,1	9,2	1,2
Microlita	63,5	3,8	3,5	3,1
Cassiterita	-	-	73,0	-
Concentrado 16-30 mesh	40,7	2,8	10,6	-

Na figura 3, pode-se analisar a distribuição granulométrica dos concentrados pesados e abaixo é descrita sua associação mineralógica:

Minerais abundantes : tantalita, microlita e granada

Minerais presentes : ilmenita, pirocloro, cassiterita, espodumênio, magnetita, muscovita e quartzo

Minerais raros : brookita, rutilo, gahnita, goethita, ixiolita, varlamorfita, samarskita, xenotima e biotita alterada

Esses dados referem-se a amostras representativas retiradas em 1966, por ocasião da pesquisa da jazida. Entretanto, deve-se levar em consideração que o teor de minerais úteis nesse tipo de pegmatito pode sofrer variações consideráveis, de acordo com o ponto amostrado e com o desenvolvimento da lavra.

6.2.2. Pegmatitos da Volta Grande - Minas Brasil

Os pegmatitos de Volta Grande e Minas Brasil (explorados pela Cia. de Estanho São João del Rei) estão situados respectivamente à margem esquerda e à margem direita do Rio das Mortes, próximo a confluência do Ribeirão de Água Limpa. O primeiro pertence ao distrito de Coqueiros, município de Nazareno e o segundo ao distrito de Mercês de Água Limpa, município de São Tiago.

Os pegmatitos encontrados nessa região são do tipo dique tabular e, com poucas exceções, seguem a direção geral de N - 60° E, tendo grande caimento ou verticais. (Foto 4 e 13).

Esses corpos pegmatíticos são os maiores encontrados na província, possuindo alguns até 1200 m de extensão e largura média de 6 - 8 metros, que localmente pode atingir 40 metros.

A rocha encaixante principal é o anfibólio xisto com veios anfibolíticos em íntima relação estrutural com os pegmatitos.

Encontra-se ainda na área de Volta Grande - Minas Brasil corpos de natureza granito-gnáissica em contacto com os anfibolitos.

Pode-se observar que os pegmatitos ora concordam, ora discordam da atitude local dos granito-gnáisses sendo sempre concordantes, pelo menos direcionalmente, com os diques anfibolíticos.

Uma peculiaridade que se observa em Volta Grande é a presença, em certos locais, de pegmatito inalterado exibindo grandes cristais de espodumênio e cassiterita, os primeiros chegando a possuir alguns decímetros de comprimento (Foto 12). Nota-se também no refugo do pré-selecionamento do "sluicing", blocos de

granito "greisenificado", onde aparecem cristais de muscovita, turmalina e quartzo.

Nas Minas Brasil, foi descoberto recentemente um veio de pegmatito exibindo grandes cristais de berilo, na sua parte central.

Veios de quartzo não são abundantes em Volta Grande. Os poucos encontrados acompanham a orientação geral ENE e são constituídos de quartzo leitoso ou enfumaçado.

A amostragem desses pegmatitos foi dificultada pela direção da mina que não permitiu a coleta de amostras, prontificando-se tão somente a fornecer concentrados.

A análise química desses concentrados é vista abaixo:

Minas Brasil	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	SnO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
Pesados (total) MB	11,6	22,8	-	1,7	19,9
MICROLITA - VG > 60 mesh	46,4	2,3	2,3	-	0,4
< 60 mesh	40,4	1,8	3,5	-	1,1

A associação mineralógica desses e de outros lotes de amostras é vista na tabela 1. Abaixo é fornecida, qualitativamente a associação mineralógica total:

MINAS BRASIL

Minerais abundantes : tantalita e ilmenita

Minerais presentes : ixiolita, microlita, cassiterita, berilo, muscovita e quartzo

Minerais raros : pirocloro, pandaíta, zircão, granada e monazita.

VOLTA GRANDE

Minerais abundantes : microlita, tantalita e lepidolita

Minerais presentes : alvarolita, espodumênio, cassiterita, epidoto, magnetita, quartzo e muscovita

Minerais raros : gahnita, zircão, turmalina, pirocloro e bityita.

6.2.3. Mina do Paiol

A Mina do Paiol situa-se próximo à confluência do Ribeirão do mesmo nome com o Rio das Mortes, a sul da cidade de Ritópolis.

Apresenta a particularidade de possuir além da lavra de pegmatitos, "placers" alu-eluviais ricos em cassiterita. Pelo fato de ter sido o sítio da descoberta de estanho no distrito, essa mina sofreu um verdadeiro ataque por parte dos garimpeiros. Posteriormente, a lavra da jazida foi palco de atividade de mineração seletiva e ambiciosa, sem que nunca fôsse executada uma pesquisa racional visando um aproveitamento total das reservas ali existentes.

Isso ocasionou o soterramento de corpos pegmatíticos e aluviais pelo rejeito da mineração pretérita, sendo hoje antieconômica a remoção desse estéril para a lavra do minério subjacente. Assim sendo, foram mascaradas as feições geológicas e as relações existentes entre os pegmatitos e as encaixantes. Em algumas frentes, no entanto, é ainda possível fazer algumas observações.

A encaixante principal dos pegmatitos do Paiol é um adamellito de características intrusivas, como foi visto no capítulo da geologia. Não foi possível a observação de ocorrência de rochas do tipo anfibolítico, muito embora, numa das frentes de lavra, pode-se notar a presença de blocos de uma rocha, já bastante alterada, de coloração esverdeada, semelhante às que ocorrem em Volta Grande e Mina da Serra.

Os pegmatitos do Paiol são do tipo tabular e aparecem em grande número, com dimensões de 20 a 100 metros de extensão por 0,5 a 2 metros de largura. Parece não obedecer a nenhum controle estrutural, distribuindo-se em todas as direções do espaço.

Veios de quartzo não foram notados, mas devem ter existido pois nota-se cobertura de alguns locais da mina, por leitos de cristais de até 5 cm.

Análises por espectrometria de raios X revelaram o seguinte resultado para o concentrado:

Paiol	Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2	TiO_2	Fe_2O_3
fração >16 mesh	1,4	1,4	73,4	-	0,9
16-30 mesh	2,6	7,4	69,7	-	2,2
30-60 mesh	4,3	11,6	51,6	3,6	5,3

As associações mineralógicas correspondentes acham-se na tabela 1 sendo que abaixo é fornecido a associação dos pesados em geral:

Minerais abundantes : cassiterita

Minerais presentes : quartzo, muscovita, tantalita, zircão, grana da, xenotima e ilmenita

Minerais raros : gahnita, microlita, magnetita e goethita.

6.2.4. Garimpo Cascalho Preto

Localiza-se no município de Cel.Xavier Chaves a aproximadamente 4 km desta cidade, na estrada que se dirige a Rezende Costa.

A jazida consta de três veios pegmatíticos visíveis. O veio principal possui direção N - 45° E e mergulho 85° S coincidente com a atitude do anfibolito encaixante local (N - 50° E e 85°S) e tem aproximadamente 120 m de comprimento por 0,5 a 1,5 m de largura.

Os dois veios secundários são quase paralelos entre si e perpendiculares ao veio principal, distanciando-se um do outro cerca de 15 m. O maior possui 20 m por 0,8 m e o menor 12 m de comprimento por 1,0 m de largura.

Não foi notada a presença de rochas graníticas na área do garimpo, talvez por força do rejeito que cobre a quase totalidade da área em mineração, deixando ver somente os veios que estão sendo explorados.

Do mesmo modo que na mineração do Paiol, não foram vistos veios de quartzo, porém, nota-se que em superfície há uma larga distribuição de fragmentos desse mineral.

Análises por espectrografia de raios X revelaram os seguintes resultados:

Cascalho Preto	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	SnO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
fração 16-30 mesh	5,6	8,7	11,7	19,9	28,0
30-60 mesh	2,0	2,0	1,9	23,8	37,0
60-100 mesh	1,8	3,6	2,3	24,2	36,9
< 100 mesh	6,0	8,3	4,6	26,0	28,3

A associação mineralógica dessas frações é vista na tabela 1. Abaixo é indicada a associação dos concentrados:

Minerais abundantes : tantalita, ilmenita e magnetita

Minerais presentes : cassiterita, alvarolita, granada, zircão, microlita, muscovita, quartzo e goethita.

Minerais raros : xenotima, turmalina, monazita, estaurolita, pirocloro e bityita.

6.2.5. Garimpo Socêgo

O garimpo do Socêgo localiza-se do lado oposto (flanco sul) do morro que contém o garimpo do Cascalho Preto.

Trata-se da continuação do veio principal do garimpo do Cascalho Preto, com idêntica orientação, variando apenas nas dimensões de exposição, aqui com comprimento de 70 m e largura variando de 0,8 a 1,5 m.

Análises revelaram o seguinte resultado para o concentrado de bateia:

Socêgo	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	SnO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
fração 16-30 mesh	6,4	7,2	32,8	3,1	26,7
30-60 mesh	9,2	10,6	20,0	2,7	16,1

A associação mineralógica dessas frações pode ser analisada na tabela 1. No concentrado em geral, a associação é a seguinte:

Minerais abundantes : cassiterita, tantalita, ilmenita e magnetita

Minerais presentes : granada, quartzo, muscovita, microlita e zircão.

Minerais raros : gahnita, estaurolita, goethita e hematita.

6.2.6. Garimpo da Fazenda Olaria

A fazenda Olaria está situada no município de Cel. X. Chaves, a aproximadamente 6 km da cidade, no rumo NNE, por estrada bastante precária, mesmo em tempo sêco.

Neste garimpo encontram-se depósitos aluvionares e veios de pegmatitos. Por ocasião da amostragem os depósitos aluvionares não estavam sendo lavrados devido ao baixo teor de minérios.

Os pegmatitos aparecem em grande número, sem obedecer a uma estrutura pré-existente, e são de tamanho bastante reduzidos. A lavra não é seletiva, isto é, desmonta-se indiscriminadamente os pegmatitos e a encaixante alterada, visto que, seria impossível o desmonte apenas dos primeiros.

Os veios foram uma espécie de "enxame" de diques possuindo comprimento variável e largura nunca superior a 0,5 m, tendo como encaixante um quartzo diorito que, em lâmina, mostra um alinhamento da biotita.

Não se dispõe de análises químicas do concentrado mas a associação mineralógica das frações granulométricas é descrita na tabela 1, e a da amostra total (concentrado pesado) é a seguinte:

Minerais abundantes : cassiterita, ilmenita e magnetita

Minerais presentes : tantalita, zircão, quartzo e muscovita

Minerais raros : xenotima, microlita, estauroлита, goethita, pirocloro e granada.

6.2.7. Garimpo do Mato Virgem

A lavra de Mato Virgem localiza-se na fazenda do mesmo nome, a 2,5 km da cidade de Cel. X. Chaves.

A jazida consta de veios de pegmatitos tabulares semelhantes aos da Mina da Serra encaixados em rochas anfíbolíticas. A encaixante predominante é um anfíbólio xisto semi-alterado contendo veios de anfíbolito que servem de guia dos corpos pegmatíticos. A pequena distância dos afloramentos destes corpos, observa-se rochas graníticas orientadas. Localmente o anfíbolito tem direção N - 45° E e mergulhos próximos a vertical (Foto 14).

Análises dos concentrados efetuadas por espectros cópia de raios X e por ativação de neutrons revelaram:

Mato Virgem	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	SnO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
fração > 5 mesh	39,1	11,1	5,2	-	-
5- 10mesh	31,8	8,6	23,4	-	1,8
10-16 mesh	21,0	4,9	34,6	-	3,5
16-30 mesh	21,6	6,8	22,6	0,5	5,6
30-60 mesh	11,6	4,4	2,8	11,4	20,7
60-100mesh	25,8	10,6	2,5	12,8	20,1
Microlita	52,8	1,4	10,3	-	0,5
Tantalita	19,0	29,7	9,8	1,5	10,4

As associações mineralógicas correspondentes a essas frações constam da tabela 1. Abaixo é fornecida a análise qualitativa dos minerais que constituem as amostras totais:

Minerais abundantes : tantalita, granada, cassiterita e microlita

Minerais presentes : pirocloro, quartzo, muscovita, ilmenita e magnetita

Minerais raros : alvarolita, estauroлита, varlamorfita, espodumênio e zircão

6.2.8. Mina do Cavalo do Buraco

A mina denominada Cavalo do Buraco situa-se a aproximadamente 7 km de Cel. X. Chaves no rumo 70° NE. É uma jazida bastante antiga, tendo sido trabalhada de modo intermitente desde 1944.

Atualmente pouca coisa resta para se observar, excluindo-se o grande valo com aproximadamente 400 m de extensão e uma profundidade de até 40 m e o que sobrou dos corpos pegmatíticos.

Nessa mina, estes corpos são do tipo tabular e nota-se a existência de um dique principal com direção N - 35° W e mergulho próximo da vertical e outros secundários sub-paralelos e radiais. No estado atual da jazida, mascarada pelo acúmulo de rejeito de todos esses anos, torna-se difícil a avaliação das dimensões do corpo principal de pegmatito. A encaixante local é uma rocha granítica de composição granodiorítica.

A duas centenas de metros do corpo pegmatítico, próximo ao Ribeirão Santo Antônio há afloramentos de anfibólio xisto.

Não se dispõe de análises químicas do concentrado na Mina do Cavalo do Buraco. A associação mineralógica é vista na tabela 1 e a seguir a composição mineralógica dos concentrados:

Minerais abundantes : cassiterita e magnetita

Minerais presentes : tantalita, granada, microlita, zircão, quartzo e muscovita

Minerais raros : estauroлита, gahnita, goethita, pirocloro e monazita.

6.3. ESTUDO DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS

As amostras dos concentrados pesados dos pegmatitos foram separadas em frações granulométricas e suas porcentagens são apresentadas na figura 3.

A finalidade dessas separações é de fornecer indicações para o melhor aproveitamento do minério, através do conhecimento da distribuição dos minerais em ordem de tamanho dos grãos. Em certos casos obteve-se concentrados quase puros, como é o caso da fração >5 mesh do elúvio do Paiol (Cassiterita) e do pegmatito do Paiol (cassiterita e tantalita).

A tabela 1 apresenta de forma sintética a associação mineralógica das diferentes frações. Da maioria de minerais, conhece-se seu teor exato. Dessa forma, é possível aliar esse teor aos dados de porcentagem das frações da fig. 3, dos teores de concentrado em gramas por tonelada de pegmatito, e, à área de influência das amostras e descrever o perfil econômico de uma jazida.

Os resultados aqui expostos representam uma média de várias amostras de concentrados, com relação de estéril e área de influência diferentes. A forma sob a qual são apresentados (Fig. 3 e tabela 1) tem por objetivo caracterizar os pegmatitos da província.

6.4. DESCRIÇÃO DOS MINERAIS

6.4.1. Columbita - Tantalita

FIG. 3

Distribuição dos concentrados pesados
segundo as frações granulométricas estudadas

TABELA 1 - ASSOCIAÇÃO MINERALÓGICA DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS

MINERAIS	LOCAL	FRAÇÃO	Mina da Serra	Mina do Paiol (elúvio)	Mina do Paiol (Pegmatito)	Fazenda Olaria	Garimpo do Mato Virgem	Garimpo do Cascalho Preto	Garimpo do Socêgo	Mina do Cavalo do Buraco	Minas Brasil (amostra total)	Volta Grande (amostra total)
			16 mesh 10-30 mesh 30-60 mesh 60-100 mesh 100 mesh	5 mesh 5-10 mesh 10-16 mesh 16-30 mesh 30-60 mesh 60-100 mesh 100 mesh	16 mesh 16-30 mesh 30-60 mesh 60-100 mesh 100 mesh	5 mesh 5-10 mesh 10-16 mesh 16-30 mesh 30-60 mesh 60-100 mesh 100 mesh	5 mesh 5-10 mesh 10-16 mesh 16-30 mesh 30-60 mesh 60-100 mesh 100 mesh	16 mesh 16-30 mesh 30-60 mesh 60-100 mesh 100 mesh	16 mesh 16-30 mesh 30-60 mesh 60-100 mesh 100 mesh	16 mesh 16-30 mesh 30-60 mesh 60-100 mesh 100 mesh		
Tantalita/Columb.			a a a a a	r p p p	a a a a p	r p p p p	a a a a a a a	a a a a a	a a a a a	a a a a a	a	a
Cassiterita			p p a a a	a a a a a a a	a a a p p	a a a a a a a	a p p a a p p	p p p p	a a p a a	a a a a a	a	a
Microilita			p a a a a	r r r r	r p	r r r r	p p p a p	p p p p	p p p p p	p p p p p	r	p
Ilmenita			r p a a a	r r r r		r r r r	p r p p p p	p p a a a	a a p p p		r	p
Magnetita			r p p p p	r r r p p	r r p r	r r a a p r	r r r p p	r r p r r	p a r r r	a a p r r	r	p
Granada			r a a p	r r r r			p a a a a a	p p p p p	p p a a p	p p p p	p	r
Pirocloro			r p p p p			r r r	r r r p r r	r r		p	p	p
Berilo											p	
Isiolita			r								p	
Quartzo			p p p p p	r r p p p p r	p a a a	p p p a p p	p p p r r r r	p p p r p	r r r r r	r	p	p
Alvarolita							r r r r	r r r r				p
Zircão				r p p a	r a a	r r r	r r r	a p p p p	r r r r	r r r	p	p
Espodumênio			r r r				r					p
Lepidolita			r r r									r
Bitita								r r r r				r
Monazita								r r		r	p	
Xenotima			r r r r	r r r r		r r r r		r r r				
Ghanita			r r r	r r r r	r p r				r r r	r r r r		r
Estaurolita						r r r r r	r r r	r r r r	r r r r	r r r r		
Muscovita			p p p p p	r r r r		r	p p p p r r	p r		r r	p	r
Turmalina			r		p			r r r				r
Epidoto												r
Rutilo			r r r r									
Brookita			r r r									
Samaraskita			r									
Varlamorfita			r				r					
Goethita						r r r r		r	r r r r	r		
Antibólio						r						
Hematita									r			
Cyrtolita												r

a = abundante (> 10%)

p = presente (3 - 10%)

r = raro (< 3%)

Nos pegmatitos da região, destacam-se os minerais do grupo da columbita-tantalita como os mais importantes.

Em quase todos os pegmatitos estudados eles foram encontrados, distribuindo-se em tôdas as frações granulométricas, com tendência a se concentrar mais nas frações entre 30 e 60 mesh. Nos corpos em que se localizam, estes minerais servem como base para sua definição econômica, sendo secundados pela cassiterita.

Por sua larga distribuição, conseguiu-se com êsse grupo de minerais os melhores resultados no estudo de "trend surface analysis". Nesse caso discriminados como tantalita, encontram-se minerais do grupo da columbita-tantalita, do grupo pirocloro-microlita além da ixiolita.

No estudo pormenorizado das amostras dos pegmatitos descritos anteriormente, pode-se constatar que os minerais da série isomorfa columbita-tantalita tendem predominantemente para a tantalita, sendo a relação Ta_2O_5/Nb_2O_5 variável entre 1 e 25, e portanto entre columbita-tantalita (ss), Nb-tantalita e em maior frequência, tantalita.

As mesmas relações foram obtidas nas frações de tantalita do separador eletromagnético e somente quando foi possível separar a tantalita da microlita, obteve-se $Ta_2O_5/Nb_2O_5 = 2/3$ nas tantalitas e 34/1 nas microlitas. Observa-se também uma ligeira tendência de diminuição da relação Ta_2O_5/Nb_2O_5 com a diminuição da granulometria.

Não foi verificada relação coerente entre os teores de Nb e Ta e os de Fe e Mn. No entanto, é possível notar que partes periféricas e de preenchimento dos grãos são de natureza mangano-tantalita.

A análise total de uma fração, de vários grãos coletados sob lupa e mesmo de um só cristal deve ser manipulada com cuidado pois corre-se o risco dessa análise não representar a composição de uma fase homogênea.

Observa-se no exame microscópico por reflexão, a existência de zoneamento mineralógico evidenciado por diferentes tonalidades de cinza, ora mais, ora menos claro, seja pela existência de cores de reflexão variáveis de castanho-vermelho e amarelo.

Mesmo sob lupa já se observa cristais completamente opacos, pretos e com brilho metálico; cristais translúcidos, acastanhados, submetálicos e com iridescência; e, em alguns casos, até vítreos, incolores e transparentes (alvarolita).

As variações de cor e de transparência, intimamente relacionadas com a riqueza e as cores das reflexões internas e, menos claramente, às diferenças de anisotropia, indicam variações de Ta e Nb, e de Fe e Mn (Foto 15).

Alguns cristais quando observados no microscópio de reflexão com grande aumento, mostram estruturas que lembram exsolução e preenchimentos zonados de pequenos veios que cortam os cristais, indicando condições físico-químicas variáveis e/ou remobilização de soluções, posterior à formação dos primeiros cristais. (Foto 16).

O diagrama de pó da tabela 2 é de uma tantalita ópticamente homogênea.

6.4.2. Alvarolita

No pegmatito de Cascalho Preto, ao lado de tantalitas negras, opacas e metálicas, ocorre tantalita completamente incolor, transparente e vítrea denominada na literatura por alvarolita. (Távora, 1955). Alguns desses cristais apresentam hábito pseudo-cúbico.

Trata-se de uma mangano-tantalita, que sob luz transmitida, apresenta altíssimo relevo, birrefringência elevada, caráter biaxial (+), 2 V médio e cujo diagrama de pó, muito se assemelha ao da tantalita (tabela 2).

6.4.3. Ixiolita

Nos pegmatitos da Mina da Serra e mais frequentemente nos pegmatitos de Volta Grande e Minas Brasil, ocorrem minerais de densidade comparável a da tantalita, opacos, de cor cinza chumbo, brilho metálico e traço castanho escuro. A cor do mineral e seu traço foram os critérios para selecioná-lo para obtenção de diagrama de pó (tabela 2), em que se constatou tratar-se de ixiolita que em primeira aproximação pode ser classificada como uma tantalita estanífera.

FOTO 15 - Garimpo Mato Virgem - Município de Cel. X. Chaves.

Cristal de tantalita, observado sob luz refletida, exibindo zonas cinza-claro correspondendo a porções mais tantalíferas e as cinza-escuro com predominância de nióbio. Os pontos em negro exibem reflexos internos vermelhos ou amarelos, indicando a presença de Mn e Fe respectivamente.

Nicois paralelos - Aumento $\approx 70X$

FOTO 16 - Garimpo Cascalho Preto - Município de Cel. X. Chaves.

Tantalita, sob luz transmitida, mostrando veio com forte reflexo interno vermelho e exsolução indêntica a foto anterior.

Nicois paralelos - Aumento $\approx 50X$

TABELA 2 - DIAGRAMAS DE PÓ

Tantalita		Alvarolita		Ixiolita	
Mato Virgem		Volta Grande		Minas Brasil	
d Å	I/I ₀	d Å	I/I ₀	d Å	I/I ₀
7,20	1	7,23	3		
5,37	0,5	5,34	1		
3,69	5	3,69	5	3,650	6
3,590	0,5	3,61	2		
2,983	10	2,987	10	2,969	10
2,879	2	2,870	1	2,862	1
2,552	2	2,548	1	2,539	2
2,507	3	2,504	3	2,488	3
		2,306	0,1	2,376	2,5
2,219	1,5	2,226	0,5	2,235	0,5
2,091	2	2,093	2	2,203	1
		2,059	0,5	2,080	2,5
		2,01	0,1		
1,906	2	1,907	2	1,896	2
1,835	2	1,844	3	1,827	2,5
		1,815	1		
1,777	3	1,782	3	1,771	4
1,739	3	1,736	6	1,733	3,5
1,724	4			1,726	5
		1,684	0,1		
		1,568	0,1		
1,539	2	1,547	3	1,535	3
1,488	1	1,492	1	1,484	1
		1,476	2		
1,465	2	1,460	3	1,461	5
1,456	2			1,454	4
1,381	1	1,386	1	1,378	2
		1,354	0,5		
1,310	0,5	1,320	0,5		
		1,293	0,1	1,307	2
1,271	0,5	1,276	0,5	1,266	0,3
1,244	0,5	1,250	0,5	1,240	1
1,222	0,5	1,230	1		
				1,218	1,5

1,194	1	1,201	3	1,192	3
1,136	0,5	1,141	1		
				1,133	1,5
1,121	0,1	1,122	0,5		
				? 1,119	0,1
1,090	0,5	1,108	1		
				1,098	2
				? 1,087	0,5
1,075	0,5			1,074	0,3
				? 1,052	0,1
				? 1,042	0,1
1,033	0,5			? 1,031	0,5
1,022	0,5				
				? 1,018	0,5
0,995	0,5			? 0,996	2,0
				? 0,978	1,0

CuK α

CuK α

CuK α

Embora encontrada somente nesses dois pegmatitos é possível que sua ocorrência seja mais generalizada.

6.4.4. Cassiterita

A cassiterita é, depois dos minerais de tântalo, o mineral mais importante dos pegmatitos mineralizados da região.

Conforme será discutido no capítulo do "Trend surface analysis" a sua ocorrência é generalizada, com tendência a se concentrar mais em certas regiões.

A cassiterita se apresenta sob forma de cristais euhédricos de dimensões variando desde 5 centímetros até as que passam pela peneira de 100 mesh.

Macroscopicamente, exibem aspecto metálico e côr preta e em dimensões menores passam a sub-metálicas e de côres mais avermelhadas. É comum a presença de cristais formados por bipirâmide $\{111\}$ com faces vestigiais de prisma $\{100\}$, ao mesmo tempo que formas complexas derivadas de geminações. Embora sua liberação seja igualmente boa, pode-se macroscopicamente verificar sua associação íntima com quartzo e muscovita (amostras não alteradas de Volta Grande).

Em lâmina delgada a cassiterita apresenta côr avermelhada com regiões de tom castanho. Seu pleocroísmo é marcante castanho, vermelho e amarelo. Muito comum é a sua geminação de aspecto de endentação, manifestação do que comumente se chama de "dente de cão". (Fotos 17 e 18).

Em alguns cristais dos pegmatitos da Mina da Serra e nas de Mato Virgem, notou-se uma alteração periférica dos cris-tais, tendo sido possível correlacionar com a varlamorfita por seu aspecto ora terroso ora colóforme. O seu diagrama de pó é apresentado na tabela 3, junto com o da cassiterita do qual se difere pela difusão de suas raías.

6.4.5. Microlita

A microlita tem uma distribuição grande nos pegmatitos da região. Na separação das frações para o "trend" os minerais do grupo do pirocloro se concentram na fração não magnética, junta-

FOTO 17 - Fazenda Olaria - Município de
Cel. X. Chaves.

Cristal de cassiterita, sob luz refletida, e-
xibindo geminação e fraturamento intenso.
Nicois a 60° - Aumento $\approx 115 \times$

FOTO 18 - Volta Grande - Cia. de Estanho
São João del Rei.

Cristal de cassiterita apresentando, sob
luz transmitida, geminação do tipo edenta-
ção.

Nicois a 90° - Aumento $\approx 70 \times$

TABELA 3 - DIAGRAMAS DE PÓ - CuK α

Varlamorfita		Cassiterita	
d Å	I/I ₀	d Å	I/I ₀
3,317	8	3,344	10
2,627	8	2,642	8
2,353	1	2,366	3
		2,306	0,5
1,756	10	1,761	8
1,669	8	1,673	3
1,587	1	1,591	1
1,496	1	1,496	3
		1,449	3
1,437	1	1,439	3
1,408	2	1,412	2
1,318	0,5	1,319	2
1,211	3	1,214	3
1,186	1	1,186	1
1,144	2	1,154	1
1,090	3	1,090	1
1,079	3	1,080	1
		0,950	1
		0,907	1
		0,880	1

NB: raias difusas e possibilidade de mistura com cassiterita.

mente com a cassiterita. Posteriormente, uma separação eletrostática permite a individualização dos pirocloros que são adicionados à fração tantalita. Destarte a microlita tem sua representação no "trend" juntamente com a tantalita. No entanto, mesmo nos concentrados pesados mais ricos em microlita (pegmatito de Volta Grande) sua porcentagem nunca ultrapassa 15%.

Os cristais tem geralmente, pequenas dimensões, com tendência à concentração abaixo de 60 mesh. No entanto, excepcionalmente podem atingir 2 cm (Volta Grande e Mato Virgem).

Os cristais, quando preservados, são octaédricos, mas no geral são muito fragmentados. Sua cor é variável: amarelo, cor de carne, creme, creme acastanhado. São translúcidos com brilho resinoso ou transparentes e vítreos, apresentando superficialmente mosaico de fraturamento latente.

Essas características são gerais, porém o grau de metamictização e de hidratação tornam a microlita mais fragmentária e terrosa e a coloração se torna creme esbranquiçada com manchas castanhas e amarelas, denotando um zoneamento não regular.

Tôdas as microlitas, bem como os pirocloros, (em alguns casos, também o zircão bipiramidado) tem sido chamados localmente de djalmaita. Isto provavelmente se deve ao fato da djalmaita ter sido descrita em amostras de pegmatito de Minas Gerais.

As djalmaitas segundo Guimaraens (1941) são octaedros castanho-esverdeados amarelados ou castanho-pretos. Microscopicamente translúcidos, castanho-amarelados e fortemente birrefringentes.

Nos concentrados de microlita dos pegmatitos estudados tem-se, microscopicamente, cristais e fragmentos de côres, transparência e anisotropia variáveis. A maior frequência são de cristais castanho esverdeados e transparentes apresentando-se totalmente isótipos ou com ligeira anisotropia.

Muitos cristais exibem zoneamento com núcleo transparente incolor e isótipo e bordas translúcidas, castanha e anisótipas (Foto 19).

O anisotropismo nos cristais vítreos se manifesta por zonas, em cristais castanhos por fraturas e setores e, os mais anisótipos por aspecto fibroso.

FOTO 19 - Volta Grande - Cia. de Estanho
São João del Rei.

Três grãos de microlita. O superior esquerdo exibe zoneamento e os dois restantes apresentam-se translúcidas e anisótropos. Nicóis a 90° - Aumento $\approx 230 \times$

FOTO 20 - "Greisen" - Volta Grande - Cia. de Estanho São João del Rei,
Cristal de turmalina apresentando fratura transversal e inclusões de quartzo (grão claro) e mineral isótropo de relevo alto. Rodeando a turmalina aparece muscovita.

Nicóis a 60° - Aumento $\approx 70 \times$

TABELA 4 - DIAGRAMAS DE PÓ - CuK α

Microlita		Djalmaita		Pirocloro		Pandaita	
Mina da Serra		Volta Grande		Mato Virgem		Mato Virgem	
d Å	I/I ₀	d Å	I/I ₀	d Å	I/I ₀	d Å	I/I ₀
5,92	3	5,94	5	6,04	3	6,04	4
3,124	5	3,116	7	3,140	2	3,178	3
2,991	10	2,983	10	3,005	10	3,046	10
2,597	5	2,565	6	2,601	5	2,635	5
2,381	0,5	2,364	2	2,387	1	2,418	1
2,002	3	1,977	3	2,002	2	2,030	2
1,838	10	1,823	10	1,838	8	1,863	7
1,750	6	1,751	7	1,759	2	1,783	1
1,570	10	1,559	10	1,568	8	1,589	8
1,492	4	1,491	6	1,502	2	1,521	2
1,451	3	1,445	5	1,459	2	1,476	1
1,351	4	1,348	4	1,355	2	1,370	1
1,302	2	1,294	3	1,300	1	1,317	2
1,209	0,5					1,210	3
1,192	2	1,189	2	1,195	3	1,195	3
1,159	6	1,158	7	1,164	3	1,178	4
1,143	0,5					1,143	0,5
1,126	0,5			1,128	0,5		
1,089	0,5	1,087	3	1,091	0,5	1,104	0,5
1,060	1	1,057	4	1,062	2	1,075	3
1,993	1	0,996	1	1,001	2	1,006	2
0,920	0,5	0,917	1			0,931	0,5
0,910	0,5			0,911	0,5		
0,881	4	0,876	5			0,891	3
0,876	2			0,978	3	0,889	0,5
0,863	3	0,863	2	0,866	5		

As cores e a opacidade podem ser inerentes à composição da microlita, como também podem ser devidas à impregnação superficial ou alteração ao longo de microfraturas.

Os dados observados indicam que as análises químicas de concentrados de "microlita" podem representar uma média da mistura de vários tipos de microlitas e de pirocloros, podendo-se tão somente separar as espécies através do microscópio, mesmo assim requerendo grande familiaridade com esse grupo de minerais ou então por difração de raios X (tabela 4) e cálculo dos parâmetros.

6.4.6. Pirocloro

A presença de pirocloro é constatada principalmente nos pegmatitos que contém microlita e portanto possui distribuição semelhante a esta última.

Os pirocloros foram suspeitados em lâminas e confirmados por difração de raios X, o que permitiu a recorrência de suas outras propriedades.

Quando isolados, apresentam-se em cristais pequenos, vítreos, incolores ou ainda amarelos ou cremes, de tendência esférica e se concentram em frações abaixo de 30 mesh. Em cristais grandes são detectados por difração de raios X, associados intimamente à microlita. Ocorrem também em cristais fraturados, de cor amarela, creme ou castanha e translúcidos.

Microscopicamente, possuem características semelhantes às da microlita, como variação de cor, opacidade e anisotropia, diferindo-se dela por apresentar relevo maior, somente observável em grãos transparentes.

Outros caracteres distintivos são fornecidos pelos diagramas de raios X (tabela 4).

6.4.7. Samarskita

A samarskita foi encontrada isolada no concentrado de granulação 16-30 mesh dos pegmatitos da Serra, em cristais prismáticos castanho escuros com zonas prismáticas negras.

Ao microscópio se apresenta igualmente castanha, translúcida, isótropa e intercrescida com partes quase opacas, vermelhas e translúcidas quando observadas com luz convergente (tantalita).

A despeito de sua rara ocorrência isolada, em muitos difratogramas de tantalita sua presença foi constatada.

6.4.8. Zircão

O zircão é encontrado como acessório comum dos concentrados de pirocloro, cassiterita e de ilmenita de todos os pegmatitos estudados com exceção dos da Mina da Serra. Em casos especiais, como nas diferentes frações dos pegmatitos do Paiol, pode constituir até 45% em volume.

Apresentam-se como pequenos cristais prismáticos terminados em bipirâmides ou então em dimensões maiores de hábito diferentes (cyrtolita).

Os cristais pequenos são em geral vítreos e de cores castanha vermelha, parda ou amarela. Microscopicamente, apresentam-se de cor amarela acastanhada ou avermelhada, com alto relevo, índice menor próximo a 1,80, uniaxial (+). Anomalias ópticas como caráter biaxial com $2V \approx 5^\circ$ são comuns, assim como zoneamento de cores, acompanhado de mudança na sua transparência dando-lhe um aspecto metamictizado.

Um estudo pormenorizado do zircão dos pegmatitos não foi feito. No entanto, pelos diagramas de pó, presume-se que existam vários tipos com respeito ao grau de metamictização que está intimamente ligado ao conteúdo de elementos radioativos. O mesmo talvez se possa inferir quanto seu conteúdo em terras raras.

Alguns diagramas de pó concordam muito com a Ribeirita, denotando a presença de Y (tabela 5).

6.4.9. Cyrtolita

Como foi dito anteriormente, alguns cristais de zircão de dimensões centimétricas são diferentes dos até aqui descritos. Esses cristais, que ocorrem principalmente nos pegmatitos de Volta Grande, tem hábito que lembra um rombododecaedro formado pelo igual desenvolvimento das faces de bipirâmide tetragonal e

TABELA 5 - DIAGRAMAS DE PÓ - CuK α

Cyrtolita		Zircão		Ribeirita	
d Å	I/I ₀	d Å	I/I ₀	d Å	I/I ₀
4,44	3	4,41	6	4,43	6
3,29	10	3,29	10	3,29	10
2,64	0,5	2,63	2	2,65	2
2,52	2	2,513	6	2,52	6
2,33	1	2,332		2,33	2
2,21	1	2,205	4		
2,06	2	2,063	4	2,06	2
1,91	1	1,914	1	1,91	2
		1,748	1	1,75	2
1,74	0,5				
1,71	2	1,710	8	1,71	5
1,64	2	1,643	4	1,65	2
1,54	1	1,545	1	1,54	3
1,47	1	1,472	3	1,47	1
1,38	1	1,372	2	Raias difusas	
1,36	0,5	1,364	1		
1,28	0,5	1,286	0,5		
1,25	0,5	1,257	1		
1,18	0,5	1,182	2		
1,16	0,5	1,163	0,5		
1,12	0,5	1,103	1		
1,10	0,5	1,095	0,5		
1,05	0,5	1,053	2		
Raias difusas		1,047	1		
		0,966	1		
		0,914	1		
		0,890	4		
		0,854	1		
		0,830	2		

prisma tetragonal $\{100\}$. Mais raramente, as faces $\{100\}$ são muito pequenas e as de bipirâmide assemelham-no a um octaedro.

Em geral apresentam côr de carne sendo facilmente confundidos com microlita.

Microscopicamente observa-se grande heterogeneidade nos fragmentos dos cristais: desde incolores, com ou sem manchas vermelhas, isótipos (metamícticos), até castanhos escuros ou amarelos, anisótipos e translúcidos. Onde foi possível observar, os grãos anisótipos são uniaxiais (+) ou biaxiais de 2 V pequeno.

Uma análise desses cristais tidos localmente como "djalmaita" revelou a presença de aproximadamente 30% de HfO_2 o que representaria a maior teor de Hf até hoje conhecido em um mineral.

Os diagramas de pó da cyrtolita são semelhantes aos do zircão metamíctico, e possui como impureza comum a xenotima com a qual está intercrescida (tabela 5).

6.4.10. Xenotima

A xenotima é um acessório relativamente comum nos pegmatitos estudados (tabela 1). Entre os fosfatos de terras raras encontrados é o mais frequente e nos concentrados de pegmatitos do Paiol atinge 5% das frações de granulometria abaixo de 60 mesh.

Os cristais são euhédricos, com hábito prismático muito parecido com o do zircão comum ou seja prisma tetragonal $\{110\}$ combinado com faces vestigiais de $\{100\}$ terminados em bipirâmide $\{101\}$. Sua cor é castanha avermelhada ou esverdeada, vítreo, transparente, propriedades essas difíceis de distinguir das do zircão.

Microscopicamente, no entanto, é possível separá-los quando se utiliza um índice de refração elevado (1,75 a 1,80). Nessas circunstâncias, o zircão continua com relêvo elevado e birrefringência relativamente menor, enquanto que a xenotima apresenta relêvo baixo, tendo mesmo um índice menor que o do líquido, além da birrefringência elevada. A xenotima apresenta ainda pleocroísmo

TABELA 6 - DIAGRAMAS DE PÓ - CuK α

Monazita		Xenotima	
d Å	I/I ₀	d Å	I/I ₀
5,24	0,5		
4,69	0,8		
		4,48	1
4,18	2		
3,51	1,5		
		3,43	3
3,28	8		
3,08	10		
2,956	0,5		
2,864	7		
2,612	0,5		
		2,552	5
2,446	1		
		2,264	1
2,189	2		
		2,145	0,5
2,134	2		
1,963	3		
		1,920	3
1,868	3		
1,794	0,5		
		1,765	10
1,735	3		
		1,723	0,5
1,690	1,5		
		1,682	0,5
		1,538	1
1,534	1		
		1,426	0,5
		1,377	2
		1,349	0,5
1,330	0,5		
		1,280	4
1,276	0,5		
		1,234	10
1,232	0,5		

		1,136	1
1,131	5		
		1,089	0,5
		1,077	3
		0,983	2
		0,928	1
		0,912	3
		0,883	1
		0,868	0,5
0,866	3		
		0,853	0,5
0,838	2,5		

discreto não observável no zircão.

Merece ser reafirmado seu intercrescimento com a cyrtolita. Seu diagrama de pó é característico (tabela 6).

6.4.11. Monazita

A monazita é um mineral bastante raro (tabela 1), tendo sido identificada somente nos pegmatitos do Cavalo do Buraco, Volta Grande e Minas Brasil.

Os poucos cristais encontrados são amarelo acastanhados, subtransparentes, apresentando-se microscopicamente de cor parda, (amarelo esverdeada), relevo baixo (líquidos 1,75 a 1,80), birrefringência média, além de seu caráter biaxial positivo, $2V$ pequeno ($\sim 10^\circ$) e $n_y \approx 1,785$.

Seu diagrama de pó se encontra na tabela 6.

6.4.12. Magnetita

A magnetita é um acessório frequente nos pegmatitos da região e dada a facilidade de sua separação, foi um dos minerais escolhidos para constar na análise do tipo "trend".

Nos pegmatitos selecionados para estudo mineralógico pormenorizado, ela ocorre liberada nas frações abaixo de 30 mesh ou então associada a outros minerais nas frações de granulometria maior. No pegmatito do Cavalo do Buraco, constitui 20% das frações grosseiras e na Fazenda Olaria apresenta-se mais concentrado. (Tabela 1), sendo que nos demais seu teor variou de traços a 5%.

Microscopicamente a magnetita é isenta de exsoluções podendo incluir alguns grãos informes de ilmenita. Os grãos de dimensões maiores que 5 mm são irregulares e quebrados e os menores que 2mm tem maior tendência ao idiomorfismo.

Neste último caso, a maioria dos cristais são martitizados perifêricamente, com penetração da oxidação ao longo de fraturas que podem chegar até o centro dos cristais.

6.4.13. Ilmenita

Ocorre igualmente como acessório em quase todos

os pegmatitos, apresentando uma maior concentração nos da Serra e do Paiol, onde se distribuem em todas as frações granulométricas.

Na separação do DNPM, a fração ilmenita é muito contaminada de granada, com a qual se compara em magnetismo.

Microscopicamente a ilmenita apresenta-se limpa e informe. Em alguns grãos, dentro da ilmenita encontram-se faixas largas de magnetita.

6.4.14. Hematita e Goethita

A hematita ocorre somente como produto de oxidação das magnetitas, parcial ou totalmente martitizadas.

A goethita é representada por alguns cristais cúbicos milimétricos, sendo provavelmente pseudomorfose de pirita (pegmatito do Paiol, 30-60 mesh).

6.4.15. Granadas

As granadas são acessórios comuns dos concentrados pesados dos pegmatitos estudados. Distribuem-se nas frações a abaixo de 16 mesh e se concentram nas abaixo de 60.

Os cristais são em geral idiomorfos rombododecaédricos com bordos arredondados.

Existem duas variedades de granadas que em certos casos coexistem: as granadas vermelhas, vítreas com a_0 compreendido entre 11,59 e 11,61 Å, $n \approx 1,80$ e densidade próxima de 4,10 que se aproximam da espessartita; e, granadas róseas, também vítreas, $a_0 = 11,52 - 11,54$ Å, índice bem maior que 1,80 e densidade $\approx 4,30$, com composição predominantemente almandina.

6.4.16. Berilo

O berilo só foi encontrado nos pegmatitos das Minas Brasil e assim mesmo, num só afloramento, onde constitui o núcleo do corpo, imerso em massa caulinizada.

Os cristais atingem dimensões decimétricas e exibem hábito prismático, cor cinza, brilho vítreo, com regiões esbranquiçadas e esverdeadas, talvez produtos de alteração.

Alguns cristais exibem evidências de crescimento zonado segundo as faces de prisma e em etapas sucessivas segundo a direção $[0001]$.

Microscopicamente os cristais são incolores, uniaxial (-) com $n_e = 1,576$ e $n_o = 1,580$ e apresentam caulinização ao longo de fraturas, associada ao aparecimento de agregados isotrópos.

6.4.17. Espodumênio

O espodumênio ocorre principalmente nos pegmatitos de Volta Grande e da Serra e em pequena quantidade nos de Mato Virgem.

No primeiro caso o espodumênio é abundante, de dimensões centimétricas aproximadamente equigranular e coexistem com cristais alongados que podem atingir até 40 cm de comprimento (Foto 12).

Os cristais maiores possuem inclusões orientadas de quartzo, feldspato e muscovita e esses mesmos minerais preenchem fraturas que seccionam os grandes cristais de espodumênio:

Os cristais são cinza claro, apresentam brilho vítreo e aspecto leitoso. Quando alterados superficialmente, tornam-se brancos, terrosos e facilmente desagregáveis.

Nos pegmatitos da Serra o espodumênio está nas frações abaixo de 16 mesh e no de Mato Virgem eles foram encontrados na fração 30-60 mesh, apresentando núcleos de caulinização.

Microscopicamente os cristais são incolores, biaxiais (+) com $n_e = 1,664$, extinção inclinada e ótimas clivagens. Apresentam inúmeras inclusões de quartzo, muscovita e microclínio, pontos de caulinização e fraturamentos preenchidos por minerais secundários: caulinita, muscovita fina e lepidolita.

6.4.18. Gahnita

A gahnita é um acessório comum de muitos pegmatitos estudados sendo ausente em alguns deles (tabela 1). No pegmatito do Paiol chega a constituir 5% de fração 100 mesh.

São cristais octaédricos ou fragmentos quebrados, vítreos e de cor verde.

Microscopicamente são verdes, às vezes, com tonalidade azulada, isotropos, lípidos, transparentes, com índice de refração próximo a 1,78.

Os cristais são mais densos que a solução de Clérice e os valores de a_o obtidos de diagrama de pó variam de 8,063 a 8,068 Å.

6.4.19. Muscovita

A muscovita é um mineral abundante misturando-se com o caulim e quartzo que formam o maior volume dos pegmatitos. São visíveis ao olho nú, pois atingem dimensões de até 1 cm.

Aparecem também associadas aos concentrados pesados em pequenas quantidades (até 2%) sem distinção de granulometria.

Microscopicamente são incolores (alguns possuem tonalidade esverdeada) com $2 V_x = 40 - 45^\circ$ e $n_y = 1,590$.

6.4.20. Bityita

São minerais micáceos de cor branca e brilho perláceo que ocorrem no pegmatito de Cascalho Preto em frações abaixo de 30 mesh.

Microscopicamente os pequenos cristais são idiomorfos de contorno pseudo-hexagonal, incolores, vítreos e apresentam $2 V_x$ variando entre 66 e 70° , e $n_y = 1,650$.

6.4.21. Lepidolita

A lepidolita está presente nos corpos pegmatíticos de Volta Grande associada aos cristais de espodumênio, seja liberada por alteração deste último, seja dentro de fraturas do mesmo.

Macroscopicamente apresentam-se violetas e ao microscópio são incolores, biaxiais (-), com $2 V$ variando de 8 a 15° e $n_y = 1,567$.

6.4.22. Rutilo

Foi encontrado somente nos pegmatitos da Serra sob forma de cristais prismáticos castanhos ou vermelhos de aspecto rugoso, reconhecidos microscopicamente pela sua côr vermelha, relêvo e índices elevados e caráter uniaxial (+).

6.4.23. Brookita

Igualmente encontrada no pegmatito da Serra, como cristais vermelhos vítreos, reconhecidos microscopicamente por seu caráter biaxial (+) e elevada dispersão dos eixos ópticos.

6.4.24. Epidoto

O epidoto ocorre somente nos concentrados dos pegmatitos das Minas Brasil em Volta Grande, chegando a constituir 10% das frações > 60 mesh.

Apresenta-se bem cristalizado em prismas estriados, incolores, vítreos (às vezes enfumaçado) e com boa clivagem. Ópticamente biaxial (-) e 2 V próximo a 90.

6.4.25. Estauroлита

A estauroлита é acessório comum encontrado nos concentrados dos pegmatitos estudados.

Apresenta-se em cristais tabulares, vítreos de côr castanha a vermelha e corroidos superficialmente.

Microscopicamente são pleocróicos de amarelo a pardo, biaxiais (+) e $n_y = 1,745$.

6.4.26. Turmalina

Ocorre somente nos pegmatitos de Cascalho Preto e de Volta Grande em cristais prismáticos quebrados (Foto 20) de côr geralmente verde oliva de diferentes tonalidades. Microscopicamente são pleocróicos de amarelo ou castanho a verde claro ou verde azulado, $n_e = 1,642$ e $n_o = 1,656$.

6.5. ASSOCIAÇÃO ENTRE MINERAIS

As amostras de concentrados pesados de pegmatitos eram constituídos, quase totalmente de grãos liberados. Isto se deve ao estado de alteração dos corpos pegmatitos sôbre os quais atuaram soluções ascendentes e descendentes.

Se este fato facilita a lavra, a separação dos minerais e a obtenção de concentrados, por outro lado, dificulta o estudo paragenético.

Algumas poucas vêzes pode-se constatar macroscopicamente relações paragenéticas. É o caso, dos núcleos inalterados que aparecem no pegmatito de Volta Grande (item 6.2.2. e foto 12). Aí, nota-se a existência de cristais decimétricos de espodumênio, cortando uma rocha com textura pegmatítica constituída de cristais centimétricos de espodumênio, quartzo, feldspato e muscovita, de geração anterior. Os grandes cristais por sua vez são fragmentados e preenchidos por caulinita e lepidolita que fariam parte de evento posterior.

Em outras amostras é possível observar cristais euédricos de cassiterita (3-4 cm) e de tantalita (2-3 cm) em uma matriz (1 cm) de cristais anhedrais de feldspato, muscovita e quartzo.

Microscopicamente foi possível fazer algumas observações que constam do capítulo 6.4., explicitamente: coexistência de membros de composição diferente do grupo columbita-tantalita; idem de microlita-pirocloro; intercrescimento entre tantalita e samarskita; microlita e tantalita (fotos 21 e 22); cyrtolita e xenotima; magnetita e ilmenita; magnetita se transformando em hematita (martitização); zircão zonado; berilo com caulinização; e, espodumênio se alterando em caulim e lepidolita.

A interpretação cuidadosa de difratogramas e de diagramas de pó de grãos aparentemente homogêneos confirmou algumas dessas associações assim como revelou outras difíceis de serem detectadas (Tabela 7):

TABELA 7

- a) tantalita, pirocloro e zircão
- b) tantalita, microlita e cassiterita
- c) ixiolita e tantalita
- d) alvarolita, pirocloro e monazita

- e) cassiterita e varlamorfita
- f) microlita e pirocloro com diferentes a_o
- g) cyrtolita e xenotima
- h) cyrtolita e monazita
- i) xenotima e monazita hidratada (cheralita ?)
- j) samarskita e eschwegeita ?
- k) espodumênio, caulinita e mica
- l) zircão e microlita
- m) tantalita e samarskita

Nesta lista, o primeiro nome se refere ao mineral predominante e os demais representam inclusão, associação fortuita, alteração ou intercrescimento regular.

FOTO 21 - Garimpo Mato Virgem - Município de Cel. X. Chaves.
Grãos de tantalita (claros) no interior de cristal de microlita fraturada (luz refletida).
Nicois paralelos - Aumento $\approx 115X$

FOTO 22 - Garimpo Cascalho Preto - Município Cel. X. Chaves.
Grãos de tantalita (claros) associados a grãos de microlita (cinzento).
Nicois paralelos - Aumento $\approx 140X$

7. "TREND SURFACE ANALYSIS"

7.1. APRESENTAÇÃO

A técnica do "trend surface analysis" tem sido cada vez mais utilizada em estudos de geologia econômica, graças à rapidez do processamento dos dados colhidos e à eliminação de critérios pessoais e subjetivos, na interpretação de variações em área, dos parâmetros desejáveis.

No Brasil, algumas tentativas foram feitas com êxito por Amaral et al (1971) e Ellert (1971) para delimitação de regiões mineralizadas nas proximidades de jazidas de níquel e de cobre, a partir de resultados analíticos de prospecção geoquímica e de dados eletro-magnéticos de prospecção geofísica, respectivamente.

No presente caso, através de dados quantitativos obtidos a partir de amostragem da fração pesada de 90 pegmatitos da região de Cassiterita, esperava-se conseguir mapas que mostrassem zonas mais favoráveis à concentração de minérios como tantalita, cassiterita, ilmenita e magnetita, pela comparação das curvas de cada um desses minerais, visando a obtenção de um guia indireto para futura prospecção na área estudada, ou em áreas semelhantes.

7.2. ÁREA ESCOLHIDA E PARÂMETROS

A área escolhida para este estudo estatístico foi a das imediações da cidade de Cassiterita (fig. 4), em razão da grande densidade de afloramentos de pegmatitos existentes e pelo fato de nesta região coexistirem corpos em que a mineralização predominante era de tântalo, outros em que o estanho era mais abundante e alguns estéreis.

Executou-se na região escolhida um mapeamento geológico na escala de 1 : 30.000, apresentado em 1 : 60.000 na figura 6. Nessa ocasião foram locados aproximadamente 150 afloramentos de pegmatitos, alguns já conhecidos e a maioria assinalados pela primeira vez.

O Mapa Geológico da Quadrícula de Cassiterita (fig. 6) foi executado com o objetivo de amparar a interpretação genética

dos dados do "trend surface analysis", procurando estabelecer contrôles litológicos e ou estruturais.

As formações geológicas encontradas nesta quadricula acham-se descritas no capítulo 5, com exceção dos leptitos que restringe-se ao morro de Rezende, sem expressão em área para figurar no mapa geológico da figura 2.

Os leptitos apresentam coloração clara, granulação variando de fina a média (0,2 - 1 mm) e orientação perceptível macroscopicamente. Em seções delgadas o quartzo predomina e exhibe forte extinção ondulante, aparecendo em quantidades subordinadas: plagioclásio (albita- oligoclásio), epidoto e, como acessórios, tita-nita e opacos (magnetita ? e ilmenita?).

A descrição do método de amostragem e separação dos minerais encontra-se resumida no capítulo 3 (Metodologia) e os dados obtidos constam da tabela nº 8 e da figura 5.

Para a elaboração dos cálculos foi usado o programa DTREND, adaptado e modificado pelo Dr. Gilberto Amaral do I. G. - U.S.P. para o computador Burroughs/3500 do Centro de Computação Eletrônica da U.S.P. a partir de um programa do Department of Geological Sciences da Northwestern University.

Este programa fornece matrizes de até sexto grau, os respectivos resíduos, bem como mapas diretamente impressos pelo computador (figs. 7 a 14).

Em todos os casos foram examinados os resíduos, os coeficientes de correlação e a porcentagem da soma total dos quadrados dos resíduos, que dão idéia do ajuste da superfície calculada aos dados observados.

A equidistância usada entre as curvas foi, em primeira tentativa, de 5 (5 gramas de mineral por tonelada de pegmatito) e em segunda tentativa de 20, que mostrou melhor ajuste.

7.3. TANTALITA

A fração denominada tantalita era constituída de minerais da série isomorfa columbita-tantalita e microlita-pirocloro, além da ixiolita, que se suspeita tenha o mesmo comportamento que a tantalita no separador eletromagnético da Estação de Nazareno.

Fig. 5

HISTOGRAMA DOS CONCENTRADOS DA QUADRÍCULA DE CASSITERITA

TABELA 8 - DADOS FORNECIDOS AO COMPUTADOR PARA ELABORAÇÃO DO "TREND SURFACE ANALYSIS", EXPRESSOS EM GRAMAS DE MINERAL POR TONELADA DE PEGMATITO.

Ponto Nº	Tantalita Columbita	Cassiterita	Ilmenita	Magnetita
1	480,0	248,0	0,0	0,0
2	854,5	501,5	0,0	0,0
3	6,0	3,2	17,1	245,0
4	62,5	7,5	64,0	5.993,0
5	12,0	10,0	14,5	1.153,5
6	18,5	2,5	5,0	156,0
7	16,5	5,0	8,5	0,0
8	5,5	4,5	13,0	11,5
9	8,8	3,2	10,0	197,2
10	11,0	0,4	2,2	0,6
11	48,3	3,0	37,2	1,5
12	16,4	1,2	7,6	2,4
13	405,2	16,8	230,8	11,2
14	19,6	3,6	0,6	1,2
15	150,0	7,0	23,0	6,0
16	10,6	0,9	0,7	0,8
17	14,6	31,2	7,8	1,4
18	50,6	3,5	5,8	2,8
19	10,0	4,0	18,0	14,0
20	650,6	333,5	777,0	6,3
21	18,6	2,0	8,4	6,0
22	8,0	0,4	1,2	9,6
23	13,6	9,0	17,2	1,2
24	19,5	2,5	6,0	45,5
25	64,8	103,8	5,2	3,4
26	9,0	4,0	22,5	59,5
27	9,5	2,5	60,0	193,0
28	52,0	80,0	13,2	36,0
29	49,2	58,8	32,4	26,4
30	14,5	3,0	6,5	178,5
31	3,3	1,5	9,3	1,2
32	14,0	7,5	144,5	1,5
33	3,5	6,0	12,5	0,0
34	2,5	2,5	14,0	0,0

35	12,0	5,0	54,0	970,0
36	46,0	3,0	1,0	2,0
37	16,0	1,0	13,0	4,0
38	33,0	1,0	1,5	1,0
39	140,0	5,0	291,0	119,0
40	16,0	1,0	29,0	5,0
41	69,3	69,7	27,0	1,7
42	48,7	0,0	0,0	4,5
43	20,7	15,6	15,7	10,5
44	24,1	0,0	0,0	2,5
45	0,0	0,0	0,0	2,6
46	8,3	11,5	2,3	1,6
47	66,5	407,5	7,1	0,3
48	128,6	0,0	0,0	2,0
49	12,0	20,0	20,2	258,0
50	2,6	3,0	4,5	12,9
51	8,6	2,0	14,0	121,4
52	4,0	2,4	6,4	1.000,0
53	10,4	8,4	45,0	70,0
54	2,6	4,0	11,2	4,8
55	18,9	619,3	63,2	20,7
56	28,0	155,5	66,7	58,7
57	46,4	115,9	258,3	63,9
58	34,3	28,6	34,3	2,0
59	58,6	27,5	7,4	6,0
60	64,0	2,8	7,0	3,8
61	66,2	7,4	4,4	24,8
62	50,0	25,0	80,0	7,0
63	65,2	8,8	46,2	4,8
64	41,2	4,0	5,5	7,1
65	80,4	7,2	44,0	3,3
66	99,7	60,0	33,0	228,7
67	20,3	2,3	8,4	2,6
68	50,0	1,6	10,0	0,8
69	3,7	0,3	2,5	0,4
70	61,2	12,8	82,8	94,8
71	50,4	4,0	120,8	2,0
72	2,3	1,8	1,3	0,2
73	9,2	2,0	2,0	2,4
74	60,0	2,4	12,4	0,2

75	48,6	3,2	20,8	9,4
76	18,8	288,8	2,4	1,0
77	48,0	170,8	23,2	0,8
78	53,2	1.628,0	7,2	1,2
79	6,3	4,5	50,5	0,6
80	3,6	1,6	19,6	2,4
81	43,8	2,0	3,2	0,2
82	6,0	2,4	1,2	2,4
83	8,0	0,5	1,0	1,0
84	15,0	140,0	10,0	10,0
85	42,8	1,2	3,6	4,8
86	71,2	13,6	182,4	920,0
87	34,2	1,0	2,8	1,0
88	12,0	2,0	1,6	8,0
89	104,3	13,7	3,8	1,6
90	112,0	11,2	31,6	5,0

Através dos dados fornecidos pelo computador, a tantalita mostrou, desde a superfície de grau 1, tendência de crescimento segundo o sentido NE-SW (fig. 7). Na superfície de grau 4 (fig. 8), com alto coeficiente de correlação, observa-se a descriminação de um "alto" no centro-oeste da área, que na superfície de grau 6 (fig. 9) torna-se mais evidenciado. Nesta última aparecem também, zonas menos favoráveis à concentração da tantalita.

Foram plotados em mapas, na mesma escala dos executados pelo computador, os resíduos positivos ou negativos, em cada ponto amostrado.

A Tabela 9 mostra as variações das porcentagens da soma total dos quadrados dos resíduos e os coeficientes de correlação das diversas superfícies desde grau 1 até grau 6.

7.4. CASSITERITA

O processamento da fração cassiterita pelo computador revelou na superfície de grau 1, uma distribuição crescente de E para W (fig. 10). Na superfície de grau 3, ainda que com baixo coeficiente de correlação, já se nota uma tendência de concentração próximo ao centro da região em foco (fig. 11), que aparece subdividida e mais discriminada na superfície sêxtica, em virtude do maior coeficiente de correlação encontrado (fig. 12).

O mesmo tratamento de resíduos dado à tantalita, foi aplicado no presente caso, com resultados semelhantes.

7.5. ILMENITA E MAGNETITA

A finalidade de se executar o tratamento matemático para êsses dois minerais, deve-se ao fato de se esperar alguma relação direta ou inversa, com tantalita ou cassiterita, mesmo em grande aproximação, fato que facilitaria futuras prospecções e pesquisas na área.

Desde a superfície de grau 1, ambos os casos mostraram a porcentagem de soma total dos quadrados dos resíduos e coeficientes de correlação muito baixos, exceção feita a superfície de 6º grau de ilmenita que apresentou alta porcentagem dessa soma mas coeficiente de correlação negativo (indeterminação).

Ficou demonstrado que não existe "trend" para as distribuições de ilmenita sendo esta feita ao acaso.

Quanto à magnetita, parece haver uma tênue tendência a configurar-se de maneira semelhante ao comportamento da tantalita. (Tabela 9).

TABELA 9

Equidistância = 20	Tantalita	Cassiterita	Ilmenita	Magnetita
Grau 1				
% da soma dos quadrados	9,4	2,0	1,6	1,9
coeficiente de correlação	30,7	14,4	12,9	13,8
Grau 2				
% da soma dos quadrados	21,4	7,5	6,9	6,5
coeficiente de correlação	46,3	27,5	26,3	25,5
Grau 3				
% da soma dos quadrados	23,9	11,9	8,5	10,1
coeficiente de correlação	48,9	34,4	29,1	31,8
Grau 4				
% da soma dos quadrados	38,0	16,5	9,8	14,3
coeficiente de correlação	58,0	39,1	30,9	37,9
Grau 5				
% da soma dos quadrados	46,3	20,4	11,7	17,5
coeficiente de correlação	57,1	44,6	23,2	40,8
Grau 6				
% da soma dos quadrados	46,8	22,5	157,4	19,4
coeficiente de correlação	62,3	50,9	- 10 ³	40,4

MAPA GEOLÓGICO DA QUADRÍCULA DE CASSITERITA

LEGENDA

	Cidade ou Distrito		Qal Quaternário - Aluviões		Atitude da foliação		Contato estratigráfico ou litológico verificado
	Povoado ou Fazenda		xi-mf Série Pré-Minas - (formação manganisifera) - Xistos		Atitude de foliação vertical		Contato estratigráfico ou litológico inferido
	Estrada Municipal e Ponte		anf.xi Série Pré-Minas - Anfibólito xisto e anfibólitos		Lineamento estrutural		Afloramentos de pegmatitos visitados e/ou amostrados
	Caminho de Fazendas		gn Série Pré-Minas - Complexo granito-gnaissico
gn-gnaisses graníticos e granitos de contato transicional		Eixo de sinclinal		Vestígios de pegmatitos
	Viação Férrea Centro - Oeste		lp - leptitos		Eixo de anticlinal		X Jazidas em exploração
	Rede Hidrográfica						

ESCALA
0 150 300 600 900 1200 1500 1800 m.
Geologia por Ricardo Francesconi
1972

FIG.-6-

FIG. 8

TREND SURFACE ANALYSIS DOS PEGMATITOS DE SAO JOAO DEL REI
RICARDO FRANCESCONI DMP-IG USP

TANTALITA

SUPERFICIE DE GRAU 6

TREND SURFACE ANALYSIS DOS PEGMATITOS DE SAO JOAO DEL REI
RICARDO FRANCESCONI DMP-IG USP

CASSITERITA

SUPERFICIE DE GRAU 1

TREND SURFACE ANALYSIS DOS PEGMATITOS DE SAO JOAO DEL REI
RICARDO FRANCESCONI DMP-IG USP

ILMENITA

SUPERFICIE DE GRAU 6

FIG. 13

TREND SURFACE ANALYSIS DOS PEGMATITOS DE SÃO JOÃO DEL REI
RICARDO FRANCESCONI DMP-IG USP

MAGNETITA

SUPERFICIE DE GRAU 6

FIG. 14

8. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A geologia da área estudada apresenta problemas comuns a regiões muito antigas, pré-cambrianas onde se superpõem eventos geológicos de metamorfismo e tectonismo.

Foi possível, no entanto reconhecer as várias unidades lito-estratigráficas cujas descrições foram feitas no capítulo 5 e resumidos nos mapas geológicos (Fig. 2 e 7).

Os pegmatitos, objeto especial deste trabalho, estão encaixados em gnaisses e em anfibólio xistos, e devem estar geneticamente relacionados com a atividade ígnea que deu origem aos corpos intrusivos de parentesco granítico como os adamelitos, granodioritos e granitos, que ocorrem em geral próximo aos grandes corpos pegmatíticos, e em alguns casos associados a eles como encaixantes.

As únicas datações absolutas dos pegmatitos (Volta Grande) pelo método K/Ar em muscovitas forneceram, segundo Dirac et al (1967), idades de 1.105 ± 39 e 1.186 ± 98 m.a. Essas idades devem no entanto, ser tomadas como mínimas, devido a possibilidade de a muscovita ter perdido argônio radiométrico durante os eventos tectônicos posteriores a sua formação. As relações de campo somente permitem dizer que os pegmatitos são posteriores aos anfibólio xistos e anfibolitos.

Em vista da associação mineralógica apresentada os pegmatitos podem ser classificados como ácidos e complexos.

Heinrich (1964) classifica os pegmatitos de Volta Grande em dois tipos: um com espodumênio e outro sem. Afirma ainda que os pegmatitos sem espodumênio sofreram forte deformações cataclásticas, enquanto que os portadores de espodumênio não mostram fraturamento nem cisalhamento, sugerindo duas idades de formação em relação ao tectonismo.

O autor do presente trabalho prefere adotar a classificação de: pegmatitos simples, constituídos exclusivamente de quartzo feldspato e mica (raros na área); e, pegmatitos complexos, que além desses minerais apresenta-se mineralizado por outros de elementos raros, sendo este o caso comum na região.

Um pegmatito complexo para alguns autores (Hanley et al, 1950; Cotelo Neiva, 1954) se desenvolve em 2 estágios: formação de um pegmatito simples, pela cristalização direta de um fluido magmático; e, posteriormente, substituição parcial ou total do pegmatito por soluções hidrotermais que o atravessam. O primeiro estágio ocorreria num sistema fechado e o segundo num sistema aberto.

Essa idéia associada à de Emmons (1940), segundo a qual, "os pegmatitos de interesse econômico estão mais afastados do núcleo da rocha ígnea que lhe deu origem", e associada as observações de Heinrich (1959) segundo as quais, "pegmatitos simples tendem a se localizar dentro ou junto à intrusão, enquanto que os pegmatitos complexos estão mais afastados", concorda com as observações feitas no presente trabalho.

Nota-se um maior teor de minerais acessórios econômicos nos pegmatitos que se encontram encaixados em anfibolioxistos mais distantes de intrusivas ácidas.

Os pegmatitos encaixados em rochas gnaissicas ou intimamente associados a intrusivas, mostram-se mais pobres em minerais econômicos (com exceção dos pegmatitos do Paiol e Cãvalo do Buraco).

As rochas gnaissicas (e as intrusivas associadas) possuem menor fraqueza estrutural que as anfibolíticas, prevalecendo nas primeiras, condições mais duradouras de um sistema fechado, tendendo a formação de pegmatitos mais simples. No caso dos anfibolioxistos, a própria natureza dessas rochas favoreceu o desenvolvimento da fase hidrotermal.

Quanto mais distantes das intrusivas, os corpos pegmatíticos são mineralizados por fluidos tardios mais móveis e mais ricos em elementos raros.

Confirmando essas observações, os pegmatitos encaixados nos gnaisses não obedecem nenhuma orientação preferencial, enquanto que os intrusivos em anfibolioxistos são concordantes (por ex. Mina da Serra e observações dos capítulos 6 e 7).

Zoneamento mineralógico dentro dos corpos pegmatíticos não são nítidos. Na maioria dos casos, os possíveis zoneamentos estariam mascarados pelo elevado estado de alteração em que se en

contram, sendo também, difícil a distinção de zonas de borda, sobretudo quando interdigitadas com as encaixantes, igualmente alteradas e em alguns casos também mineralizadas próximo ao contato.

Deve, contudo, haver zoneamento, pelo menos discreto, porquanto é conhecido pelos práticos de garimpagem e de desmonte hidráulico que as apófises de pegmatitos são mais ricas que o corpo central. Outro indício é a larga distribuição granulométrica de alguns minerais, notadamente muscovita e quartzo.

A presença nos pegmatitos de minerais de turmalina e berilo, fraturados e preenchidos, de quartzo com extinção ondulante e a existência de espelhos de falha, como os observados por Heinrich (1964) em Volta Grande, sugerem que os pegmatitos sofreram tectonismo nos seus estágios finais e após sua formação.

As observações resultantes do "trend surface analysis" comparados com o mapa geológico da quadrícula de cassiterita (Fig. 6) faz supor que uma dos focos de fluidos pegmatíticos se encontra na região sudoeste daquela quadricula, próximo e ou adjacentes aos leptidos.

As linhas isoteores do "trend" não distinguem, aparentemente, as litologias das encaixantes, pela ponderação dos teores. No entanto pelos dados constantes da Tabela 8, verifica-se que os afloramentos situados nos anfibólitos xistos, ou mesmo no contacto destes com os gnaisses, são os maiores responsáveis pela tendência de concentração de Ta e Nb e por duas abas de concentração de Sn.

A figura 12 ("trend" de 6º grau de cassiterita) mostra uma disposição simétrica em relação a uma fonte, apresentando suas maiores concentrações em duas abas opostas e mais externas, em relação à distribuição de tantalita (Fig. 9).

Tais relações permitem supor que, pelo menos localmente, as soluções mineralizantes de Ta-Nb e as de Sn provém da mesma fonte, embora difiram quanto as distâncias e formato das zonas nas quais agiram de modo mais acentuado e, por analogia, quanto ao predomínio da etapa de evolução do processo pegmatítico.

Os, relativamente, baixos coeficientes de correlação apresentados pelas análises de "trend" de magnetita (Tabela 9), talvez possam ser explicados por problemas de separação, de liberação ou de martitização. Porém, para a sua disposição na superfície de 6º grau (Fig. 9), deve haver um motivo geológico.

A magnetita deve ter sido formada nos estágios magmáticos iniciais do pegmatito. A mineralização tântalo-niobífera, que com a evolução passou a ser niobo-tantalífera, se deu predominantemente nos primeiros estágios pneumatolíticos (K e Li). A cassiterita teve seu desenvolvimento maior durante a fase Na, posterior às anteriores, e provavelmente, após algum tectonismo.

Ginzbourg (1960), tabela 1, pg. 113), resume as características principais apresentadas por pegmatitos formados a diferentes profundidades. Adotado seu esquema, os pegmatitos da província estudada apresentam aspectos particulares de pegmatitos profundos (abaixo de 6-7 km) superimpostos por feições de pegmatitos intermediários (de 3,5-4 km a 6-7 km):

A idade pré-cambriana; a ausência de grandes intrusões graníticas (batolitos); a presença de alguns pegmatitos estéreis; a variação textural de alguns corpos; o pouco desenvolvimento de zoneamento; a presença de minerais de Fe, Ti, Nb, U e Th; e, a presença de minerais de terras raras: são os aspectos de pegmatitos profundos.

A mesma idade; a presença de intrusões de corpos limitados de granito e granodiorito; o desenvolvimento de mineralização pneumatolítica; a limitação do efeito de alteração das encaixantes; o incipiente, porém provável, zoneamento apresentando; a presença de greisen; e, a mineralização em Nb, Ta, Sn, Li e Hf: são feições de pegmatitos intermediários.

Este autor prefere adotar para maioria dos pegmatitos da região a formação a uma profundidade pouco maior que 6-7 km, no seu estágio inicial, sendo sua hidrotermal posterior muito mais importante.

A grande maioria dos pegmatitos amostrados estão atualmente cortados pela erosão na zona de intensa ação das soluções hidrotermais; estando praticamente ausentes os níveis de fluorita, topázio e berilo; e, gradando para níveis mais próximos à fonte onde rarefaz-se o efeito hidrotermal mineralizante de acessórios econômicos, tendendo a pegmatito mais simples na sua mineralogia.

Vários pegmatitos já explorados e atualmente abandonados não mostram causa técnica manifesta para sua abandono. Alguns garimpeiros fazem referências a "enfraquecimento" do pegmatito com a profundidade, ou seja, diminuição da relação: gramas de

concentrados pesados por tonelada de pegmatito.

Examinando-se os dados disponíveis, à luz da evolução geoquímica do processo pegmatítico, preconizado por Ginzbourg (1960), pode-se tecer as considerações que seguem.

A presença do estágio geoquímico Ca-Na é manifestada pela existência de pegmatitos com a formação de oligoclásio (Heinrich, 1964), biotita, magnetita, ilmenita e almandina. Pertence provavelmente a essa fase a formação de xenotima, zircão, monazita e gahnita.

O estágio potássico (K), estaria presente, caracterizado pela formação de turmalina, berilo, ribeirita, além das transformações nos minerais primários que não puderam ser observadas, mas que são relatadas por Heinrich (1964): formação de microclínio e posteriormente de muscovita. Nesta fase devem ter se formado: pirocloro, zircão e Ta-columbita.

O estágio Li está presente nos pegmatitos de Volta Grande, Mato Virgem e Minas Brasil e da Serra, mas atingiu grande desenvolvimento somente em Volta Grande, onde se formaram os cristais de espodumênio.

O estágio Na se manifesta pelo aparecimento de Nb-tantalita, microlita, cassiterita, ixiolita e secundariamente, berilo. Grande parte de muscovitas de dimensões pequenas e médias, de coloração rosea, devem pertencer a este estágio.

O estágio K de "greisenificação" pôde ser observada somente no pegmatito não alterado de Volta Grande, onde se nota muscovita centimétrica, quartzo e turmalina verde-garrafa em textura radial.

Ao estágio geoquímico alcalino final (K, Li, Rb, Cs) é atribuída a formação de lepidolita, bityita, microlita e cyrtolita. Provavelmente, se deu neste momento o zoneamento da columbita - tantalita, a formação de alvarolita, o crescimento de microlita sobre pirocloro e a nucleação de novos cristais de microlita, samarskita e tantalita.

Após as mineralizações ligadas à geoquímica dos alcalinos, as soluções aquosas circulantes por fissuras, foram responsáveis pela formação de minerais de titânio (rutilo e brookita) e pela formação de veios de quartzo.

Heinrich (1964) estudando os pegmatitos de Volta Grande e alguns outros próximos associados, estabelece uma sequência genética constituída de três fases magmáticas e dois estágios hidrotermais, sempre intercalados por fraturamentos, cizalhamentos ou falhamentos.

Tal sequência de eventos podem explicar a não evidência de zoneamento ou talvez a sua complexidade. Pelo menos algum tectonismo deve ter existido durante e após o estágio Li e no processo final de formação de veios de quartzo. A distinção entre as fases magmáticas e hidrotermal são apoiadas pelas observações deste trabalho.

9. AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho contou com o auxílio de entidades e pessoas que colaboraram para a sua execução.

A Cia. Desenvolvimento de Industrias Minerais (CODIM) concedeu desinteressadamente, através do Dr. David L. Mathias Jr. apoio financeiro para os trabalhos de campo e uma bolsa de estudos a aluno do Curso de Geologia, pelo que o autor registra seus mais sinceros agradecimentos.

O Prof. Dr. José Vicente Valarelli orientador desta tese, colaborou de maneira direta, fornecendo sugestões, críticas e incentivo, além de ajudar a solucionar problemas em diversas etapas do trabalho, a quem o autor expressa sua mais profunda gratidão.

Merecem destaque e agradecimento especial pelo auxílio prestado nas determinações ópticas e estudos petrográficos os Professores, Dr. José Moacyr V. Coutinho e Marcos Aurélio F. Oliveira.

Sinceros agradecimentos são devidos aos Professores Dr. Reinholt Ellert, Dr. Umberto G. Cordani e Dr. Celso B. Gomes por sugestões e críticas formuladas durante a execução do trabalho.

Ao Prof. Dr. Gilberto Amaral que programou e acompanhou a parte de computação eletrônica, os melhores agradecimentos.

O autor agradece a colaboração prestada pelo Prof. Dr. Kenkichi Fujimori nas análises por fluorescência de raios X; ao Dr. Edmundo G. Agudo, Srs. Uriel Duarte e Claudio L. Signemartim pertencentes ao Instituto de Energia Atômica da USP nas análises por ativação e fluorescência de raios X; ao Dr. Raphael Hypolito pelas dosagens de ferro total para elaboração de curvas padrão de fluorescência de raios X.

Agradecimentos são extensivos ao Sr. Celso Dal Ré Carneiro, na ocasião, aluno do Curso de Geologia da IG-USP e bolsista da CODIM, pela colaboração prestada na parte de difração de raios X, óptica cristalina e na participação em trabalhos de campo na ocasião do mapeamento geológico.

Aqui o autor agradece aos funcionários do Instituto de Geociências que prestaram colaboração Dr. Deocleciano S. de Araujo e Sra. Melany T. Isauk pela confecção de lâminas delgadas e secções polidas; Srta. Namie Koseki pelos desenhos e gráficos ; Sr. Josef Robert Gsellmann e Srta. Vera L. da Costa pela datilografia do texto; Sr. Jaime A. Silva e equipe pelos trabalhos de impressão.

Aos demais professores e colegas de modo direto ou indireto auxiliaram no presente trabalho sinceros agradecimentos.

10. BIBLIOGRAFIA

- Amaral, G. e Ellert, N. - (1971) - Aplicação do "trend surface analysis" à interpretação do levantamento geoquímico e geofísico da Jazida de níquel de Ipanema, Minas Gerais. XXV Congresso Bras. Geol. - São Paulo res. p. 114.
- A.S.T.M. - (1965) - American Society for Testing and Materials. X ray powder data file.
- Azaroff, L. V. e Buerger, M. J. - (1958) - The powder method in X-ray crystallography. Mc Graw - Hill Book Co. Inc. N. Y.
- Belezkij, W. - (1956) - Mineralização tântalo-estanífera e uranífera do Município de São João del Rei - Minas Gerais D.F.P. M, bol. 99, p. 1.
- Barbosa, O. - (1954) - Évolution du geosynclinal Espinhaço. Congr. Geol. Intern., 19 (Alger), Fasc. 14, p. 17.
- Cordani, U. G.; Delhal, J. e Ledent, D. - (1973) - Idade radiométricas da Serra dos Órgãos e Vizinhanças (leste de Minas Gerais e Estado do Rio de Janeiro) no prelo.
- Cotelo Neiva - (1954) - Pegmatitos com cassiterite e tantalite-columbite da Cabração (Ponte do Lima - Serra de Arga) Memórias e Notícias do Mus. e Lab. Min e Geol. Univ. Coimbra, v. 36, p. 1.
- Deer, W. A., Howie, R. A. e Zussman, G. - (1962) - Rock forming Minerals. v. 1 e 5. John Wiley e Sons Inc. N. Y.
- Dirac, F. M. e Ebert, H. - (1967) - Isotopic ages from the pegmatite provinces of Eastern Brasil. Nature, v. 215 nº 5104, p. 984.
- Dorr, J. V. N.; Horen, A. e Coelho, I. S. - (1958) - Jazidas de manganês de Minas Gerais, Brasil. DFPM, bol. 105.
- Ebert, H. - (1956) - Beitrag zur gliederung des Pra kambriuns in Minas Gerais. Geol. Rundschau, v. 45, p. 471.
- - (1958) - Discordâncias pré-cambrianas em Carandaí, Minas Gerais. DGM. bol. 183.
- - (1963) - The manganese - bearing Lafaiete - formation as a guide horizon in the Pre-Cambrian of Minas Gerais. An. Ac. Bras. Ci. V. XXXV, nº 4, p. 545.

- Ellert, N. - (1971) - Aplicação do método eletro-magnético indutivo na prospecção de minério de cobre. Tese apresentada ao IG-USP (inédita).
- Emmons, R. C. - (1940) - The contribution of differential pressure to magmatic differentiation. Amer. Journ. Sci. v. 238 p. 308.
- Erichsen, A. I. - (1929) - Geologia da fôlha de São João del Rei, Estado de Minas Gerais. SGMB, bol. 36.
- Gomes, E. M. A. - (1950) - Região estanífera de São João del Rei - MG. DFPM, bol. 87, pg. 72.
- - (1963) - Região estanífera de São João del Rei - DFPM. bol. 90, p. 62.
- Guimarães - (1948) - Age determinations of quartz veins and pegmatites in Brasil. Econ. Geol. v. 43, p. 100.
- - (1950) - A jazida de djalmaite de Volta Grande, Rio das Mortes, Minas Gerais. An. Acad. Bras. Cien. t. 22, nº 1, pg. 51.
- - (1956) - Concentrados estaníferos do Município de São João del Rei, Minas Gerais. DFPM, bol. 99, p. 44.
- - (1956a) - Tratamento do granito estanífero de Volta Grande e Germinal, Distrito de Nazareno, Minas Gerais. DFPM, bol. 99, p. 73.
- - (1957) - Ocorrência de um mineral raro no pegmatito de Germinal, Distrito de Nazareno, Minas Gerais. Rev. EMOP, V. XXI, nº 2, p. 76.
- Guimaraens, C. P. - (1941) - Djalmaite, a new radioactive mineral Am. Miner. v. 26 p. 343.
- Guinzbourg, A. I. - (1960) - Specific geochemical features of the pegmatitic process. XXI Int. Geol. Congr. Part XVII p. 111.
- Hanley, J. B.; Heinrich, E. Wm.; and Page, L. R. - (1950) - Pegmatite investigations in Colorado, Wyoming and Utah, 1942-1944. USGS. Prof. Paper, 227.
- Heinrich, E. Wm - (1958) - Mineralogy and Geology of radioactive raw materials, Mc. Graw - Hill Book Co., Inc. N. Y.

- Heinrich, E. Wm. - (1959) - Lithium - tantalum pegmatites of the São João del Rei District, Minas Gerais, Brasil. Geol. Soc. Am. Bull. v. 70 nº 12 p. 1617.
- - (1964) - Tin - Tantalum - Lithium pegmatites of the São João del Rei District, Minas Gerais, Brasil. Econ. Geol. v. 59, p. 982.
- Horen, A. - (1953) - The manganese mineralization at the Merid Mine, Minas Gerais, Brasil. Tese apresentada a Harward University. Inédito.
- Jahns, R. H. - (1955) - The study of pegmatites. Econ. Geol. 50th Anniversary Volume. Part. II p. 1025.
- Kerr, P. F. - (1959) - Optical Mineralogy, Mc Graw - Hill Book Co. Inc. N. Y.
- Leonardos, O. H. - (1940) - Filito metamórfico de Carandaí. Minas Gerais. An. Acad. Bras. Ci. v. 12, p. 243.
- Martim, R. - (1962) - Exploração dos pegmatitos estaníferos de Volta Grande e Germinal. Eng. Min. e Met. v. 36, p. 135.
- Paiva, G. - (1946) - Províncias pegmatíticas brasileiras - bol. 78 DFPM.
- Rolff, P. A. M. A. - (1945) - A cassiterita de São João del Rei. Min. e Met. v. X nº 56 p. 83.
- - (1947) - A província estanífera do Rio das Mortes, Minas Gerais. Rev. EMOP. ano XII nº 3, p. 25.
- - (1947a) - A monazita de São João del Rei. Rev. EMOP. ano XII nº 6 p. 29.
- - (1948) - A província estanífera do Rio das Mortes, Rev. EMOP. ano XIII, nº 3, p. 5.
- - (1948a) - Possibilidade econômicas da muscovita de São João del Rei. Rev. EMOP. ano XIII, nº 4, p. 15.
- - (1951) - Nota sobre alguns minerais radioativos de São João del Rei. Rev. EMOP., ano XVI, nº 6, p. 7.
- - (1952) - Geologia da Província estanho-litínífera do Rio das Mortes. Rev. EMOP, ano XVII, nº 6 p. 3 e 40.
- - (1952a) - Urânio e tório em São João del Rei Rev. EMOP, ano XVIII, nº 2, p. 11.

- Rolff, P. A. M. A. - (1953) - Os pegmatitos da Colônia, Prados, Minas Gerais Rev. EMOP, ano XVIII, nº3, p.5.
- - (1957) - Notas sobre a geologia de São João del Rei Rev. EMOP, ano XXI, nº2, p.64.
- - (1959) - Minérios de lítio no Brasil. Rev. EMOP, ano XXIII, nº1, p.29.
- Troger, W. E. - (1959) - Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, E. Schweizerbart'sche buchhandlung, Stuttgart.
- Uytenbogaardt, W. e Burke, E. A. J. - (1971) - Tables for microscopic identification of ore minerals. Elsevier Publishing Co. Amsterdam.
- Vlasov, K. A. - (1966) - Mineralogy of Rare Elements, Acad. Sci. URSS, Israel Translation Distr. Daniel Davey e Co., Inc. N. Y.
- Winkler, H. G. F. - (1965) - Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer - Verlag - N. Y.

MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE SÃO JOÃO DEL REI - MG

- PRADOS**
Município
- Cajuru**
Distrito ou Vila
- Estradas principais
- Estradas secundárias
- Viação Férrea Centro-Oeste
- Rede hidrográfica
- 35 Atitude da foliação
- Atitude de foliação vertical
- Lineação estrutural
- ✚ Eixo de sinclinal
- ✚ Eixo de anticlinal
- Contato estratigráfico ou litológico inferido
- Afloramento de pegmatito
- x Jazidas em exploração

- LEGENDA**
- Formação Barroso **Ca** Calcários
- Formação Carandaí **fi** Filitos
- Série Itacolomi **Qzto** Quartzitos (metaconglomerados e metassiltitos)
- Série Minas **xi** Xistos
- Qzto-if** Quartzitos - itaíritos
- Série Pré-Minas **xi** Xistos - incluindo formação manganêsfera
- anf.xi** Anfibólito xistos e anfibólitos
- gn** Complexo granito - gnáissico (indiscriminado)

- b** Intrusivas básicas
- gr** Granito
- ad** Adamellito
- Qz di** Quartzo diorito

ESCALA 1:200.000

1000 0 2000 4000 5000m

Geologia por Ricardo Franciscani
1972