

077 9693

PETROLOGIA DE PARTE DO MACIÇO GRANÍTICO GUARAÚ — SP

Mírian Cruxên Barros de Oliveira — IPT/SP

Eleno de Paula Rodrigues — IPT/SP

José Moacyr Vianna Coutinho — IPT/SP

Fernando Antônio Guimarães Martins — IPT/SP

Mário César Heredia de Figueiredo — IUGS/SP

Luiz Henrique Zaparolli — IPT/SP

ABSTRACT

The Guaraú Granite is made up of two units; Desemborque (medium to fine grained equigranular 3A granites) and Azeite (medium to coarse grained equigranular mesoperthite granites). Geologic, petrographic, mineralogic and lithochemical studies made it possible the characterization of both units as well as the associated sulphide greisens.

The Guaraú Granite shows strong chemical differentiation and the Desemborque Unit has anomalous Rb contents, which could be explained by this high degree of differentiation.

The granites were assigned to alkaline and peralkaline fields and belong to the intraplate (anorogenic) type A.

An early and mild sodic metasomatism is supposed to have acted throughout the granitic region, a process which seems to have been highly intensified at the immediate vicinities of greisens.

INTRODUÇÃO

Este artigo baseia-se fundamentalmente nos trabalhos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT (1985, 1986) na região do Maciço Guaraú, sob os auspícios da Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo-SCT, através do Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais-Pró-Minério.

O acesso a cerca de 50% da área de exposição granítica foi impedido por motivos administrativos, não se contando portanto para esta região nem mesmo com mapa em escala de reconhecimento. O mapa da FIGURA 1 delimita aproximadamente a área total e a pesquisada.

O maciço granítico Guaraú situa-se ao sul do Estado de São Paulo, na região administrativa do Vale do Ribeira, a sudoeste da cidade de Jacupiranga, no distrito de Cajati.

GEOLOGIA

O maciço constitui um corpo de forma alongada com eixo maior na direção aproximada N37E e ocupa cerca de 100 km² da porção centro-ocidental da folha topográfica 1:50.000 de Barra do Azeite (SG-22-X-13-VI-4), recebendo as denominações locais de Serra do Cadeado, Serra Anta Gorda

e Serra do Guaraú (IPT, 1984).

Os limites do Maciço com as encaixantes (ectonitos, migmatitos e granito-gnaisses) são demarcados por contatos nítidos, bruscos e discordantes, o que permite atribuir-lhes, um caráter ora intrusivo, ora tectônico (MORGENTHAU et alii, 1975), este, por efeito de extensos falhamentos N-S e associados, que definem as extremidades oriental e ocidental da porção norte do maciço.

Em trecho da borda W da intrusão estudada, junto às cabeceiras do Rio do Azeite, ocorre uma unidade constituída de rochas gnaissóides blastomiloníticas. BATOLLA Jr. et alii (1981) e SILVA et alii (1981) correlacionaram tal unidade aos gnaisses Barra do Azeite, sub-unidade do Complexo Turvo-Cajati, enquanto CAMPOS NETO, (1983) correlacionou-a aos gnaisses Capelinha. Ainda outros autores (em IPT, 1985) consideram-na uma possível "janela" estrutural do Complexo Costeiro aberta nos ectonitos do Complexo Turvo-Cajati.

Rochas xistosas, características da subsequência Cajati do Complexo Turvo-Cajati, encaixam o Maciço Granítico Guaraú numa grande extensão a norte do corpo e numa estreita faixa a oeste, acompanhando o Ribeirão Palmital (IPT, 1985).

Ao longo da borda leste do Maciço Guaraú, dá-se o contato discordante e tectônico com uma unidade migmatítico-gnaissica, referível ao Complexo Costeiro (HASUI et alii, 1981), como pode ser observado no curso do Rio Jacutinga onde, em zona de falha, verifica-se a presença de xenólitos métricos de migmatito extremamente fraturado inclusos no granitóide (IPT, 1985).

Numa pequena porção a sul da área mapeada por IPT (1985), ocorre uma rocha granitóide foliada, de aspecto gnaissóide, mostrando possíveis evidências de um incipiente processo de blastomilonitização. A idade primária destes granito-gnaisses já fora admitida como sendo sincrônica ao Ciclo Brasileiro (fácies Cantareira de HASUI et alii, 1978), porém referências mais recentes retomam a hipótese de MORGENTHAU et alii (1975) de que seriam pertencentes ao embasamento pré-cambriano retrabalhado (BATOLLA Jr. et alii, 1981) considerando-os como do Proterozóico indiferenciado.

Por meio de características exclusivamente texturais observadas em campo, pode-se individualizar, para a porção até então mapeada do Maciço Guaraú, dois tipos faciológicos distintos, denominados informalmente de unidade Desemborque (γD) e Azeite (γZ) (IPT, 1985), pelo fato dos rios Desemborque e Azeite estenderem-se ao longo das respectivas áreas de ocorrência, a nordeste e sudoeste do falhamento N-S que secciona o corpo. (FIGURA 1).

Assim, a caracterização geral das unidades graníticas do Maciço Guaraú é a seguinte:

- Unidade Desemborque (γD): granitos equigranulares de granulação média a fina, cor predominante cinza claro;

- Unidade Azeite (γZ): granitos equigranulares de granulação média a grossa, cor predominantemente rósea.

A Unidade Desemborque, aflorando na porção NE do maciço é a que apresenta maior extensão para a porção conhecida. Onde pode ser observado, seu contato com a Unidade Azeite se dá por falha. Apresenta-se cortada por diversas falhas, predominantemente de direção N-NW, por vezes acompanhadas por diques de granito pórfiro, ocorrendo também intrusões de diabásio e lamprófiro.

Essa unidade caracteriza-se pela predominância de granitos de coloração cinza claro, equigranulares, de granulação fina a média e estrutura maciça. No seu domínio foi verificada uma ocorrência de greisen, na forma de bossas centimétricas a decimétricas de cor cinza escuro a preta, textura afanítica a fanerítica fina, localmente apresentando contato gradacional para o granito inalterado, sendo a rocha intermediária um granito albitizado e parcialmente greisenizado, de cor cinza claro e granulação fina.

A Unidade Azeite aflora nas porções W e S da área mapeada e seus contatos, tanto com as encaixantes como com a Unidade Desemborque, são predominantemente tectônicos. É constituída por rochas de coloração rósea, equigranulares, de granulação média a grossa e estrutura maciça. Na borda oeste do maciço foi verificada ocorrência de greisen com

topázio e concentrações de sulfeto de Zn e de Cu. Foi encontrada somente sob a forma de blocos e matacões, constituídos por rocha acinzentada, maciça e com granulação fina a média.

As duas ocorrências de greisen verificadas acham-se relacionadas aos falhamentos de direção aproximada N-S e E-W.

Ainda na borda oeste do maciço, foram observadas porções intensamente albitizadas da Unidade Desembarque em contato falhado com os gnaisses do Complexo Costeiro. Nestas porções a rocha adquire cor cinza claro, apresenta estrutura maciça a levemente orientada e granulação fina, observando-se também concentração de sulfetos.

Toda a porção mapeada do Maciço Guaraú acha-se atravessada por granitos pórfiros, na forma de diques de direção N-NW ou bolsões, de dimensões decimétricas a métricas. São rochas de cor cinza escuro a róseo, textura porfirítica, matriz afanítica a fanerítica fina, com fenocristais milimétricos de feldspato alcalino e de quartzo.

Na borda oeste do maciço, junto às cabeceiras do Rio Azeite ocorre um corpo de porfiro com aproximadamente 0,5 km² de área. Seus contatos com os xistos da Sequência Turvo-Cajati são discordantes por intrusão e/ou falhamento e com a unidade blastomilonítica do Complexo Costeiro, por falhamento. Define-se uma estrutura circular, de possível "stock" perfeitamente caracterizada por fotografia aérea (IPT, 1985). Apresenta cor cinza rosado, estrutura maciça e granulação fina, e quando alterada adquire cor cinza-esbranquiçada. Segundo a classificação da IUGS (1973), é um álcali-granito porfiro. Provavelmente, estes granitos pórfiros pertencem à fácies Granofírica de HASUI et alii (1978).

Diabásio e lamprófios são rochas de idade presumivelmente mesozóica e ocorrem sob a forma de diques. Lamprófios são observados por todo o maciço, cortando-o, geralmente na direção NW. Normalmente preenchem fraturas N-S/N35W, subverticais a verticais (IPT, 1985). Apresentam estrutura maciça, granulação fina, cor cinza escuro esverdeado e textura porfirítica. Os diques de diabásio acham-se também dispersos por todo o maciço e são rochas de coloração cinza escuro a preto, estrutura maciça e textura afanítica.

PETROGRAFIA

Granitos da Unidade Desembarque (γD)

As rochas desta unidade exibem, ao microscópio textura granular hipidiomórfica a xenomórfica caracterizada pelo arranjo de cristais milimétricos a submilimétricos de feldspatos, normalmente subédricos a tabulares, e cristais de quartzo submilimétricos, subédricos e arredondados (mais desenvolvidos) ou anédricos intersticiais (PRANCHA I, FOTO A). Algumas amostras apresentam textura inequigranular xenomórfica ou mesmo porfiróide. Neste caso, a matriz apresenta granulação fina e os fenocristais, de até 3,0 mm, são de quartzo com hábito bipiramidal, muitas vezes com formas arredondadas e, mais raramente, de mesopertita e plagioclásio, ambos em cristais tabulares. Ocasionalmente exibem feições deformacionais, tais como: cristais fragmentados e com porções deslocadas, lamelas de geminação encurvadas, textura "mortar" e abundância de vênulas de quartzo granoblástico. Outra textura encontrada localmente é a granofírica, caracterizada pelo intercrescimento gráfico entre quartzo e feldspato potássico.

Mineralogicamente são compostos essencialmente por mesopertita a ortoclásio perfitico, quartzo e plagioclásio (oligoclásio, por vezes albitizado), em proporções que variam de 90 a 95%. São leucogranitos típicos, pois o teor em máficos é normalmente inferior a 5%. Em quantidades bastante subordinadas ocorrem: biotita verde a parda ou mica verde clara (possivelmente flúor-litínifera), opacos (magnetita), zircão, mica branca, fluorita, allanita alterada, turingita, biotita parda, stilpnomelano (?) e albita. O plagioclásio é frequentemente sericitizado. A biotita por vezes acha-se parcialmente substituída por mica branca e/ou verde clara (associada a fluorita e opacos); localmente se altera em hidróxidos de ferro ao longo das clivagens. Segundo a classificação da IUGS (1973) são granitos 3A (FIGURA 2a e

2b), e a de TUTTLE & BOWEN (1958) são do tipo "subsolvus". Quase todas as amostras analisadas desta unidade apresentam evidências do processo de albitização precoce, tais como: franjas albiticas ao redor de cristais de mesopertita, cristais de albita isolados, límpidos, formados no contato entre grãos de mesopertita, "swapped rims" e pertitas do tipo "patches" (manchas) indicativas de substituição.

A alteração da biotita e dos feldspatos são indicativas de processo hidrotermal e/ou deutérico de baixa intensidade, porém pervasivo.

Granitos da Unidade Azeite (γZ)

Ao microscópio observa-se que a textura granular hipidiomórfica é amplamente dominante, caracterizando-se pelo arranjo entre cristais de mesopertita (e albita), tabulares, milimétricos a localmente centimétricos, e de quartzo, geralmente com tamanhos variados (milimétricos a submilimétricos), subédricos, com hábito bipiramidal e com formas arredondadas a subarredondadas, ou em cristais anédricos, intersticiais (PRANCHA 1, FOTO B). Algumas amostras localmente apresentam textura granofírica (intercrescimento gráfico de quartzo e feldspato potássico).

Raramente ocorrem feições indicativas de deformação, tais como: microfraturas, por vezes preenchidas por quartzo microgranular ou por biotita verde a parda, cordões de quartzo microgranular, plaquetas de biotita e lamelas de geminação encurvadas em plagioclásio.

A mineralogia essencial é mesopertita (+ albita) e quartzo, em proporções que variam de 85 a 95%. Outros minerais geralmente presentes são o plagioclásio (oligoclásio), biotita verde a parda, opacos (magnetita e/ou ilmenita), allanita, zircão (parcialmente metamictizado), fluorita, mica verde clara a parda (possivelmente flúor-litínífera), turingita e albita. Em algumas amostras foram encontradas, acessoriamente, esfalerita e granada. Como minerais certamente secundários foram observados sericita, mica pardo-esverdeada a branca (associada à biotita), filossilicatos castanho-alaranjados (associados à allanita) e hidróxidos de ferro. Segundo a classificação da IUGS (1973) as rochas da Unidade Azeite são mesopertita granitos (campo 2). Foi descrita apenas uma amostra que pertence ao campo dos granitos 3A (FIGURAS 2a e 2b). De acordo com a classificação de TUTTLE & BOWEN (1958) são do tipo "hypersolvus" e "subsolvus".

A Unidade γZ , na área estudada, foi bastante afetada pelo processo de albitização precoce, pois quase todas as amostras analisadas apresentam feições características (pertitas tipo "patches" e localmente "chessboard"; bordas albiticas, por vezes do tipo "swapped rims" entre cristais de mesopertita contíguos etc) (PRANCHA 1, FOTO D).

Rochas Resultantes de Alterações Tardi a Pós-Magmática

O Maciço Granítico sofreu, de maneira geral, diversos processos tardi a pós-magmáticos, como metassomatismo sódico, e greisenização. As rochas resultantes de um ou mais destes processos denominam-se metassomatitos. Entende-se o termo metassomatito como "uma rocha cuja composição química foi substancialmente modificada pela alteração metassomática dos seus constituintes originais" (BATES & JACKSON, 1980).

Pela definição mais recente proposta pela IUGS em 1985, e discutida em Nancy em 1986, metassomatito ou rocha metassomática é a rocha na qual se reconhecem os efeitos do metassomatismo de maneira substancial e generalizada: "Metassomatismo é o processo pelo qual a composição química da rocha é alterada de maneira pervasiva, envolvendo introdução de substâncias de fora. Perdas de H_2O e CO_2 durante metamorfismo progressivo não são metassomáticas, mas ganhos dos mesmos compostos durante metamorfismo regressivo são um processo metassomático".

Entre os metassomatitos destacam-se os greisens, rochas formadas por metassomatismo de K^+ e do Si^{4+} , entendendo-se por greisens "rochas metassomáticas compostas essencialmente por quartzo e mica, freqüentemente com topázio, fluorita, turmalina, feldspato e minerais de minério (SHCHERBA, 1970).

As amostras de greisen situadas na Unidade Desembarque foram classificadas como sericita-quartzo greisen ou topázio-esfalerita-sericita-quartzo greisen, de cor cinza claro a escuro e granulometria submilimétrica a milimétrica. Ao microscópio, apresentam textura heterogranoblástica, fornecida pelo arranjo de cristais inequigranulares, xenomórficos, de quartzo e agregados lamelares de biotita verde a parda e/ou mica verde clara (possivelmente flúor-litínífera) e/ou mica branca (PRANCHA 1, FOTO E). A associação de biotita com a mica verde clara sugere que aquela está se alterando nesta. O topázio ocorre em agregados de cristais subédricos a euédricos, prismáticos curtos, geralmente associados às micas. A esfalerita apresenta cor castanha e ocorre em agregados de cristais anédricos a subédricos, associados a topázio e micas. Em proporções acessórias foram encontrados também zircão, fluorita e cassiterita, em cristais idiomórficos a hipidiomórficos, submilimétricos. A cassiterita, observada localmente num agregado de vários grãos foi comprovada através de estudo por microsonda eletrônica e microscópio eletrônico de varredura.

A ocorrência de greisen encontrada na Unidade Azeite é um pouco mais extensa. Das três amostras analisadas microscopicamente duas apresentam topázio. Ao microscópio observa-se que a mineralogia essencial é quartzo e mica branca (ou sericita), perfazendo mais de 70% da rocha (PRANCHA 1, FOTO F); a textura é invariavelmente heterogranoblástica, caracterizada por cristais de quartzo anédricos, milimétricos, separados entre si por agregados xenomórficos constituídos por finos cristais, submilimétricos, de mica branca ou sericita (+ topázio) - provavelmente pseudomorfos sobre feldspato - e ainda agregados lineares de quartzo ou topázio e/ou sericita, todos de granulação submilimétrica, intersticiais. Clorita (por vezes do tipo turingita) é um mineral quase constante, em agregados de palhetas associados a mica branca e/ou biotita alterada. Biotita verde a parda foi encontrada em proporções inferiores a 5%. O topázio, de presença quase obrigatória, ocorre em cristais euédricos a subédricos, com hábito prismático curto, submilimétricos a milimétricos, geralmente associados às micas. A esfalerita, é um acessório comum, ocorre em agregados de cristais anédricos dispersos, por vezes associados a outros sulfetos, ou a topázio e sericita. Na proporção de traços podem ocorrer ainda zircão e leucoxênio. Localmente ocorre alta concentração de sulfetos, (esfalerita, calcopirita, pirita, calcocita e covelita, em ordem decrescente de abundância).

Além dos greisens, outras rochas resultantes de alteração tardi a pós-magmáticas, detectadas na área estudada incluem: metassomatitos quartzo-feldspáticos e granitos albitizados e parcialmente greisenizados. Os primeiros apresentam coloração cinza claro e, microscopicamente, exibem textura heterogranoblástica (de 0,2 a 0,6 mm), caracterizada por cristais xenomórficos e inequigranulares de quartzo e albita, seus minerais essenciais. Subordinadamente ocorre mica verde clara (possivelmente flúor-litínífera) associada a mica branca (muscovita), por vezes em plaquetas bem desenvolvidas. Pirita, calcopirita, ilmenita, zircão, leucoxênio e clorita ocorrem nas proporções de traços.

Rochas de ocorrência restrita e genericamente referidas como granitos albitizados e parcialmente greisenizados apresentam composição intermediária entre mica-quartzo greisen e granito 3A. Microscopicamente exibem textura granular hipidiomórfica modificada (PRANCHA 1, FOTO C) e são constituídas essencialmente por quartzo e albita com textura "chessboard" (pseudomorfose sobre mesopertita). Cristais de plagioclásio totalmente albitizados acham-se parcialmente sericitizados e ocorrem sob a forma de cristais tabulares intersticiais. Observa-se ainda albita em cristais límpidos (em bordas de cristais de "mesopertita"), sericita, opacos, zircão e fluorita, os três últimos nas proporções de traços.

Granitos Pórfiros

Foram descritas várias amostras de granitos pórfiros, coletados no

interior do Maciço e também nas encaixantes. Nelas predomina o feldspato potássico (por vezes microclínio) granito pórfiro, com textura porfirítica, a matriz é afanítica e os fenocristais são submilimétricos a milimétricos, de quartzo (geralmente bipiramidal) e, por vezes, de feldspato potássico e/ou mais raramente, de plagioclásio (oligoclásio) e de biotita. A textura da matriz pode ser esferulítica ou felsófrica (intercrescimento entre quartzo e feldspatos). Na massa fundamental também costumam estar presentes: opacos, zircão e biotita; localmente podem ocorrer esfalerita, plagioclásio, titanita, clorita, allanita + epidoto, stülpnomelano e albita.

O corpo de granito pórfiro localizado no extremo ocidental da área estudada é um álcali-granito pórfiro, ou mais especificamente, um egirina-ortoclásio granito pórfiro, com granulação fina (matriz) a média (fenocristais). As texturas observadas são porfirítica, esferulítica, xenomórfica e granofírica. Os fenocristais são de quartzo bipiramidal, geralmente associado a agregados esferulíticos de feldspato alcalino intercrescido com quartzo; estes cristais de quartzo normalmente apresentam forma de dedos, constituindo um caso particular de intercrescimento granofírico. A massa fundamental apresenta textura granular xenomórfica e localmente granofírica, quando no contato com os agregados esferulíticos de feldspato alcalino e quartzo. Egirina ocorre geralmente em agregados de fenocristais parcialmente alterados em argilo-minerais e/ou hidróxidos de ferro e/ou leucóxênio, por vezes com epidoto, principalmente ao longo das bordas. Opacos ocorrem disseminados, em agregados de finos cristais geralmente euédricos, em seções quadradas, ou também em agregados ripiformes de finíssimos cristais, contornando os cristais de feldspato alcalino dos agregados esferulíticos. O estudo de seções polidas revelou a presença de magnetita com quantidades subordinadas de esfalerita e ilmenita.

Diabásios e Lamprófios

Os diabásios apresentam, via de regra, granulação fina e textura porfirítica; constituem-se de cristais ripiformes de plagioclásio (labradorita), com cristais euédricos a subédricos de augita (+ pigeonita?), opacos e biotita ocupando espaços intersticiais e, dessa maneira, configurando arranjo textural intergranular. Fenocristais submilimétricos a milimétricos de augita (+ pigeonita?), principalmente, opacos e pseudomorfos argilosos de provável olivina encontram-se dispersos na matriz e perfazem aproximadamente 5% da rocha.

Os lamprófios estudados foram classificados como biotita-augita lamprófiro e augita-olivina-biotita lamprófiro, ambos com textura panidiomórfica. O primeiro está em contato com mesopertita granito, e sua matriz apresenta granulação finíssima, sendo constituída por cristais euédricos de augita (por vezes com bordas egirínicas), biotita castanho-avermelhada e opacos, com zeólita ocupando espaços intersticiais. Fenocristais euédricos, submilimétricos de augita acham-se dispersos na matriz e estão suborientados cristalograficamente, perfazendo cerca de 15-20% da rocha. No endocontato com o mesopertita granito forma-se uma margem milimétrica, onde a matriz é totalmente vítrea.

O augita-olivina-biotita lamprófiro é caracterizado por microfenocristais euédricos de olivina e, mais raramente, de piroxênio (por vezes com bordas egirínicas), dispersos em matriz de granulação fina, constituídas por plaquetas de biotita castanho-avermelhada e piroxênio, com zeólitas (parcialmente sericitizadas) ocupando espaços intersticiais. Olivina está parcial a totalmente alterada em argilo-minerais e/ou serpentina (?) e geralmente envolvida por biotita. Cavidades micromiarolíticas esparsas acham-se preenchidas por zeólitas.

Rochas Encaixantes

O objetivo das análises petrográficas das rochas encaixantes foi somente o de procurar feições indicativas do processo de intrusão do Maciço Guaraú. Felizmente, em uma das amostras analisadas, (um

sericita-biotita-muscovita xisto), pertencente ao Complexo Turvo-Cajati, foi possível observar evidências de fraco metamorfismo de contato, quais sejam:

- a) porfiroblastos de biotita orientados caoticamente (indicando crescimento pós-cinemático);
- b) grupos de mica fina (sericita) que sugerem produtos de pseudomorfose sobre cordierita (mineral comum em metamorfismo de contato);
- c) porfiroblastos cloríticos (pseudomorfose sobre algum mineral máfico anterior).

PETROQUÍMICA

As análises químicas efetuadas em amostras de rocha foram executadas na GEOLAB - Divisão de Laboratórios da GEOSOL - Geologia e Sondagens Ltda., e os resultados encontram-se na TABELA 1. Observa-se uma grande coerência geoquímica nas dosagens das diversas amostras dos diferentes tipos litológicos, o que atesta a boa qualidade das análises. Os maiores erros analíticos parecem ocorrer no K_2O e Zr. A Norma CIPW e os Valores de Niggli acham-se nas TABELAS 2 e 3.

Estão representados os granitos 3A da Unidade Desembarque (γD) e mesopertita granitos e granitos 3A da Unidade Azeite (γZ), além de greisens e uma amostra de granito pórfiro. Uma das amostras de granito albitizado e parcialmente greisenizado apresenta composição compatível com a dos granitos da Unidade Desembarque.

Nos diagramas de HARKER (1909) (FIGURA 3), onde as análises foram recalculadas a 100% na base anidra, não se observa clara distinção entre os granitos das unidades γD e γZ , sendo estes últimos levemente mais enriquecidos em Ti, comparados aos granitos γD .

No diagrama de variação da razão de alcalinidade (WRIGHT, 1969) (FIGURA 4) as amostras de granito analisadas caem quase todas no campo alcalino, sendo que as da Unidade γZ têm razão de alcalinidade em torno de 6, enquanto as da Unidade γD apresentam razão de alcalinidade próxima de 8. Ambas apresentam razões de alcalinidade semelhantes às de granitos anorogênicos do Grupo 3, como os "Younger granites" do norte da Nigéria (JACOBSON et alii, 1958).

BATCHELOR & BOWDEN (1985) propuseram a utilização dos valores catiônicos-moleculares de DE LA ROCHE et alii (1980) na interpretação petrogenética de séries de granitóides. Com base nestas características, as rochas do Maciço Guaraú se classificam como granitóides anorogênicos (FIGURA 5). Além disso, observa-se um enriquecimento nos elementos de alta valência (exceção feita ao Zr, cujo enriquecimento é pouco acentuado) e a combinação de elevados teores de Ga e baixos de Al, o que está de acordo com as constatações feitas por COLLINS et alii (1982) a respeito dos granitos anorogênicos (FIGURAS 6 e 7).

Os padrões geoquímicos das rochas graníticas do Guaraú normalizadas para ORG (granitos de cadeia oceânica) (PEARCE et alii, 1984) e comparados aos do Complexo Ririwai, Nigéria, (dados de KINNARD et alii, 1985) intra-placas, mostram-se aproximadamente concordantes (FIGURA 8).

PEARCE et alii (1984) sugeriram a utilização de elementos traços, particularmente Rb, Y, Nb e Ta, para a discriminação de ambientes tectônicos de rochas graníticas. Os teores destes elementos no Granito Guaraú o colocam como granito intra-placas, dentre os quais se destacam os granitos anorogênicos intra-continentais (FIGURA 9).

A relação ternária Rb-Ba-Sr (TUREKIAN & WEDEPOHL, 1968) (apud EL ROUSEILLY & EL SOKKARY, 1975) é bastante sensível para a caracterização de tendências de diferenciação em rochas granitóides. As rochas do Guaraú apresentam características de granitos fortemente diferenciados (FIGURA 10). IMEOKPARIA (1981) utilizou as razões Ba/Rb e Rb/Sr como indicadores de fracionamento magmático, e estas razões sugerem que para o Granito Guaraú, a Unidade Desembarque seria mais diferenciada que a Unidade Azeite (FIGURA 11). Cabe salientar que os teores de Rb para as rochas da Unidade Desembarque são extremamente elevados, mesmo se comparados com os de outros granitos Tipo-A, cujos teores médios de Rb se situam em 260 ppm (EL ROUSEILLY & EL SOKKARY, 1975). O fato permite

supor que estas rochas correspondam a um grau muito elevado de diferenciação, - ou, alternativamente que tenha havido aporte de Rb por algum processo metassomático.

JUNIPER & KLEEMAN (1979) utilizaram discriminantes geoquímicos na distinção de granitos mineralizados a Sn. Guaraú localiza-se nos campos de granitos estaníferos, nas diversas relações ternárias (FIGURA 12).

STEMPROK & SKVOR (1974) (apud CHAROY - 1975, 1979), discutindo as características geoquímicas da greisenização, observaram que as modificações químicas induzidas por este processo variam em cada localidade, havendo contudo, algumas tendências gerais ligadas ao aumento da quantidade de quartzo e muscovita. Nas rochas metassomáticas analisadas no Guaraú (FIGURA 13) observou-se apenas o processo de greisenização.

Embora o número de análises químicas seja pequeno, algumas modificações que ocorreram durante o processo de greisenização no Maciço Guaraú podem ser caracterizadas, tais como um aumento nos teores de Fe, Nb, Mo, F e Cd e, particularmente, de Sn, Cu, Pb e Zn e diminuição de K, Ca e Na. Os teores de Zn observados em algumas amostras de greisens de Guaraú são iguais ou maiores que 10 000 ppm.

O dendrograma para elementos maiores do Guaraú (FIGURA 14) ao nível de correlação 0,75, não mostra diferenças significativas entre as amostras de granitos γD , γZ e pórfiro (subgrupo A). Destacam-se, no entanto, os greisens (subgrupo B), com características químicas gerais bastante distintas em relação às rochas graníticas.

CONSIDERAÇÕES PETROGENÉTICAS

O estudo petrogenético limitou-se às porções mapeadas e/ou acessíveis e evidentemente poderá ser complementado à medida em que se aprofundar o conhecimento geológico. A área estudada compreende principalmente as unidades Desembarque (γD) e Azeite (γZ). A primeira pertence ao campo dos granitos 3A (IUGS, 1973), e a segunda compreende predominantemente granitos do campo 2 (mesopertita granitos) e subordinadamente granitos 3A (IUGS, op. cit.). Ambas as unidades constituem-se de granitos "subsolvus" e "hypersolvus" (TUTTLE & BOWEN, 1958). Com relações intrusivas nestas unidades, ocorrem ainda corpos de granito pórfiro, nitidamente posteriores. Infelizmente os contatos entre as duas unidades são tectônicos, dificultando a identificação da relação cronológica entre elas.

Em termos litoquímicos as Unidades γD e γZ não apresentam diferenças significativas, constituindo tipos bastante diferenciados. No entanto, a relação ternária Rb-Ba-Sr (TUREKIAN & WEDEPOHL, 1961, apud EL BOUSEILY & EL SOKKARY, 1975) (FIGURA 10) indica que a Unidade Desembarque é a mais diferenciada. É interessante reprimir que esta Unidade apresenta teores de Rb extremamente elevados, o que poderia ser eventualmente atribuído a um maior grau de diferenciação.

As características petrográficas e litoquímicas do Granito Guaraú permitem enquadrá-lo no grupo dos granitos alcalinos e peralcalinos, pertencentes ao Tipo A (WHITE, 1979, apud PITCHER, 1982), intra-placas, conforme pôde ser visto no item anterior.

PROCESSOS DE ALTERAÇÃO TARDIA E POS-MAGMÁTICOS

Toda a área estudada acha-se afetada em grau baixo pelo processo de metassomatismo sódico precoce (albitização precoce), zonas de albitização intensa conhecidas restringem-se às regiões de ocorrência dos greisens, de forma bastante localizada. Não foram reconhecidas no Maciço Guaraú feições indicativas dos processos de feldspatização potássica.

MINERALIZAÇÕES

Foram encontradas concentrações de sulfetos em greisen localizado na porção ocidental do Maciço, onde a paragênese sulfetada principal é esfalerita-calcopirita. No entanto, a presença texturalmente desequilibrada de pirita, sugere que ela está substituindo esfalerita e

covelita, a última proveniente da alteração supérgena de calcopirita. É provável que tanto a pirita como estes dois minerais de cobre estejam relacionados a um processo hidrotermal posterior à greisenização, com forte participação de fluidos metamórficos (das encaixantes) e/ou meteóricos.

No greisen localizado na região NE do Maciço foram observados raríssimos cristais de cassiterita.

As regiões de greisen e rochas albitizadas conhecidas no Granito Guaraú são bastante restritas, o que pode explicar, pelo menos em parte, sua mineralização também restrita.

FATORES CONDICIONANTES DOS PROCESSOS ASSOCIADOS AS MINERALIZAÇÕES

O estudo realizado no Maciço Guaraú possibilitou a identificação de alguns prováveis fatores condicionadores das mineralizações;

- a) falhamentos de direção N40-60W a norte e sudeste do Maciço;
- b) proximidades de contato entre os xistos do Complexo Turvo-Cajati e os migmatitos do Complexo Costeiro (rochas com graus de permeabilidade diferentes) na porção norte do Maciço.

Infelizmente não dispõe de carta topográfica do Maciço Guaraú, o que não permite saber exatamente o nível de erosão das regiões greisenizadas.

Supõe-se, no entanto, por correlação com o Granito Mandira (IPT, 1986) e com outros maciços, que sejam zonas de cúpula, onde se acumulam preferencialmente gases e fluidos, principais responsáveis pelos processos de alteração tardi a pós-magmáticos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IPT pelo apoio técnico e o fornecimento de recursos necessários à elaboração deste artigo, bem como ao Pró-Minério pela liberação dos dados para publicação.

Agradecimentos são expressos também ao geólogo Jáiro de S. Taddeo pela obtenção das fotomicrografias, bem como ao fotógrafo Alvaro Kopekynski pela revelação e cópia das mesmas. Os autores agradecem ainda à Maria Auxiliadora de C. Baldin, à Márcia A. Prevello Maróstica, à Eli de A. Toledo e Gilson B. dos Santos pelos desenhos, datilografia e reproduções gráficas.

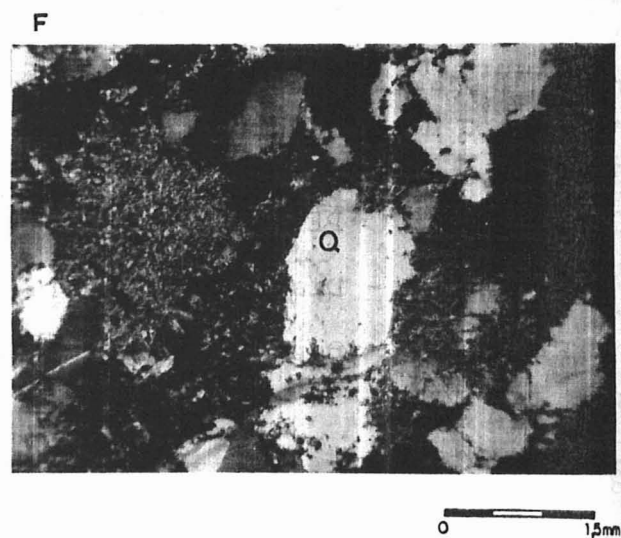
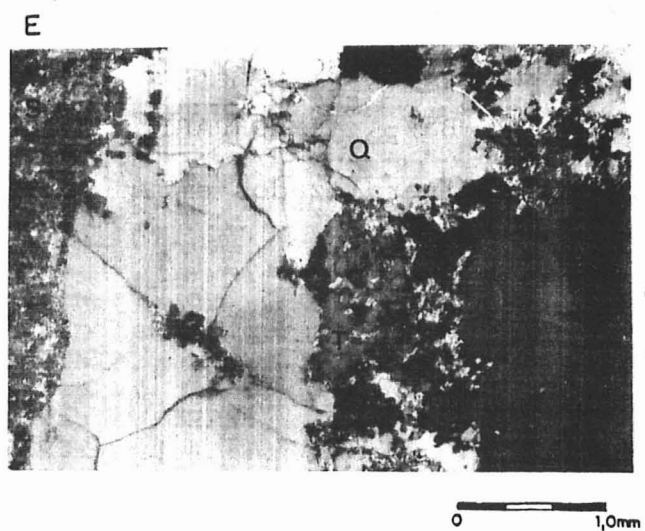
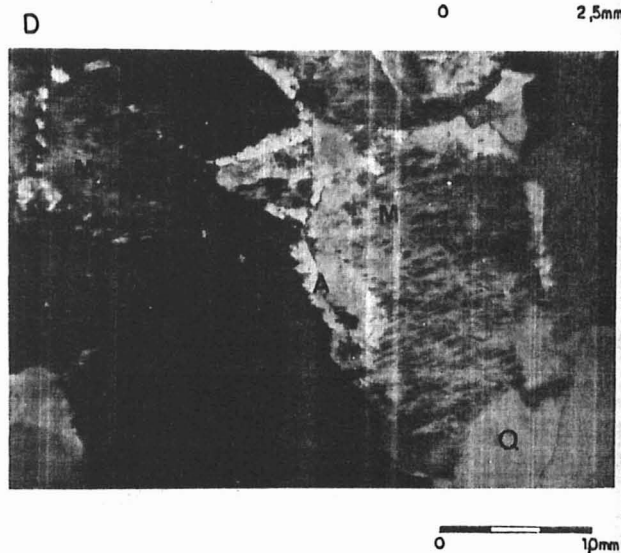
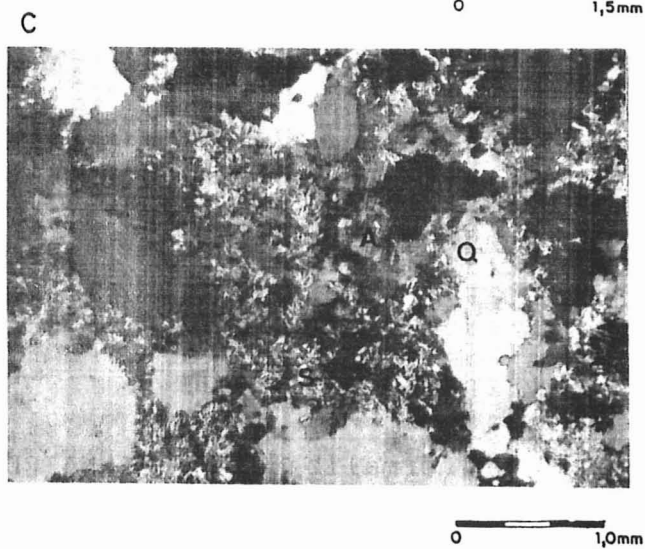
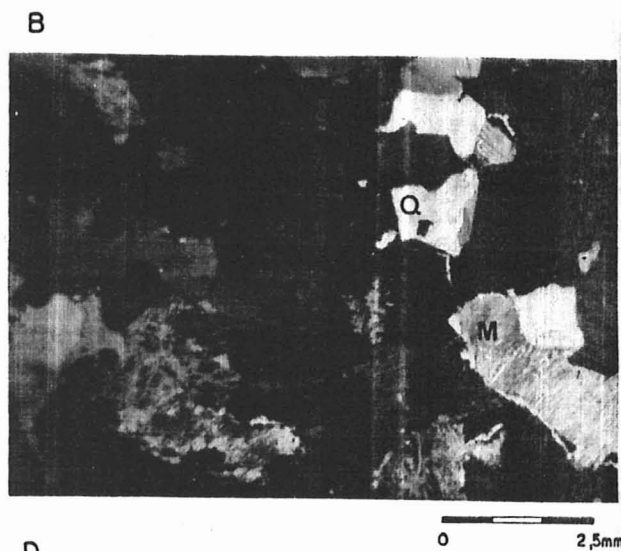
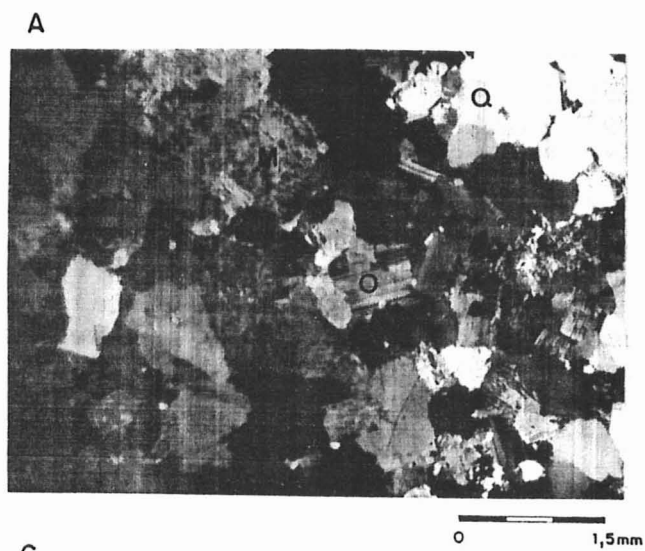
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, 1985. Petrogenetic interpretation of granite rock series using multicationic parameters. *Chem. Geol.*, **48**:43-55.
- BATES, R.L. & JACKSON, J.A. 1980. (eds) *Glossary of geology*. 2 ed., Fall Church, American Geological Institute.
- BATOLLA, JR., F.; SILVA, A.T.S.F. da & ALGARTE, J.P. 1981. O pré-cambriano da região Sul-Sudeste do Estado de São Paulo e Este-Nordeste do Estado do Paraná. In: *SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA*, 3, Curitiba, 1981. *Atas...* São Paulo, SBG. v.1, p.94-108.
- CAMPOS NETO, M.C. 1983. Os gnaisses do Alto Rio Jacupiranga e os xistos Cajati: relações estruturais e estratigráficas. In: *SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA*, 4, São Paulo, 1983. *Atas...* São Paulo, SBG, p.91-102.
- CHAROY, B. 1975. Les phénomènes de greisenisation dans le district minéralisé de Penfeuteun (Massif de Saint-Renan, Massif armoricain): aspects pétrologiques, géochimiques et caractérisation génétique. *Bulletin du B.R.G.M.*, section 2, (5):363-383.
- CHAROY, B. 1979. Définition et importance des phénomènes deutériques et les fluides associés dans le granites, conséquences metallogéniques. Nancy, Annales de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie. Appliquée et de Prospection Minière de l'Université de Nancy et du Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques. 364p. (E.N.S.G. Sciences de la Terre, Mémoire 37).
- COLLINS, W.J.; BEAMS, S.D.; WHITE, A.J.R.; CHAPPELL, B.W. 1982. Nature and origin of A-type granites with particular reference to Southeastern Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.*

- DE LA ROCHE, M.; LETERRIER, J.; GRAND CLAUDE, P.; MARCHAL, M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major element analyses - its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.*, 29:183-210.
- EL BOUSEILY, A.M. & EL SOKKARY, A.A. 1975. The relation between Rb, Ba Sr in granitic rocks. *Chem. Geol.*, 16:207-219.
- HARKER, A. 1909. The natural history of igneous rocks. London, Methuen, 384p.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. 1978. Os granitos e granitóides da região de dobramentos Sudeste nos Estados de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Anais... Recife, SBG. V.6, p.2594-2608.
- HASUI, Y.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. 1981. O embasamento pré-cambriano e eopaleozóico em São. In: ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; DANTAS, A.S.L.; CARNEIRO, C.D.R.; MELO, M.S.; BISTRICHI, C.A. 1981. Mapa geológico do Estado de São Paulo 1:500.000 São Paulo, IPT/Pró-Minério. v.1, p.12-45.
- IMEOKPARIA, E.G. 1981. Ba/Rb and Rb/Sr ratios as indicator of magmatic fractionation, postmagmatic alteration and mineralization Afu Younger granite complex, Northern Nigeria. *Geochem. J.*, 15:209-219.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1984. Projeto geoquímica regional - avaliação de anomalias. São Paulo. v.17 (IPT.Relatório 20 264).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1985. Avaliação preliminar do potencial mineral do maciço granítico de Guaraú-SP. São Paulo. 71p. (IPT.Relatório 22 578).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). 1986. Definição de modelos petrogenéticos para os maciços graníticos Mandira e Guaraú, Estado de São Paulo. v.1, 2, 3 (IPT.Relatório 24 337).
- INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES-IUGS. 1973. Plutonic rocks classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcommission on the systematics of igneous rocks. *Geotimes*, 18:26-30.
- JACOBSON, R.R.E.; MACLEOD, W.B.; BLACK, R. 1958. Ring complexes in the younger granite province of northern Nigeria. *Mem.Geol. Soc.Lond.* (1).
- JUNIPER, D.N. & KLEEMAN, J.D. 1979. Geochemical characterization of some tin - mineralizing granites os New South Walers. *J. Geochem. Explor.*, 11:321-333.
- KINNAIRD, J.A.; BOWDEN, P.; IXER, R.A.; ODLING, N.W.A. 1985. Mineralogy, geochemistry and mineralization of the Ririwai complex, northern Nigeria. *J. African Earth Sciences*, 3(1/2):185-222.
- MORGENTAL, A.; BATOLLA JR, F.; PINTO, G.G.; PAIVA, I.P.; DRUMOND, J.B.V. 1975. Projeto Sudelpa; relatório final. Geologia. São Paulo, CRPM. v.1.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J.Petrol.*, 25:956-983.
- PITCHER, W.S. 1982. Granite type and tectonic environment. In: HSU, J. K. (ed). Mountain building processes. London. Academic Press, . p.19-40.
- SILVA, A.T.S.F.; FRANCESCONI, O.; GODOY, A.M.; CHIODI Fo, C.; TAKASHI, A.T.; ALEGRI, V.; FERREIRA, J.C.G.; SILVA, C.R.; ALVES, M.J.; MACEDO, A.B.; FERNANDES, N.A. 1981. Projeto integração e detalhe geológico no Vale do Ribeira; relatório final; geologia integrada. São Paulo, CPRM. 240p.
- SHCHERBA, G.N. 1970. Greisens. *Intern. Geol. Rev.*, 12:114-149.
- TUTTLE, G.F. & BOWEN, N.L. 1958. Origin of granite in the light of experimental studies in the system NaAlSi₃O₈ - KAlSi₃O₈ - SiO₂ - H₂O. New York, Geol. Soc. America. 153p. (Memoir 74).
- WRIGHT, J.B. 1969. A simple alkalinity ratio and its application to questions of a non-orogenic granite genesis. *Geol.Mag.*, 106:370-384.

ILUSTRAÇÕES

- . Figura 1 - Esboço geológico-estrutural
- . Prancha 1 - Aspectos texturais dos granitos Desemborque (γ D), Azeite (γ Z) e metassomatitos associados.
- . Figura 2 - Diagramas triangulares QAP para amostras do Granito Guaraú - a) obtido após ensaios colorimétricos; b) obtido a partir de análises modais.
- . Tabela 1 - Análises químicas
- . Tabela 2 - Norma CIPW
- . Tabela 3 - Valores de Niggli
- . Figura 3 - Diagramas de Harker
- . Figura 4 - Diagrama da variação de alcalinidade (WRIGHT, 1969)
- . Figura 5 - Diagrama de BATCHELOR & BOWDEN, 1985)
- . Figura 6 - Diagrama de SiO_2 x Zn, Zr, Ga, Nb e Y (COLLINS et alii, 1982).
- . Figura 7 - Diagrama Al_2O_3 x Ga (COLLINS et alii, 1982)
- . Figura 8 - Curvas de padrões geoquímicos normalizados (KINNAIRD et alii, 1985)
- . Figura 9 - Diagramas SiO_2 x Y, Rb, Nb etc (PEARCE et alii, 1984)
- . Figura 10 - Diagrama Rb-Ba-Sr (EL BOUSEILY & EL SOKKARY, 1975)
- . Figura 11 - Diagrama da variação Rb/Sr e Ba/Rb (IMEOKPARIA, 1981)
- . Figura 12 - Diagramas ternários granitos mineralizados em Sn (JUNIPER & KLEMAN, 1979)
- . Figura 13 - Diagrama Q-Ab-Or (CHAROY, 1979)
- . Figura 14 - Dendrograma para elementos maiores



PRANCHA 1 - Aspectos texturais dos granitos Desembarque (γ D), Azeite (γ Z) e metassomatitos associados. FOTO A - Unidade D inalterada; FOTO B - Unidade γ Z inalterada; FOTO C - Unidade γ D parcialmente albitizada e greisenizada; FOTO D - Bordas albiticas do tipo swapped rims; FOTO E - Topázio-esfalerita-mica-quartzo greisen; FOTO F - Topázio-sericita-quartzo greisen.

M= mesopertita; Q= quartzo; O= oligoclásio; A= albita; S= sericita
T= topázio; E= esfalerita.

LEGENDA **CONVENÇÕES LITOESTRATIGRÁFICAS**

HOLOCENO

Sedimentos inconsolidados

Qa

a - aluviões em geral - areia fina a média e cascalho fino, quartzoso

JURÁSSICO-CRETÁCEO

Intrusivos Básicos e Ultra-básicos

db lp

db - diques de diabásio

lp - diques de lamprofiro

PROTEROZOICO SUPERIOR-CAMBIANO

PSCY PSCYD PSCYB

Y - diques-granito porfirítico ou equigranular-granito porfirítico granodiorítico

YD - granitos equigranulares de granulação fina a média, composição granito 3a

YZ - granitos equigranulares de granulação média a grossa, composição mesoporfirito granítica

PROTEROZOICO INFERIOR (COMPLEXO TURVE-GUATÍ)

Ptix

tz - biotita xistos subparalelamente, quartzita xistos e quartzito-muscovita xistos

PROTEROZOICO INDIFERENCIADO

PInG

G - granito gneíssico

ARQUEANO (COMPLEXO COSTEIRO)

AcMg AcBl

Mg - unidade migmatítica-gneíssica migmatitos estratificadas de piroxênio gneíssico e gneísses

Bl - unidade blastomilitarica blastomilitaritos

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

— contato definido — — contato aproximado

— falhas e fraturas — — foliação tectônica

○ possível estrutura circular — — perfil geológico

OCORRÊNCIAS MINERAIS

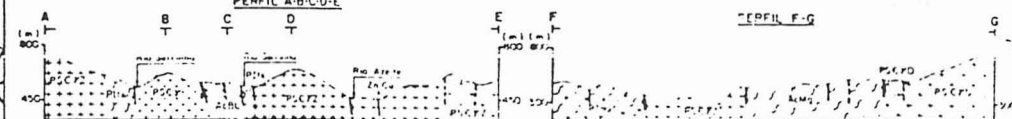
Py - Pirita, Mt - Magnetita, Cu - Cobre, Zn - Zinco e Ta - Tântalo

CONVENÇÕES PLANIMÉTRICAS

— Estrada — — Drenagem

PERFIS GEOLÓGICOS ESQUEMÁTICOS

PERFIL A-B-C-D-E



PERFIL H-I

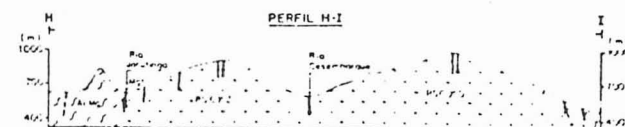


Figura 01 - Esboço geológico e estrutural da área estudada do Maciço Granítico Guaraú

TABELA 1 - Análises químicas das amostras do Granito Guaraú.

AMOSTRAS	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	F	S	Zn	Pb	Cu	H ₂ O+	O=F	H ₂ O-	Ag
Nos.	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm
G1 - C	76.8	11.3	0.01	0.57	0.56	0.42	0.06	0.05	0.03	5.09	4.58	0.38	0.013	-	-	-	0.37	0.16	0.07	1
G - 3 - B	76.0	11.7	0.01	0.99	0.10	0.41	0.07	0.05	0.02	5.41	4.56	0.37	0.010	-	-	-	0.47	0.16	0.07	1
GG - 115 - 3	75.4	11.7	0.01	0.71	0.85	0.44	0.07	0.05	0.03	5.25	4.71	0.43	0.011	-	-	-	0.54	0.18	0.09	1
GG - 593 - 3	76.7	12.1	0.01	0.28	0.27	0.09	0.05	0.05	0.01	5.62	4.26	0.025	0.010	-	-	-	0.57	0.010	0.10	1
GG - 156 - 3	76.7	11.7	0.01	0.71	0.14	0.17	0.05	0.05	0.03	5.36	4.56	0.22	0.010	-	-	-	0.40	0.093	0.10	1
I 7 - A	74.7	11.8	0.18	0.99	0.80	0.55	0.21	0.05	0.04	6.22	4.07	0.042	0.012	-	-	-	0.34	0.018	0.09	1
I 8 - D	76.7	11.2	0.01	0.28	0.78	0.62	0.12	0.05	0.01	5.81	4.02	0.28	0.011	-	-	-	0.26	0.12	0.10	1
GG - 402 - 3	78.2	11.2	0.01	0.42	0.49	0.19	0.06	0.05	0.04	3.89	4.97	0.14	0.13	-	-	-	0.38	0.059	0.07	1
GG - 358 - 3	76.0	11.5	0.01	0.42	1.10	0.17	0.10	0.05	0.03	5.81	4.66	0.020	0.011	-	-	-	0.26	0.008	0.12	1
GG - 402 - C	73.4	12.9	0.01	4.00	0.15	0.05	0.06	0.05	0.19	1.11	0.04	0.78	1.80	3.70	0.038	0.071	1.95	0.33	0.15	4
GG - 397	78.7	12.0	0.01	2.10	0.86	0.05	0.07	0.05	0.27	1.96	0.05	0.76	0.74	0.94	0.13	0.30	1.47	0.32	0.18	14
G1 - A	73.9	12.0	0.01	1.40	0.34	0.41	0.05	0.05	0.15	5.99	4.22	0.68	0.012	-	-	-	1.12	0.29	0.10	1
G1 - B	81.2	9.7	0.02	3.80	1.10	0.41	0.07	0.05	0.05	1.36	0.04	0.90	0.016	-	-	-	1.71	0.38	0.12	1

AMOSTRAS	B	Be	B	Cu	Sn	Nb	Zr	Y	Ga	Mo	Ni	Cd	Rb	Cs	Sr	Ba	Th	Cr	V	Co	Li	F	U	Zn	Pb
Nos.	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
G1 - C	10	11	10	9	61	104	128	104	24	5	9	3	470	10	10	20	33	5	68	5	53	3800	7	48	16
G - 3 - B	10	6	10	5	7	70	144	109	31	5	7	1	550	10	10	20	29	10	80	5	117	3700	5	32	52
GG - 115 - 3	10	8	10	5	8	70	118	100	32	5	11	1	590	10	10	20	21	5	88	5	164	4300	6	48	17
GG - 593 - 3	10	3	10	5	5	60	120	46	26	5	5	4	540	10	10	20	43	5	64	5	10	248	2	30	25
GG - 156 - 3	10	11	10	5	5	70	160	36	32	5	6	1	660	10	10	20	39	5	20	5	168	2200	3	46	43
I 7 - A	10	3	10	5	5	28	246	54	20	5	7	1	200	10	90	320	24	5	68	5	10	420	2	68	44
I 8 - D	10	4	10	5	5	48	280	36	27	5	7	1	290	10	24	41	24	5	68	5	2	2800	3	40	52
GG - 402 - 3	20	15	10	5	5	64	228	68	25	5	5	4	340	10	12	20	16	5	76	5	5	1380	6	346	60
GG - 358 - 3	10	2	10	6	5	34	228	46	29	5	8	1	280	10	10	20	16	5	92	5	6	200	2	52	27
GG - 402 - C	10	2	88	706	78	100	166	12	24	12	8	192	220	10	10	20	37	5	64	5	158	7800	3	37000	383
GG - 397	10	2	44	3040	180	110	186	21	34	27	11	33	350	10	10	20	26	5	70	5	107	7600	6	9400	1339
G1 - A	10	3	10	9	107	86	152	112	38	7	6	1	560	10	10	20	16	5	80	5	265	6800	8	200	35
G1 - B	14	6	10	9	290	105	152	152	36	48	6	1	1040	53	10	20	33	5	74	5	190	9000	10	62	8

TABELA 2 - Norma CIPW das rochas graníticas do Maciço Guaraú.

MINERAIS AMOSTRAS	Q	Or	Ab	Ns	An	Hy	Wo	Ac	En	Fs	Ap	Pr	Il	C	Ht	UNI- DADE
G1-C	32,06	30,36	31,91	2,29	-	0,83	0,84	1,58	-	0,83	-	0,03	0,08	-	-	γD
G-3-B	30,19	32,26	32,20	2,63	-	1,49	0,82	0,28	0,03	1,46	-	0,03	0,10	-	-	
GG-115-3	29,04	31,35	33,20	1,97	-	1,04	0,88	2,40	-	1,04	-	0,03	0,10	-	-	
GG-593-3	30,60	33,51	33,15	1,35	-	0,35	0,18	0,76	-	0,35	-	0,03	0,07	-	-	
GG-156-3	31,24	31,91	32,45	2,50	-	1,07	0,34	0,39	-	1,07	-	0,03	0,07	-	-	
7-R	27,64	37,10	27,93	1,85	-	1,80	1,10	2,25	0,50	1,30	-	0,03	0,30	-	-	γZ
8-D	32,24	34,73	27,12	1,99	-	0,27	1,25	2,20	-	0,27	-	0,03	0,17	-	-	
GG-402-3	34,43	23,14	38,41	1,44	-	0,41	0,38	1,38	-	0,41	-	0,34	0,08	-	-	
GG-358-3	29,93	34,48	28,57	2,88	-	0,54	0,34	3,08	-	0,54	-	0,03	0,14	-	-	(1)

NOTA: (1) = Granito pórfiro

TABELA 3 - Valores de Niggli das rochas graníticas do Maciço Guaraú.

MINERAIS AMOSTRAS	si	ti	al	fm	c	alk	k	mg	qz	UNI- DADE
G1-C	488,52	0,29	42,36	5,87	2,86	148,90	0,42	-	1212,54	γD
G-3-B	470,82	0,33	42,72	5,79	2,72	148,77	0,44	0,02	1193,90	
GG-115-3	455,83	0,32	41,69	7,61	2,85	147,85	0,42	-	1182,92	
GG-593-3	498,69	0,24	46,37	2,84	0,63	150,16	0,46	-	1209,43	
GG-156-3	490,33	0,24	44,08	4,63	1,16	150,12	0,44	-	1207,96	
7-R	434,56	0,92	40,46	10,08	3,43	146,04	0,50	0,15	1167,15	γZ
8-D	488,58	0,57	42,05	5,28	4,23	148,44	0,49	-	1214,00	
GG-402-3	526,30	0,30	44,42	5,07	1,37	149,13	0,34	-	1243,90	
GG-358-3	463,74	0,46	41,36	7,35	1,11	150,18	0,45	-	1189,49	(1)

NOTA: (1) = Granito pórfiro

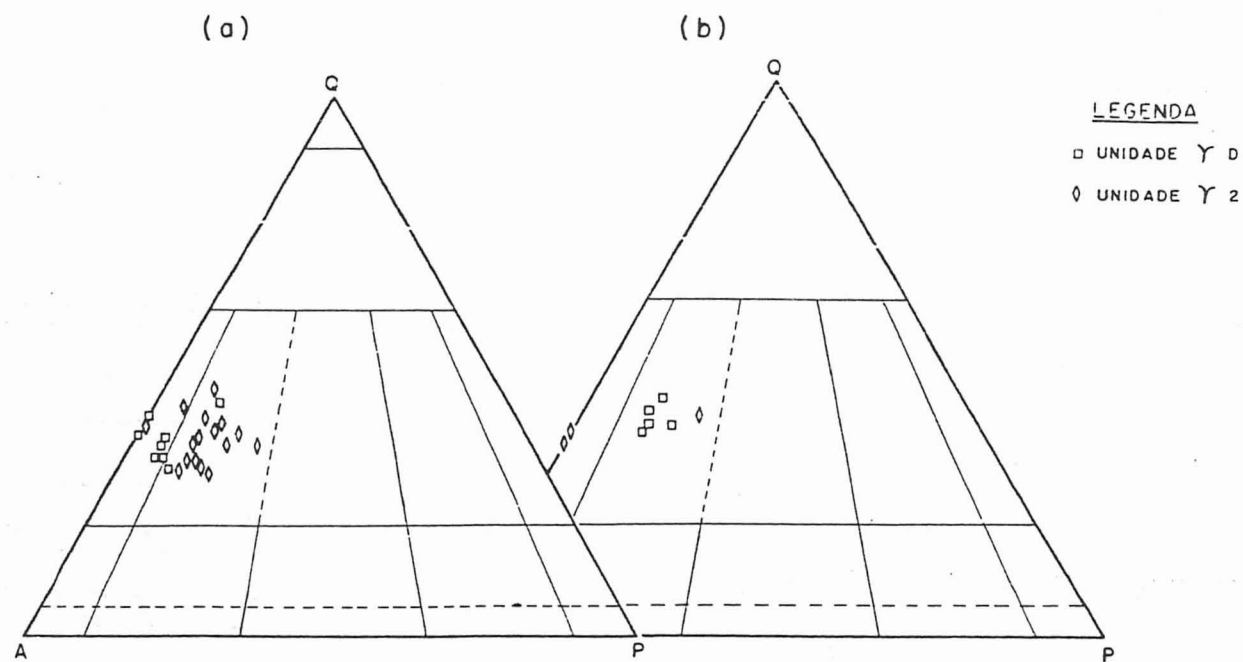
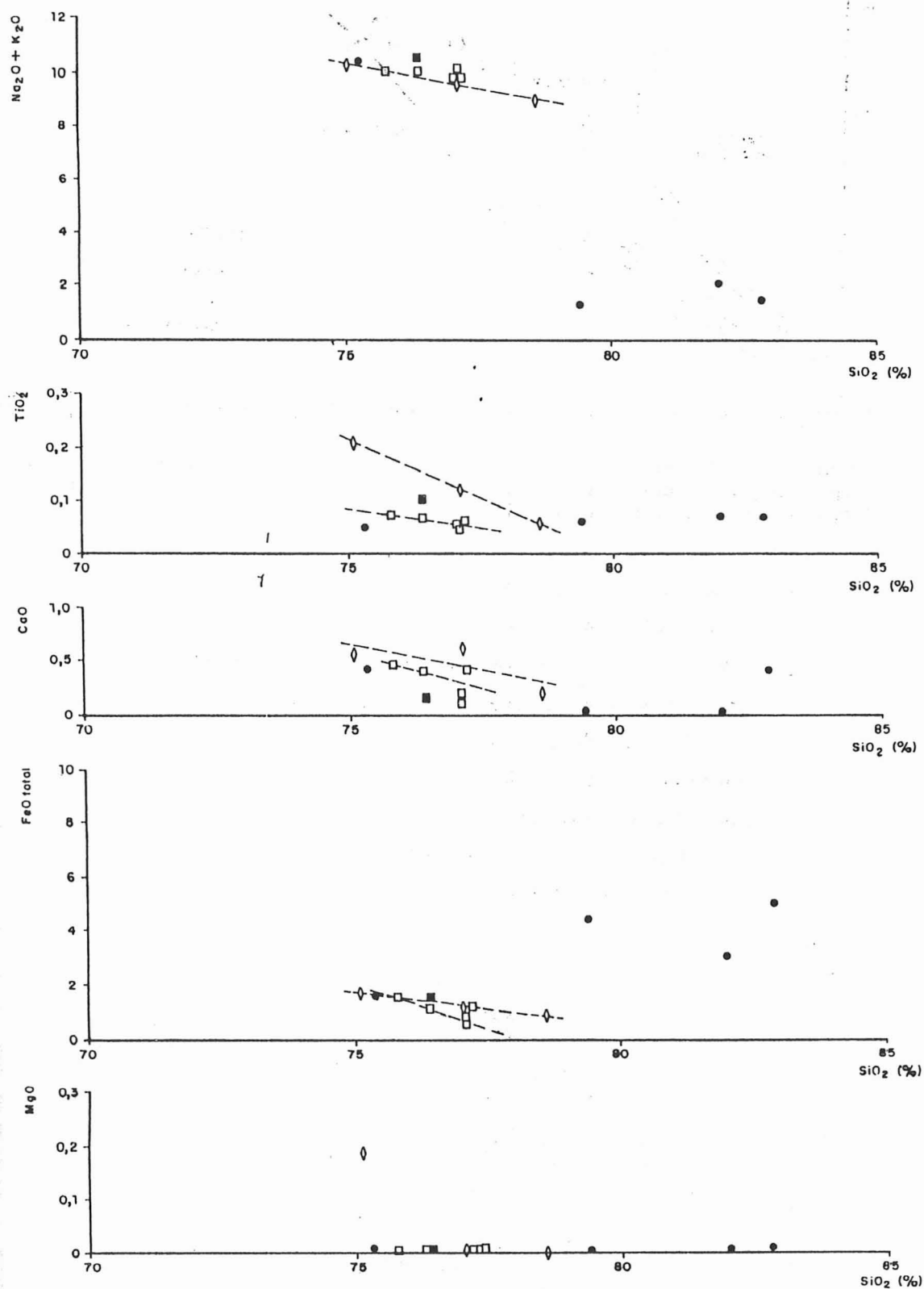


FIGURA 2 - Diagramas triangulares QAP para amostras do Granito Guaraú - a) obtido após ensaio colorimétrico; b) obtido a partir de análises modais.



LEGENDA

- UNIDADE γD
- ◇ UNIDADE γZ
- GRANITO PÓRFIRO
- GREISENS

FIGURA 3 - Diagramas de Harker para rochas do Maciço Granítico Guaraú.

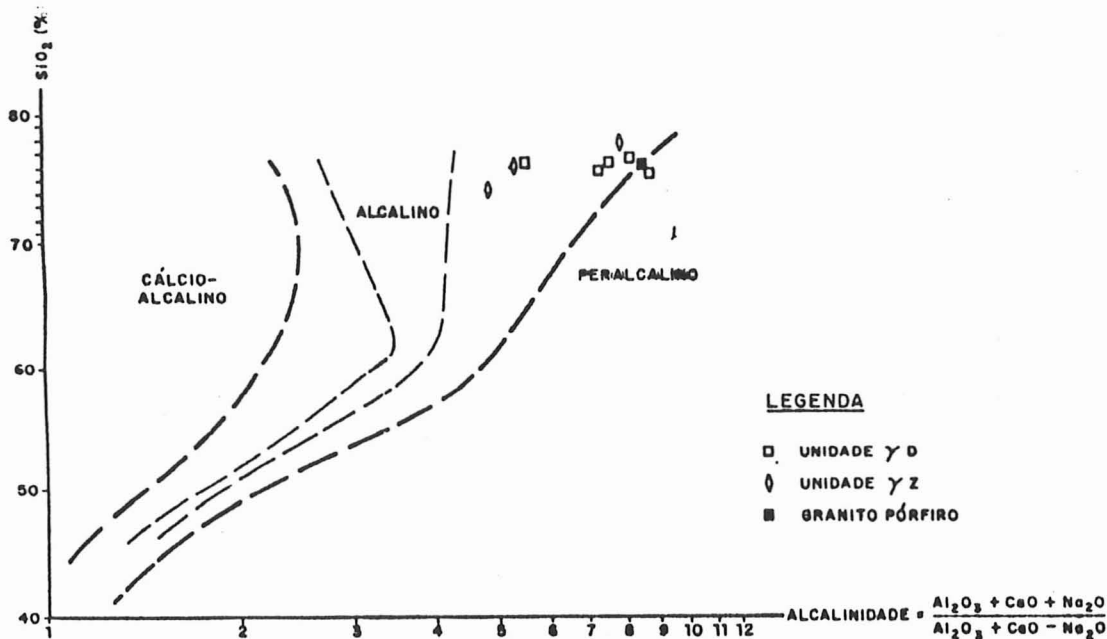


FIGURA 4 - Diagrama de variação da razão de alcalinidade, discriminando os campos de granitóides cálcio-alcalinos, alcalinos e peralcalinos (WRIGHT, 1969) para rochas do Maciço Granítico Guaraú.

- A ANOROGENIC ALKALINE SUITE
- B LATE OROGENIC MAGMATISM
- C POST COLLISION UPLIFT OR CALEDONIAN "PERMITTED" GRANITES
- D PRE PLATE COLLISION OR DESTRUCTIVE PLATE MARGIN MAGMATISM
- E MANTLE FRACTIONATED PLAGIOGRANITES
- F SYN-COLLISION OR CRUSTAL MELTS
- G POST OROGENIC MAGMATISM

$$R1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti)$$

$$R2 = 6Ca + 2Mg + Al$$

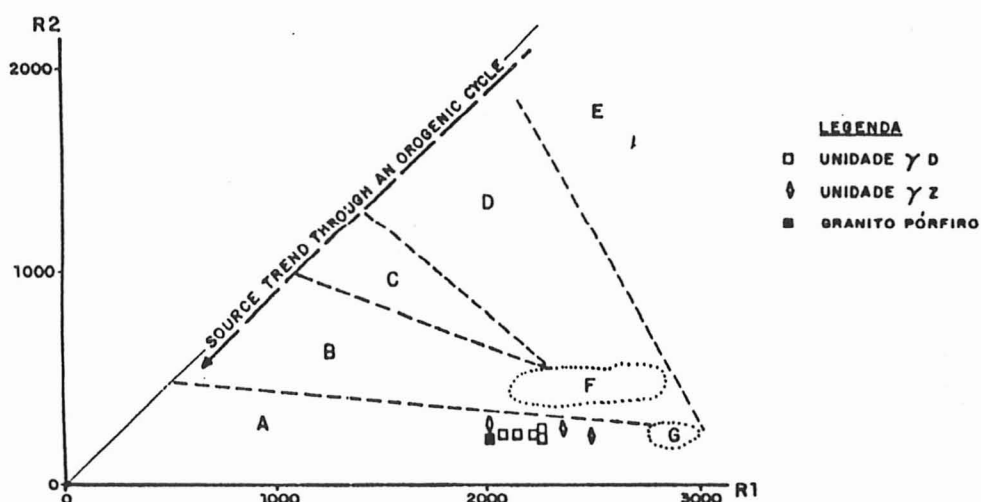
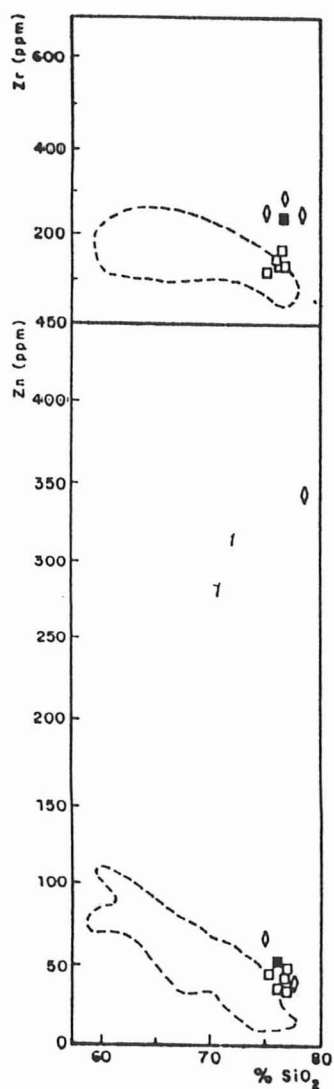


FIGURA 5 - Diagrama das principais associações de granitóides (BATCHELOR & BOWDEN, 1985), usando o esquema multicatiónico de DE LA ROCHE et alii (1980), distinguindo as associações de granitóides de PITCHER (1982) para rochas do Maciço Granítico Guaraú.



OS CAMPOS TRACEJADOS REFEREM-SE A GRANITOS TIPO I DA AUSTRÁLIA.

LEGENDA

- UNIDADE γ D
- ◇ UNIDADE γ Z
- GRANITO PÓRFIRO

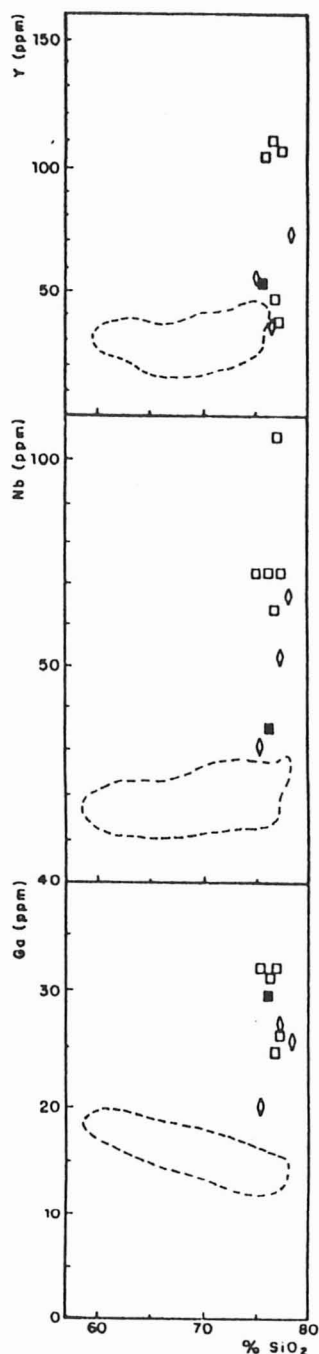


FIGURA 6 - Diagramas de SiO_2 versus Zn, Zr, Ga, Nb e Y mostrando os altos valores de cátions de alta valência, característicos de granitos do Tipo A (COLLINS et alii, 1982) para rochas do Maciço Granítico Guaraú.

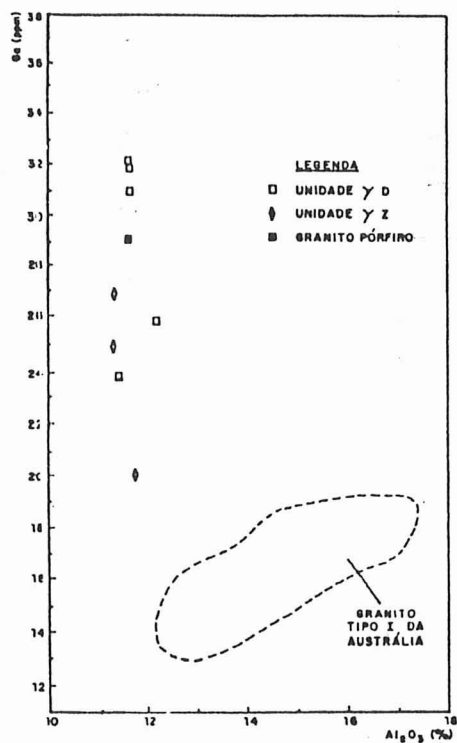


FIGURA 7 - Diagrama Al₂O₃ versus Ga (COLLINS et alii, 1982) para rochas do Maciço Guaraú.

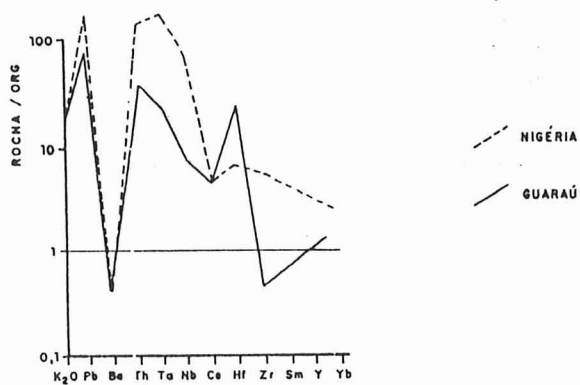
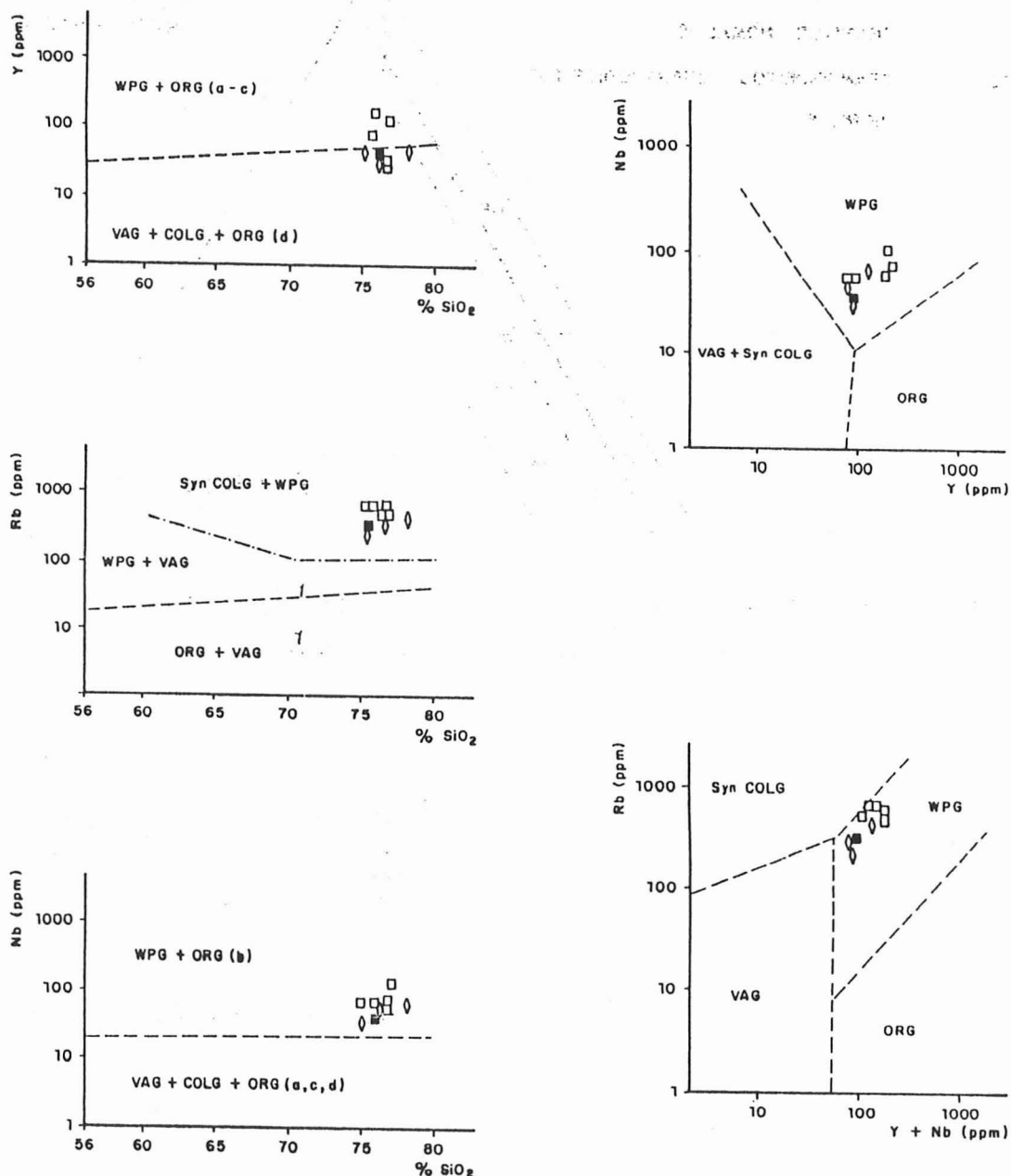


FIGURA 8 - Curvas de padrões geoquímicos normalizados (KINNAIRD et alii, 1985).



ORG OCEAN RIDGE GRANITES
 VAG VOLCANIC ARC GRANITES
 WPG WITHIN PLATE GRANITES
 COLG COLLISION GRANITES

LEGENDA
 □ UNIDADE γ D
 ◇ UNIDADE γ Z
 ■ GRANITO PÓRFIRO

FIGURA 9 - Diagramas SiO_2 versus Y, Rb e Nb; Y versus Nb e Y+Nb versus Rb para rochas do Maciço Granítico Guaraú (PEARCE et alii, 1984).

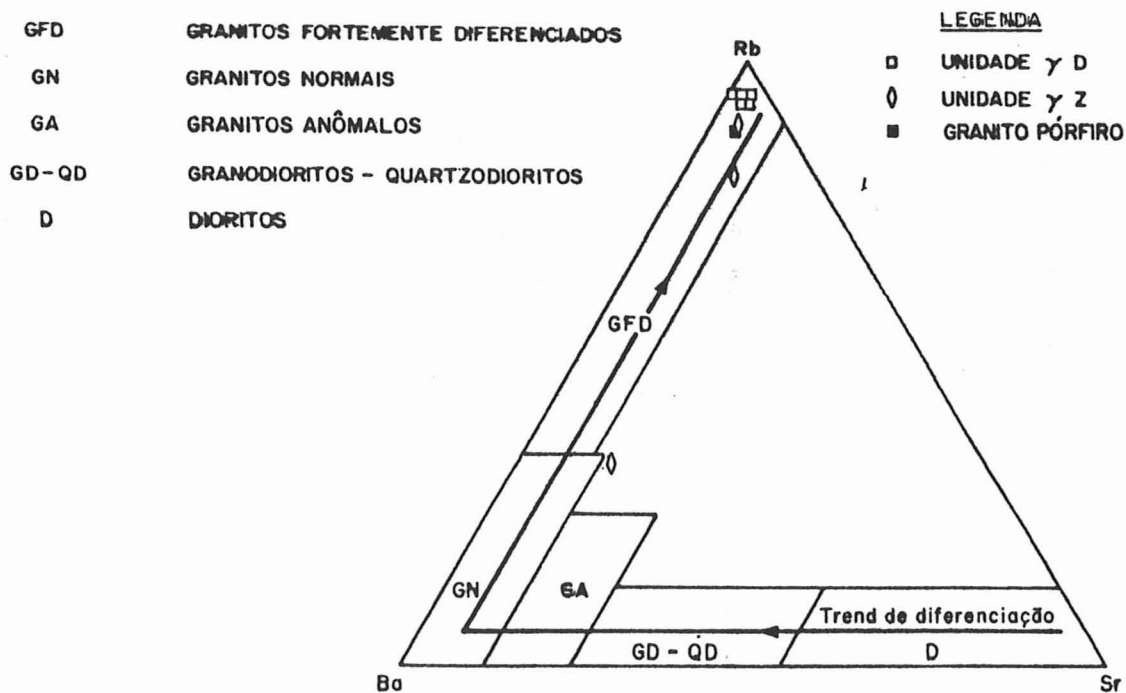


FIGURA 10 - Diagrama Rb-Ba-Sr segundo TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) apud EL BOUSEILY & EL SOKKARY (1975) para rochas do Maciço Granítico Guaraú.

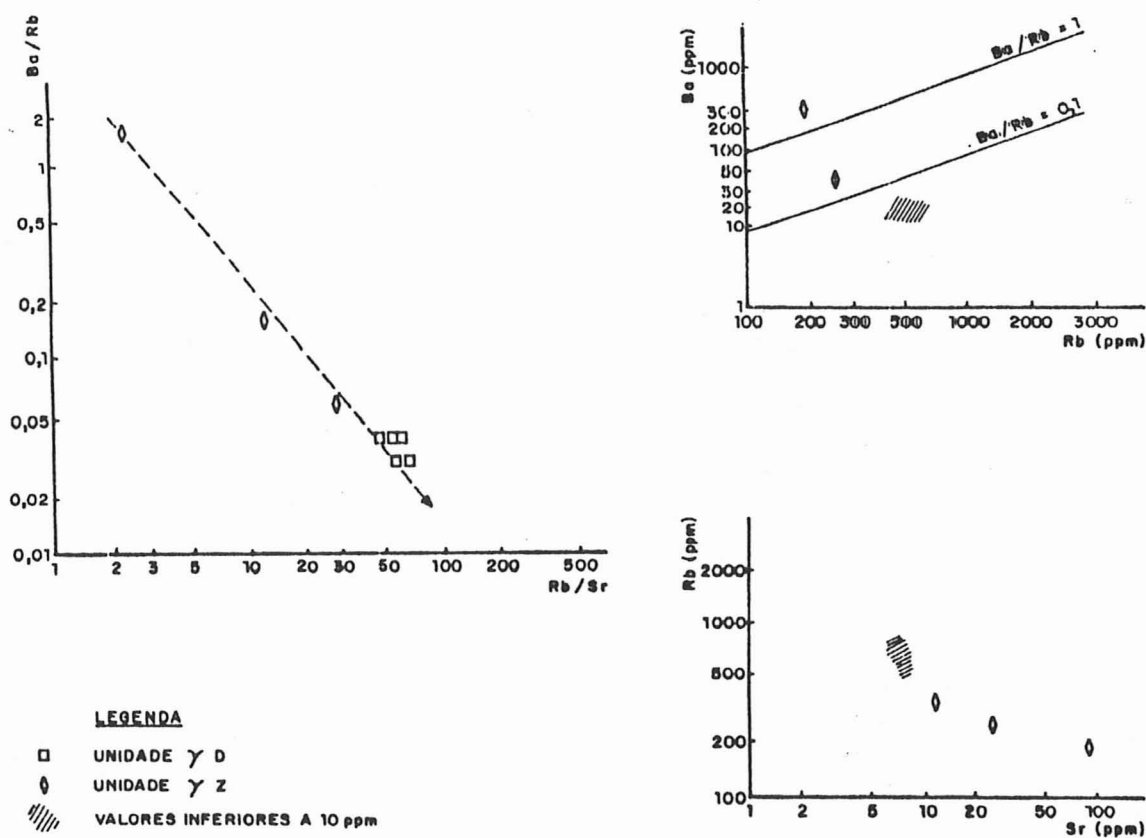


FIGURA 11 - Diagrama de variação das razões Rb/Sr e Ba/Rb (IMEOKPARIA, 1981) para rochas do Maciço Granítico Guaraú.

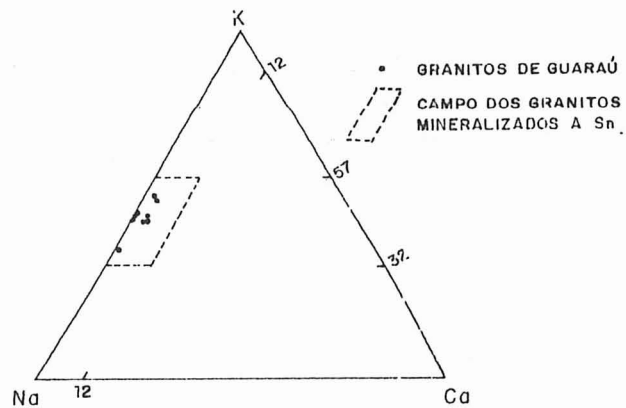
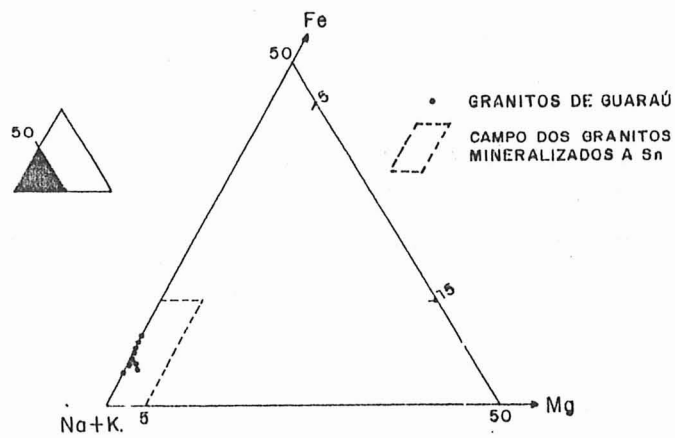
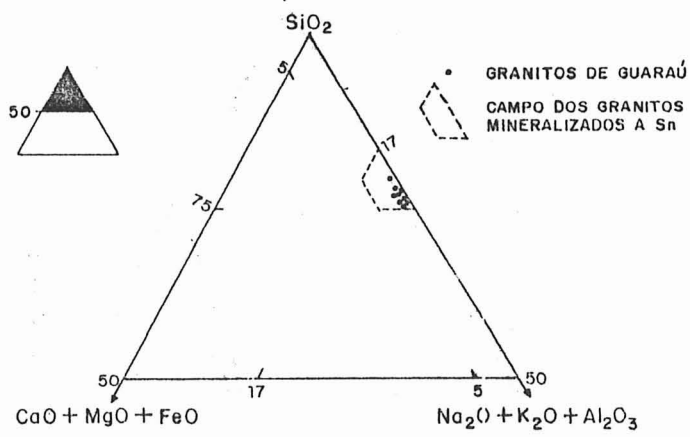


FIGURA 12 - Diagramas ternários discriminando campos dos granitos mineralizados a Sn segundo JUNIPER & KLEEMAN (1979) de amostras do Maciço Granítico Guaraú.

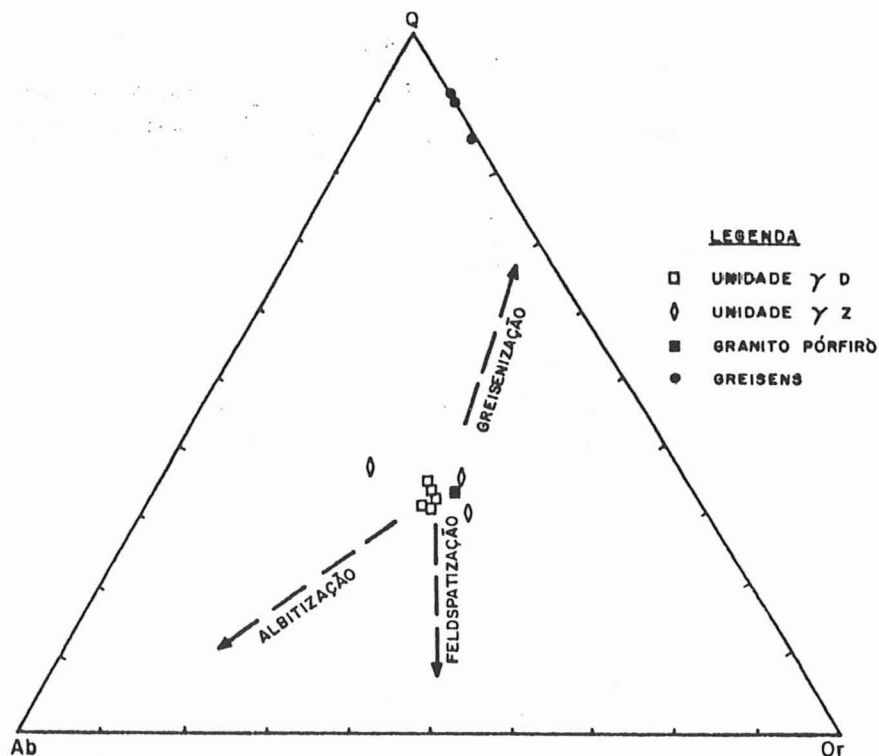


FIGURA 13 - Diagrama Q-Ab-Or com as principais tendências de alteração secundária de granitoides (greisenização, albitização e microclínização) segundo STEMPROK & SKVOR (1974) apud CHAROY (1979) para rochas do Maciço Granítico Guaraú.

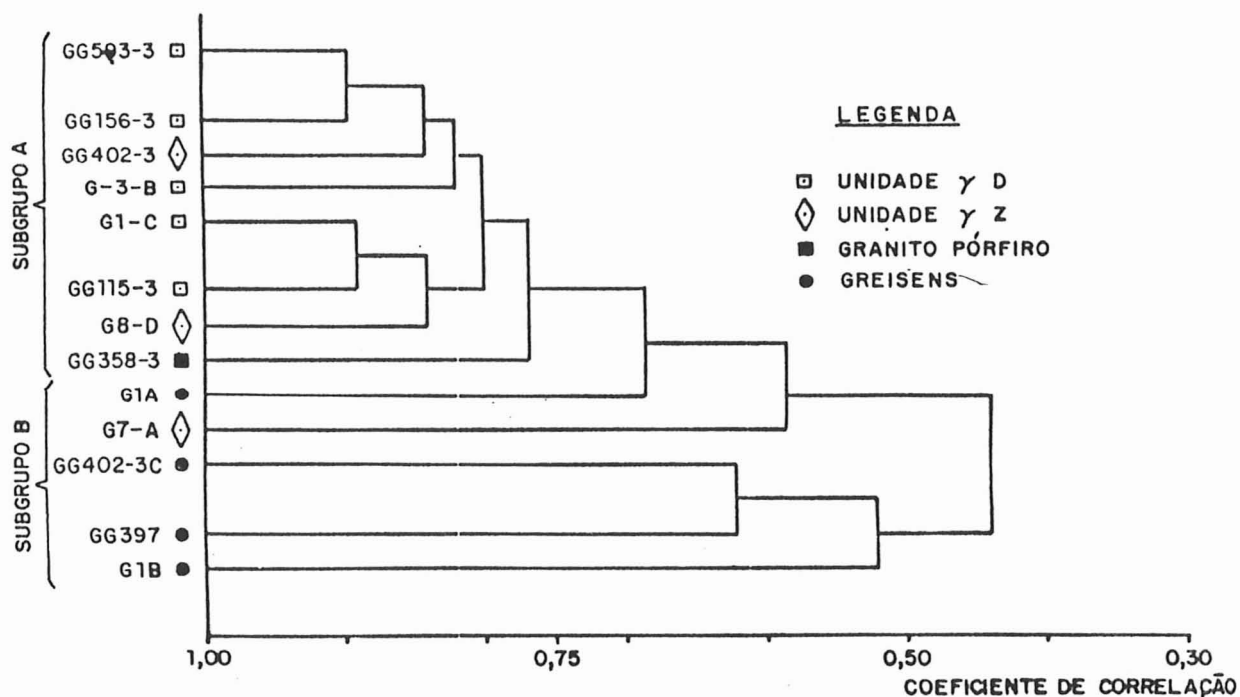


FIGURA 14 - Dendrograma de amostras de rochas do Maciço Granítico Guaraú classificadas segundo o conteúdo dos elementos maiores.