

CONTRIBUIÇÃO À PETROGRAFIA E LITOQUÍMICA DE ROCHAS GRANITO-GNAISSICAS
DA FAIXA COSTEIRA NA REGIÃO SUL-SUDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO (*)

Mário César Heredia de Figueiredo — IG-USP

Agamenon Sérgio Lucas Dantas — IPT

Maria Heloisa Barros de Oliveira Frascá — IPT

Eleno de Paula Rodrigues — IPT

Antonio Gimenez Filho — IPT

* Trabalho patrocinado pelo Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais — Pró-Minério

ABSTRACT

This paper presents and discusses preliminary petrographic and petrochemical data of igneous, charnockitic and metamorphic rocks from the coastal region near Miracatu and Juquiá (south-southern São Paulo State). Petrographical and chemical studies allow some considerations about the petrogenetic units of this region.

The Costeiro Complex which is the earlier unit, comprises orthogneiss and charnockitic gneisses, besides a volcano-sedimentary sequence (Cachoeira Sequence), both of probable Archean age. Such units were subjected to polycyclic migmatization (Transamazonic and Brazilian) with generation of parautochthonous and autochthonous anatectic granitoids. The migmatites and granitoids have different compositions, probably reflecting the nature of original material.

Finally, the interpretation of the petrochemical data of the studied lithotypes suggests that the granitoids, charnockitoids and migmatites would correspond to alkali-calcic granitoids of Caledonian type, probably related to a tectonic environment of post-collision uplift.

INTRODUÇÃO

O levantamento geológico das folhas Juquiá (SG-23-V-A-I-4) e Miracatu (SG-23-V-A-II-3) executado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT Dantas et al (1987) e inserido no contexto da Carta Geológica do Estado de São Paulo em escala 1:50 000, em execução sob os auspícios do Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais - PRO-MINERIO, da Secretaria da Ciência e Tecnologia-SCT, foi subsidiado por estudos petrográficos e litoquímicos.

Dentro do escopo desse levantamento, as amostras de rocha, especialmente aquelas destinadas a análises químicas, foram selecionadas com o intuito principal de elucidar dúvidas surgidas durante os trabalhos de campo e proporcionar um melhor entendimento sobre a gênese de determinados litotipos. Assim sendo, este trabalho apresenta uma interpretação ainda preliminar sobre a evolução e petrogênese das rochas metamórficas de alto grau, ígneas e charnockíticas da região próxima aos municípios de Miracatu e Juquiá. Foi desenvolvido a partir de dados extraídos de amostras representando apenas parte do conjunto de unidades litoestratigráficas da área.

GEOLOGIA

A área aqui estudada compreende porção do que Hasui et al. (1975)

denominaram de Maciço de Joinville, separados da Faixa de Dobramentos Apiaí (ao norte) pela Zona de Cisalhamento de Cubatão.

A Faixa Costeira na região de Miracatu-Juquiá é marcada por um conjunto de rochas graníticas, gnáissicas, migmatíticas, granulíticas e vulcano-sedimentares antigas, parcialmente recobertas por sedimentos cenozóicos do Grupo Mar Pequeno e aluvionares variados (Fig. 1). Mapeamentos anteriores são devidos a Silva et al. (1981), Silva (1981) e Dantas et al. (1987a).

A unidade mais antiga da área é representada pelo Complexo Costeiro, no sentido que lhe emprestam Hasui et al. (1981), que abrange rochas arqueanas mais ou menos remobilizadas em ciclos tectono-metamórficos posteriores. Ocorrem na forma de restos parcialmente preservados da migmatização e anatexia subseqüentes. Compreendem três associações litológicas: Suíte Itatins, a Suíte Ortognáissica e a Seqüência Cachoeira.

A Suíte Itatins inclui rochas charnockíticas "igneous looking", geralmente gnaissificadas, que ocorrem na forma de núcleos paleossomáticos de parte variável, geralmente confinadas à porção leste da área mapeada ou, mais comumente, em afloramentos isolados. São correlacionáveis aos granulitos do Complexo Serra Negra, no Paraná (Batolla Jr. et al., 1977; Silva et al., op cit.). Sua idade arqueana é baseada em datações realizadas na região de Itatins por Kaul & Teixeira (1982) com isócrona Rb/Sr de 2614 ± 10 Ma.

A Suíte Ortognáissica compreende rochas tonalíticas a graníticas, jazendo em pequenos corpos alongados na região leste da área estudada. São incluídas no Complexo Costeiro por sua estreita associação aos granulitos Itatins.

A Seqüência Cachoeira (Silva et al. 1981) de natureza metavulcano-sedimentar, aqui entendida no sentido que lhe conferem Bistrichi et al. (1981), corresponde a vestígios de uma possível seqüência supracrustal arqueana do tipo "Greenstone Belt". Ocorrem na forma de pequenos farrapos espalhados por toda a área, os maiores deles concentrando-se na sua porção centro-leste.

Envolvendo os núcleos arqueanos do Complexo Costeiro, têm-se as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico e as rochas granitóides de anatexia (fácies migmatítica de Hasui et al. 1978a,b). As rochas migmatíticas possuem paleossomas de natureza variada (predominando as rochas gnáissicas), com no mínimo dois eventos de migmatização superpostos que lhe conferem padrões morfológicos de estruturas bastante variadas (Dantas et al. 1987a). Apesar de identificadas predominâncias de determinados mecanismos de migmatização, de tipos de estruturas e natureza de neossoma distintos associados a cada um destes eventos, o mapeamento observou o critério da relação paleossoma/neossoma para a distinção de diatexitos e metatexitos no sentido de Ashworth (1985).

As rochas granitóides de anatexia formam corpos geralmente alongados, de dimensões variáveis, dispostos por toda a área da Faixa Costeira estudada. Representam o produto do reomorfismo das seqüências mais antigas, possuindo passagens eminentemente transicionais para as rochas migmatíticas, apresentando freqüentes estruturas migmatíticas homofânicas a heterogêneas, bem como enclaves (restitos e xenólitos) das rochas encaixantes mais refratárias à palingênese (calciossilicáticas, anfíbolitos, gnaisses básicos, etc.). Podem apresentar feições de relativa mobilidade mas, no geral, têm natureza autóctone. Em função de características petrográfico-texturais, estes granitóides foram separados nas fácies porfiróide e inequigranular.

A idade transamazônica atribuída às rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico e granitóides de anatexia deve-se a datações convencionais obtidas em neossomas Batolla Jr. et al. (1977) (1730 ± 100 Ma), associadas aos dados isocrônicos de Kaul & Teixeira (1982).

O conjunto de rochas da faixa Costeira entre Juquiá e Miracatu é cortado por rochas granitóides filonianas eo-paleozóicas, diques básicos juro-cretáceos e alcalinas cretáceas (Complexo de Juquiá). Na porção sul, as rochas cristalinas são recobertas por sedimentos plio-pleistocênicos das formações Cananéia e Pariquera-Açu (Grupo Mar Pequeno, de Ponçano, 1981) e holocênicos de natureza marinha, fluvial e mista.

Estruturadamente as rochas em foco dispõem-se predominantemente segundo a direção NW-SE a E-W, direção esta também dos traços axiais das principais macrodobras mapeadas. Dantas et al. (1987a) distinguem 3 fases de dobramentos nas rochas gnáissico-migmatíticas, sendo a última delas responsável por uma estruturação NE-SW evidenciada pelo grande fraturamento. São descritos vestígios de fases deformacionais mais antigas em rochas arqueanas do Complexo Costeiro.

Rochas miloníticas de natureza preponderantemente dúctil associam-se principalmente às zonas de Cisalhamento de Cubatão e Itarari, constituindo por vezes faixas de até 1,5 km de largura.

O metamorfismo é plurifacial, correspondendo aos graus médio a alto de Winkler (1977), fácies granulito a anfibolito alto nas rochas do Complexo Costeiro e anfibolito médio a alto (com anatexia associada) nas rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico. Intensa diaftarose, com formação de diversos minerais secundários pode ser observada em todos os litotipos estudados.

PETROGRAFIA

A seguir, são descritas as principais características petrográficas e mineralógicas das rochas aqui analisadas.

Para melhor ilustração, as composições mineralógicas modais e classificação petrográfica dos litotipos analisados quimicamente são fornecidas na Tabela 1.

Para classificação das rochas plutônicas utilizaram-se os critérios da Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks da International Union of Geological Sciences-IUGS (1973). Nas rochas charnockíticas também se utilizou das recomendações de Streckeisen (1974).

COMPLEXO COSTEIRO - AC

Engloba as rochas da Suíte Itatins, da Suíte Ortognáissica e da Sequência Cachoeira.

Suíte Itatins (AcH)

São rochas de granulação média a grossa, inequigranulares a raramente porfiróides, e de coloração cinza esverdeada a cinza clara. Mineralogicamente compõem-se de quartzo, plagioclásio (predominantemente andesina), hiperstênio, diopsídio, hornblenda, biotita e microclínio; com pequenas quantidades de apatita, opacos zircão, titanita e carbonatos.

Apresentam arranjo textural granular (hipidiomórfico a xenomórfico) até granoblástica, granonematobástica ou granolepidoblástica (dependendo do teor de piroxênios/anfibólios e filossilicatos, respectivamente).

Classificam-se petrograficamente (STRECKEISEN, 1974) como enderbitos e opalitos com variações para charnockitos e mangeritos, frequentemente gnáissicos e às vezes migmatizadas.

Feições retrometamórficas são comuns: alteração de hiperstênio em filossilicatos secundários e tremolita-actinolita + cummingtonita; alteração de diopsídio em hornblenda.

Suíte Ortognáissica - Ac O

Constitui-se de rochas porfiróides de coloração cinza e estrutura gnáissica, incipientemente migmatizadas (concentrações feldspáticas difusas).

A textura granular hipidiomórfica a granoblástica é caracterizada por cristais subédricos a anédricos de plagioclásio (oligoclásio a andesina) e anédricos de quartzo, microclínio e hornblenda. Feições blastomiloníticas são localmente observadas e definem-se por agregados

granoblásticos ocelares de quartzo ou plagioclásio, envolvidos por matriz micácea. Acessoriamente ocorrem titanita, epidoto, allanita, zircão e opacos.

Classificam-se como biotita e/ou hornblenda granitos (3b) gnáissicos, com variações para tonalito.

Seqüência Cachoeira

Esta unidade compreende rochas de natureza metavulcano-sedimentar, caracterizando-se como supracrustais preservadas da intensa migmatização e anatexia de caráter regional. Compreende biotita-hornblenda gnaisses (paragnaisses - AcG); kinzigitos e gnaisses kinzigíticos (AcK); anfibolitos e anfibólio xistos (AcB); calciossilicáticas (AcC); mármores dolomíticos (AcM); muscovita-biotita xistos (AcX); e quartzitos (AcQ).

A maior parte destes litotipos é de ocorrência puntual, principalmente como enclaves no Complexo Gnáissico-Magmático (PIGM). Devido ao reduzido número de amostras, neste trabalho utilizamos somente aquelas representativas das subunidades AcB, AcC e AcQ, cujas composições mineralógicas acham-se descritas na Tabela 1.

Os biotita anfibolitos e biotita-hornblenda xistos da subunidade AcB são rochas de coloração cinza esverdeada, às vezes bandadas. Tem granulação média a fina e textura variável de granoblástica a granonematoblástica. Localmente observam-se aspectos mineralógicos sugestivos de arranjo textural original óptico, sugestivo de uma origem ígnea destas rochas.

As rochas calciossilicáticas (AcC) apresentam coloração cinza esverdeada a amarelada e estrutura predominantemente bandada definida pela alternância de lâminas ou camadas enriquecidas ora em quartzo+feldspatos, ora em diopsídio e/ou tremolita e/ou epidoto. Tem granulação média a fina e textura granoblástica a granonematoblástica, quando os prismas de anfibólio acham-se suborientados.

Os hornblenda-biotita gnaisses (AcG) são predominantemente tonalíticos, porém não são incomuns os termos graníticos (3b). São rochas de estrutura gnáissica a xistosa, freqüentemente apresentando bandamento definido por camadas irregulares (centimétricas a decimétricas) ora leucocráticas (cinza claras), ora mesocráticas a melanocráticas (cinza escuras esverdeadas). Tem granulação fina a média e textura variável de granoblástica a granolepidoblástica, esta última geralmente ocorrendo nos termos mais finos e caracterizando-se por plaquetas suborientadas de biotita dispersas em material quartzo-feldspático granoblástico.

COMPLEXO GNAÍSSICO-MIGMATÍTICO (PIGM)

Os litotipos desta unidade constituem-se essencialmente de migmatitos de estruturas diversas com proporções relativas de neossoma e paleossoma bastante variáveis; o que levou ao estabelecimento deste como o critério básico para sua subdivisão em 3 subunidades: migmatitos de estruturas heterogêneas (PIGMht - com paleossoma dominante em relação ao neossoma); migmatitos de estruturas homogêneas (PIGMhm - com neossoma predominante em relação ao paleossoma) e migmatitos indiferenciados (PIGMi) migmatitos de estruturas heterogêneas - PIGMht.

São rochas de estrutura bandada, caracterizada pela alternância de níveis gnáissicos cinza claro a escuro e de granulação média a fina (paleossomas), com bandas de coloração cinza clara a esbranquiçada e de granulação média a grossa (neossoma).

Os paleossomas são constituídos por biotita e/ou hornblenda gnaisses de composição granítica (3b) a tonalítica, predominando a granodiorítica. Compõem-se de plagioclásio (oligoclásio a andesina), quartzo, biotita, hornblenda e microclínio em arranjo textural granoblástico a granolepidoblástico. Epidoto, titanita, opacos, apatita, zircão, sericita e carbonatos ocorrem em pequenas proporções.

É interessante assinalar que as rochas constituintes dos

paleossomas destes migmatitos corresponderiam àquelas do Complexo Costeiro, já descritas anteriormente.

Os neossomas são essencialmente granitos (3b) compostos por microclínio, quartzo, plagioclásio, hornblenda e biotita em arranjo granular hipidiomórfico.

Migmatitos de estruturas homogêneas - PIGMhm

Os paleossomas destes migmatitos são representados principalmente pelos litotipos das Sequência Cachoeira e, em menores proporções, das suites Itatins e Ortognáissica (Complexo Costeiro).

Os neossomas também são predominantemente granitos (3b) de granulação média a grossa e coloração cinza clara a esbranquiçada. Constituem-se de microclínio (por vezes micropertíticos), quartzo, plagioclásio (oligoclásio), com pequenas quantidades de biotita, hornblenda e opacos. Acessoriamente ocorrem epidoto, zircão, carbonato, apatita, clorita, allanita, titanita e sericita. O arranjo destes minerais configura a textura granular hipidiomórfica a xenomórfica.

SUITE GRANITOIDE DE FACIE MIGMATICA - PI 1

Granitóides porfiróides mesocráticos - PI 1a

São rochas de estrutura predominantemente porfiróide, com megacristais centimétricos (média 1 cm) de microclínio creme a esbranquiçado imersos em matriz inequigranular orientada, de coloração cinza e granulação média a grossa. Constituem-se de quartzo, microclínio, plagioclásio (andesina-oligoclásio) epidoto, apatita, titanita, zircão, opacos, allanita, clorita e carbonatos. A textura é variável: granular hipidiomórfica a xenomórfica e/ou granoblástica, e porfiroblástica com matriz granolepidoblástica.

Classificam-se petrograficamente de biotita granitos (3b) às vezes gnáissicos e com variações locais para granodioritos e tonalitos.

Granitóides inequigranulares leucocráticos - PI 1b

Estes corpos constituem-se de granitóides inequigranulares, raramente equigranulares e localmente porfiróides de granulação média a grossa e isotropos a fracamente orientados e/ou foliados. A coloração é cinza clara a rosada, localmente creme - esbranquiçada.

A mineralogia é basicamente definida por quartzo, microclínio (micropertítico a pertítico), biotita e hornblenda, com pequenas quantidades de zircão, opacos, allanita, titanita, epidoto, muscovita, apatita e clorita. A textura predominante é a granular hipidiomórfica a xenomórfica.

Petrograficamente são classificados de biotita granitos (3b) com algumas variações para granodioritos e tonalitos.

LITOGEOQUINICA

Os dados analíticos aqui apresentados (Tabela 2) foram obtidos no laboratório da GEOSOL (GEOLAB) e permitiram apenas uma interpretação preliminar para a petrogênese dos litotipos da região de Miracatu-Juquiá, em vista do número relativamente reduzido de dados analíticos face à complexidade das relações geológicas regionais e da variedade litológica encontrada.

Os diagramas de Harker (1909), com os dados recalculados para 100% na base anidra (Figura 2), sugerem que a maioria das amostras estudadas poderia corresponder a uma sequência de granitóides intermediários a ácidos, com uma variedade de enclaves básicos e cálcio-silicáticos. Alguns dos enclaves básicos (MR-180H e JU-449C) parecem ser cogenéticos com as rochas ácido-intermediárias e talvez representem autólitos e até

mesmo o magma original que, por diferenciação, geraria os granitóides. Contudo, duas amostras de rochas básicas se mostram relativamente enriquecidas em Mg, Mn, Ca, Fe, V e Cr (MR-327F) e Ti e Y (JU-341C) e empobrecidas em Al, Na, P, Ba e Sr (MR-327F) e Zr, Mg e Ba (JU-341C), provavelmente correspondendo a xenólitos.

Estes litotipos podem ser aproximadamente classificados, com base nas relações modais (IUGS, 1973) e químicas (Streckeisen & Le Maitre, 1979; La Roche et al., 1980), como se segue: Ac O: monzonito-diorito; AcB: monzonito-monzogabro-gabro; AcG: granodiorito-tonalito; PI 1a: granito 3b-granodiorito; PI 1b: granito 3a-granito 3b-granodiorito; e AcH: monzonito-monzodiorito-granodiorito-monzogabro. As relações SiO₂ versus cálcio/álcalis (Brown, 1982) indicam (Figura 3) que os litotipos estudados são intermediários entre típicas seqüências cálcio-alcálicas e mais alcalinas, parecendo corresponder a uma seqüência álcali-cálcica. Composicionalmente, são semelhantes aos granitóides migmatíticos do Complexo Pinhal (Campos Neto & Figueiredo, 1985).

As características mineralógicas e químicas discutidas anteriormente permitem classificar os litotipos de Miracatu e Juquiá como hornblenda-biotita granitóides do tipo I (Chappell & White, 1974). Em termos de Séries de Granitóides (Lameyre & Bowden, 1982) eles corresponderiam às séries cálcio-alcálicas de médio-K (ou granodioríticas) e de alto-K (ou monzoníticas). Embora ambas as tendências pareçam ocorrer em cada unidade, pode-se sugerir, " grosso modo", uma tendência cálcio-alcálica de médio-K para as unidades AcG, PI 1a e PI 1b e de alto-K para as unidades Ac O, AcB e AcH.

Considerando-se diferentes ambientes tectono-magmáticos (Pitcher, 1982), esses litotipos não correspondem aos plágio-granitos das cadeias oceânicas, granitos tipo S Sin-colisionais ou aos granitóides alcalino-peralcalinos anorogênicos dos ambientes extensionais. Os ambientes possíveis são os dos granitóides cálcio-alcálicos do regime de subducção pré-colisional ou dos granitóides álcali-cálcicos pós-colisionais.

Embora não tenham sido analisados, devido à dificuldade de obtenção de amostras inalteradas, ocorrem subordinadamente na região, granitos tipo S derivados de anatexia dos metassedimentos do Complexo Costeiro.

No diagrama R1-R2 (La Roche et al., 1980), as amostras estudadas (Figura 4) ficam melhor caracterizadas como pertencentes à série álcali-cálcica pós-colisional (Batchelor & Bowden, 1985), embora não se possa descartar a possibilidade de que algumas amostras representem granitóides cálcio-alcálicos pré-colisionais. Por exemplo, as amostras JU-449B1, Ju-449B2 e MR-180E apresentam teores mais baixos de K₂O e ligeiramente mais elevados de CaO e Al₂O₃, quando comparadas com outras amostras de teores semelhantes de SiO₂, podendo então representar granitóides cálcio-alcálicos ou leucossomas enriquecidos em plagioclásio.

Pearce et al. (1984) sugeriram a utilização de diagramas discriminantes de elementos traços para a interpretação tectônica de granitóides. No diagrama Rb versus Nb+Y (Figura 5) as amostras estudadas distribuem-se predominantemente na parte superior do campo dos granitóides de arco-vulcânico e invadem os campos dos granitos sin--colisionais (tipo S) e intra-placas (anorogênicos), semelhantemente ao que ocorre com os granitóides álcali-cálcicos do ambiente de relaxamento pós-colisional (tipo Caledoniano).

Na relação ternária Rb-Ba-Sr (Figura 6), discutida por El Bouseily & El Sokkary (1975), os litotipos distribuem-se predominantemente no campo dos granitos de alto-Ca (Turekian & Wedepohl, 1961), caracterizados por baixos teores de Rb. A única exceção é a amostra MR-140B, que corresponde a um dique granítico pós-tectônico, que se situa nas proximidades do campo dos granitos fortemente diferenciados.

CONCLUSÕES

Os litotipos das folhas Miracatu e Juquiá aqui estudados parecem corresponder a hornblenda-biotita granitóides do tipo I, álcali-cálcicos e provavelmente relacionados a um ambiente tectônico de

relaxamento pós-colisional do tipo Caledoniano.

As rochas charnockíticas da Sequência Granulítica Itatins também parecem corresponder a granitóides alcali-cálcicos, provavelmente enriquecidos em CO₂. Uma possibilidade seria a de que esses charnockitóides corresponderiam a fusões parciais de áreas-fonte ricas em CO₂, como exemplificado nos trabalhos experimentais de Wendlandt (1981). Por outro lado, poderiam representar uma charnockitização de rochas mais antigas a partir de um "front" de CO₂, como sugerido para os charnockitos do sul da Índia (Janardhan et al., 1982; Condie & Allen, 1984) e norte do Rio de Janeiro (Figueiredo, 1986), o que provocaria o aparecimento de hiperstênio e da coloração verde-escura dos feldspatos, sem modificações substanciais do sistema químico rocha-total. Tal hipótese parece fortalecida pela ocorrência local de granulitos kinzigíticos, que poderiam representar esta charnockitização por um "front" de CO₂, superposta aos metassedimentos e granitos tipo S do Complexo Costeiro.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASHWORTH, J.R. 1985. Introduction. In: ASHWORTH, J.R. (ed.) *Migmatites*. Blackie & Son Ltda., Glasgow. pg. 1-35.
- BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. 1980. Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. *Chem.Geol.*, 48: 43-55.
- BISTRICHI, C.A.; CARNEIRO, C.D.R.; DANTAS, A.S.L.; PONCANO, W.L.; CAMPANHNA, G.A. da C.; NAGATA, N.; ALMEIDA, M.A. de; STEIN, D.P.; MELO, M.S. de; CREMONINI, O.A. 1981. Mapa geológico do estado de São Paulo. Escala 1:500 000. São Paulo. (IPT. Monografias, 6. Publicações, 1184).
- BROWN, G.C. 1982. Calc-alkaline intrusive rocks: Her diversity, evolution and relation to volcanic arcs. In: THORPE, R.S. (ed.) *Andesites*. John Wiley, p. 437-461.
- CAMPOS NETO, M.C. & FIGUEIREDO, M.C.H. 1985. Geologia das Folhas de São José do Rio Pardo e Guaranésia (porção paulista) 1:50 000. IGUSP-PRO-MINERIO. 115p. (relatório inédito).
- CHAPPEL, B.W. & WHITE, A.J.R. 1974. Two contrasting granite types. *Pac. Geol.*, 8:173-174.
- CONDIE, K.C. & ALLEN, p. 1984. Origin of Archaean charnockites from southern India. In: KRONER, A.; HAMSON, G.N.; GOODWIN, A.M. (eds.) *Archean geochemistry*. Springer-Verlag, p. 182-203.
- DANTAS, A.S.L.; GIMENEZ FILHO, A.; TEIXEIRA, A.L.; NAGATA, N.; FERNANDES, L.A.; ALBUQUERQUE FILHO, J.L.; FRASCA, M.H.B.O. 1987a. Geologia das folhas Juquiá (SG.23-V-A-1-4) e Miracatu (SG.23-V-A-11-3) estado de São Paulo. São Paulo (IPT. relatório n° 25371).
- DANTAS, A.S.L.; GIMENEZ FILHO, A.; NAGATA, N.; FERNANDES, L.A.; TEIXEIRA, A.L.; FRASCA, M.H.B.O. 1987. Evolução Geológica e estrutural da faixa costeira nas regiões de Juquiá e Miracatu, sul do Estado de São Paulo. In: SIMPOSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, São Paulo, 1987. Atas... São Paulo, SBG. (no prelo).
- EL BOSEILY, A.M. & EL SOKKARY, A.A. 1975. The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks. *Chem.Geol.*, 16:207-219.
- FIGUEIREDO, M.C.H. 1986. Geochemistry of Proterozoic charnockites from southeastern Brazil. In: INTERNATIONAL FIELD CONFERENCE on

- PROTEROZOIC GEOLOGY and GEOCHEMISTRY. Colorado, 1986. Abstract. p. 97.
- HARKER, A. 1909. The natural history of igneous rocks. London Methuen. 384 p.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. 1975. The Ribeira folded belt. *Rev.Bras.Geoc.*, São Paulo, 5(4): 257-266.
- 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*, 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 Paulo. In: INSTITUTO de PESQUISAS TECNOLOGICAS do ESTADO de SÃO PAULO. Mapa Geológico do Estado de São Paulo; escala 1: 500 000. São Paulo. v.1, p.12-45 (IPT. Monografias, 6 Publica, Phcço, 1184).
- INTERNATIONAL UNION of GEOLOGICAL SCIENCES - IUGS. 1973. Plutonic rocks classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcommission on the systematic of igneous rocks. *Geotimes*, 18:26-30.
- JANARDHAN, A.S.; NEWTON, R.C.; HANSEN, E.C. 1982. The transformation of facies gneiss to charnockite in southern Karnataka and northern Tamil Nadu, India. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 79:130-149.
- KAUL, P.F.T. & TEXEIRA, W. 1982. Archean and Early Proterozoic complexes of Santa Catarina, Paraná and São Paulo States, southeastern Brazil: an outline of their geologic evolution. *Rev.Bras.Geoc.*, 12:172-182.
- LAMEYRE, J. & BOWDEN, P. 1982. Plutonic rock type series: discrimination of various granitoid series and related rocks. *J. Volcan.Geotherm.Res.*, 14:169-186.
- LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analyses. Its relationships with current nomenclature. *Chem.Geol.*, 29:183-210.
- 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: HSÜ, K.J. (Ed.) *Mountain building processes*. London, Academic Press. p.19-40.
- PONÇANO, W.L. 1981. O cenozóico paulista. In: ALMEIDA, F.F.M. de et alii. Mapa geológico do Estado de São Paulo; escala 1:500 00. São Paulo, IPT. p.82-96. (Publicação 1184) (Série Monografias 6).
- SILVA, A.T.S.F. da 1981. Tentativa de interpretação da gênese e evolução da infra-estrutura Arqueana exposta entre Peruíbe e Curitiba, SP. e PR. In: SIMPOSIO REGIONAL de GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. *Atas... São Paulo, SBG*, v.1 pgs. 133-147.
- SILVA, A.T.S.F. da; FRANCISCONI, O.; GODOY, A.M. de & BATOLLA JR., F. 1981. Projeto Integração e detalhe geológico no Vale do Ribeira, Relatório final - Integração Geológica. São Paulo, CPRM. 15 v.
- STRECKEISEN, A. 1974. How should charnockitic rocks be named In: *GEOLOGIE DES DOMAINES CRISTALLINES*. Soc.Geol.Belg., Siège. p.349-360.

- STRECKEISEN, A. & LE MAITRE, R.W. 1979. A chemical approximation of the modal QAPF classification of igneous rocks. N.Jb.Mineral.Abh., 36:169-206.
- TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, W.H. 1961. Discrimination of the elements in some major units of the Earth's crust Bull.Geol.Soc.Am., 72: 175-192.
- WENDLANT, R.F. 1981. Influence of CO₂ on melting of model for the genesis of charnockites. Am.Mineral., 66:1164-1174.
- WINKLER, H.G.F. 1977. Petrogênese da rochas metamórficas. Tradução da 4. ed. Porto Alegre, Edgard Blicher/URGS. 254 p.

TABELA 1 - Composições mineralógicas modais e classificação petrográfica dos litotipos analisados quimicamente.

MINERAIS		Q	U	P	M	B	H	A	H	D	O	P	E	T	A	Z	C	C	S	CLASSIFICAÇÃO PETROGRÁFICA
AMOSTRA	UNIDADE	A	A	A	C	O	O	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
		R	R	G	R	T	N	N	P	O	A	R	R	B	E	R	O	N	I	
		Z	Z	.	.	A	L	.	.	.	.	S	O	A	A	O	A	.	.	
MR-109A	AcH	32.3	23.4	41.8	2.0				0.4			pr			pr	0.1			pr	Granito (3b) com hiperstênio
MR-109B		17.4	25.3	42.6	7.9				5.5			0.5			pr	pr			0.7	Biotita gnaiss charnockítico
MR-176B		3.6	37.7	3.5	25.8	21.8	4.8					1.4	pr	pr	1.4	0.1		pr		Hornblenda - biotita - quartzo norito gnáissico
MR-176C		13.9	27.2	pr	6.7	49.8					1.3	0.3	0.2	0.5	0.1			0.1		Meta - tonalito
MR-176D		2.3	47.1	0.1	11.9	28.9	5.7		0.4	0.1	0.4	0.1	2.3	0.1	0.7	pr		0.5		Biotita - hornblenda gnaiss norítico
MR-152A		16.5	56.7	5.8	8.5	5.3			5.9	0.7	0.4			0.3	pr					Hornblenda-biotita enderbita gnáissico
MR-08D	Ac o	15.7	30.4	27.6	16.8	6.9	2.1				pr	0.2		0.4	pr				pr	Hornblenda-biotita gnaiss de composição granítica (3b)
MR-385		27.1	36.0		14.4	21.5					pr	0.5	0.2	0.2	0.1					Biotita-hornblenda gnaiss de composição tonalítica
MR-180H	AcB		46.6		11.8	39.5						0.3	1.2	0.6						Biotita-hornblenda xisto
MR-327F		0.8			18.7	79.1					pr	pr	1.1	0.3	pr					Biotita anfibolito
JU-449C		0.8	39.1	0.1	15.1	28.4	9.0			pr		3.7	1.6	0.9	0.1		0.1	0.1		Biotita-hornblenda xisto
JU-312A	AcG	27.1	43.6		25.2		0.7				0.8	1.8	0.3	0.6	pr					Biotita gnaiss de composição tonalítica
JU-341C		14.4	9.3		37.9						1.2	34.0	2.8	0.4	0.1					Epidoto-biotita gnaiss
MR-180E	PIGM	35.2	31.5	31.3	1.2						0.1	0.1			0.2	0.1	pr	0.3		Leuco granito (3b)
JU-337D		34.6	23.0	10.8	27.7						0.3	1.7	0.3	0.1	pr	0.7	pr	0.9		Biotita gnaiss milonítico de composição granodiorítica
MR-52A	PI 1a	31.8	29.3	17.0	20.4						0.6	pr	pr	0.5	pr				0.6	Biotita gnaiss de composição granítica (3b)
MR-327A		28.5	28.6	18.4	20.1						pr	0.4	0.3	0.5	0.5	0.2	0.1	2.6		Biotita gnaiss de composição granítica (3b)
JU-341B		28.7	42.3	14.8	12.1							0.4	0.7	pr	pr	0.4	0.4	0.3		Biotita granodiorito
JU-449A		21.2	44.0		28.8							3.7	0.9	0.9	pr	0.1	0.5			Biotita tonalito gnáissico
JU-449B1		32.9	31.0	31.4	1.2						pr	0.4	0.3	pr	pr	1.7	pr	1.2		Granito (3b)
JU-449B2		33.6	43.1	5.1	16.9							0.4	0.4	pr	pr	0.2	0.1	0.2		Biotita gnaiss de composição granodiorítica
MR-11A	PI 1b	34.4	23.3	33.5	7.6						0.4	0.1	0.1	pr	0.4	0.1		0.1		Biotita granito (3b)
MR-196		34.4	29.9	27.3	6.7						0.8	0.2	0.2	0.1	pr			0.4		Biotita granito (3b)
MR-270A		32.0	40.6	21.2	5.8						0.3	pr	pr	0.1	pr			pr		Biotita granito (3b) a granodiorito
MR-275		31.7	35.7	27.9	4.6						0.1	pr	pr	0.1	pr	pr	pr	pr		Granito (3b)
JU-341A		30.5	19.5	45.7	1.9						0.1	0.8	0.4	0.5	pr	pr		0.7		Leuco granito (3a)
MR-140B	PSED 4	33.4	20.7	39.3	5.9						pr	0.2	pr	pr	0.1			0.4		Biotita granito (3a)

TABELA 2 - Dados analíticos para elementos maiores e traço.

ELEMENTOS	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	S	CO ₂	H ₂ O+	H ₂ O-	Cu	Zn	Co	Ni	Pb	Li	F	Ba	Rb	Sr	Y	Cr	Zr	Nb	V
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
AMOSTRAS																														
MR-00D	60.90	15.10	3.20	5.00	1.50	3.90	0.71	0.25	0.12	4.20	3.90	0.024	0.24	0.58	0.13	28	87	22	30	44	36	815	1130	140	550	16	86	172	24	166
MR-11A	71.50	12.90	1.20	0.85	1.90	2.00	0.31	0.08	0.04	4.70	3.90	0.010	0.22	0.19	0.18	13	50	9	7	12	19	391	1330	130	510	15	5	184	20	140
MR-52A	66.90	13.40	1.90	2.10	2.50	2.90	0.63	0.19	0.07	4.50	3.30	0.053	0.25	0.88	0.11	24	65	13	31	18	28	840	930	190	430	16	46	280	28	132
MR-109A	73.00	12.00	0.78	0.57	0.77	1.60	0.13	0.06	0.02	6.60	3.10	0.008	0.20	0.10	0.13	21	15	4	14	14	18	250	2650	150	630	15	15	166	20	84
MR-109B	86.50	14.20	2.00	2.90	1.40	3.10	0.42	0.13	0.07	4.20	3.90	0.012	0.40	0.49	0.12	8	53	11	26	14	21	580	1340	120	610	15	32	96	20	146
MR-140B	72.40	12.40	0.32	0.85	1.20	1.20	0.29	0.06	0.03	7.40	2.90	0.009	0.24	0.48	0.12	5	30	4	5	18	26	505	440	410	150	5	15	240	20	86
MR-152A	59.50	16.20	2.80	5.10	1.80	5.80	0.66	0.26	0.21	2.50	4.20	0.024	0.20	0.50	0.12	30	106	22	31	18	45	825	690	80	570	26	96	190	26	186
MR-176B	52.60	14.80	5.80	7.10	3.30	5.90	1.10	0.53	0.18	3.50	3.80	0.019	0.52	0.37	0.06	16	101	36	44	14	30	1200	1050	90	690	38	132	200	26	210
MR-176C	59.00	15.10	4.00	5.00	2.10	5.90	0.72	0.30	0.12	2.00	4.50	0.016	0.51	0.39	0.05	17	76	25	34	14	22	763	460	74	770	22	67	148	26	160
MR-176D	54.20	14.20	5.90	6.10	2.90	7.40	1.10	0.52	0.14	2.50	3.80	0.024	0.24	0.57	0.08	193	85	37	74	8	22	990	640	65	680	60	208	148	32	260
MR-180E	74.60	13.40	0.27	0.42	0.28	2.40	0.12	0.05	0.02	3.40	4.40	0.007	0.23	0.13	0.07	3	12	2	14	22	14	200	530	120	380	15	8	68	22	82
MR-180H	50.60	14.30	6.10	7.30	3.70	8.30	1.10	0.39	0.15	2.10	3.60	0.032	0.79	0.99	0.08	22	98	45	82	18	25	3300	570	67	310	20	136	90	24	220
MR-196	71.10	13.60	0.60	1.30	0.56	1.50	0.35	0.08	0.03	6.60	3.70	0.010	0.20	0.14	0.08	6	42	5	6	14	27	450	1360	200	350	15	5	280	120	122
MR-270A	71.30	13.60	1.00	1.10	1.30	2.10	0.25	0.10	0.03	4.30	4.10	0.011	0.25	0.42	0.11	15	38	6	9	14	28	494	1200	140	440	15	11	360	120	116
MR-275	66.20	15.60	1.60	2.60	0.81	3.90	0.47	0.19	0.05	3.10	4.40	0.012	0.24	0.42	0.10	7	43	9	13	14	25	580	610	100	530	5	13	270	120	140
MR-327A	66.50	13.50	2.80	3.70	0.69	2.80	0.51	0.29	0.10	4.60	3.00	0.011	0.21	1.10	0.07	5	75	15	17	14	36	850	660	220	340	9	64	200	20	116
MR-327F	53.10	5.50	14.20	10.60	1.70	9.70	0.73	0.05	0.40	2.10	0.40	0.014	0.24	0.88	0.08	4	65	66	105	20	29	1600	120	100	110	17	630	56	20	360
MR-385	60.50	13.90	4.00	4.60	2.50	5.10	0.55	0.24	0.17	2.40	3.80	0.013	0.23	0.83	0.15	21	85	24	45	14	27	650	770	59	400	28	220	172	26	160
JU-312A	63.40	14.70	3.30	4.30	1.60	3.60	0.51	0.24	0.10	2.70	4.00	0.270	0.24	0.71	0.12	220	95	21	25	10	41	960	850	150	500	7	45	168	24	188
JU-337D	62.80	14.30	3.90	4.00	2.00	2.30	0.58	0.24	0.09	4.70	3.20	0.075	0.21	1.20	0.11	27	79	16	23	11	44	753	950	190	330	38	35	240	22	188
JU-341A	73.20	12.60	0.47	0.42	0.63	1.50	0.14	0.08	0.03	6.60	3.00	0.009	0.24	0.76	0.13	7	15	4	4	22	10	290	2300	120	400	15	9	132	120	34
JU-341B	69.00	13.20	2.00	2.00	1.60	2.30	0.43	0.05	0.07	4.20	3.40	0.010	0.20	1.10	0.12	10	52	12	31	17	27	505	1130	160	440	15	55	260	22	130
JU-341C	54.10	13.20	3.30	8.00	3.10	7.50	1.90	0.53	0.12	2.40	4.20	0.370	0.23	1.00	0.11	160	99	37	37	14	33	940	300	170	590	70	66	300	26	240
JU-449A	61.00	14.80	2.70	4.30	1.20	4.30	0.66	0.21	0.09	5.80	3.80	0.024	0.22	0.84	0.07	18	71	17	29	14	61	732	510	150	540	10	82	240	120	164
JU-449B1	74.60	13.40	0.67	1.10	0.10	1.80	0.16	0.05	0.02	3.40	3.90	0.009	0.20	0.34	0.07	4	16	5	16	16	21	200	1090	100	360	15	28	84	20	88
JU-449B2	69.10	14.30	2.00	2.90	0.68	2.80	0.43	0.14	0.06	2.30	3.60	0.011	0.23	1.30	0.07	115	49	11	30	20	52	498	410	140	320	9	112	82	20	72
JU-449C	53.10	14.70	7.10	7.40	0.88	8.10	0.83	0.38	0.15	2.10	3.70	0.094	0.24	0.89	0.08	91	78	47	186	12	50	1100	420	88	370	32	260	166	20	240

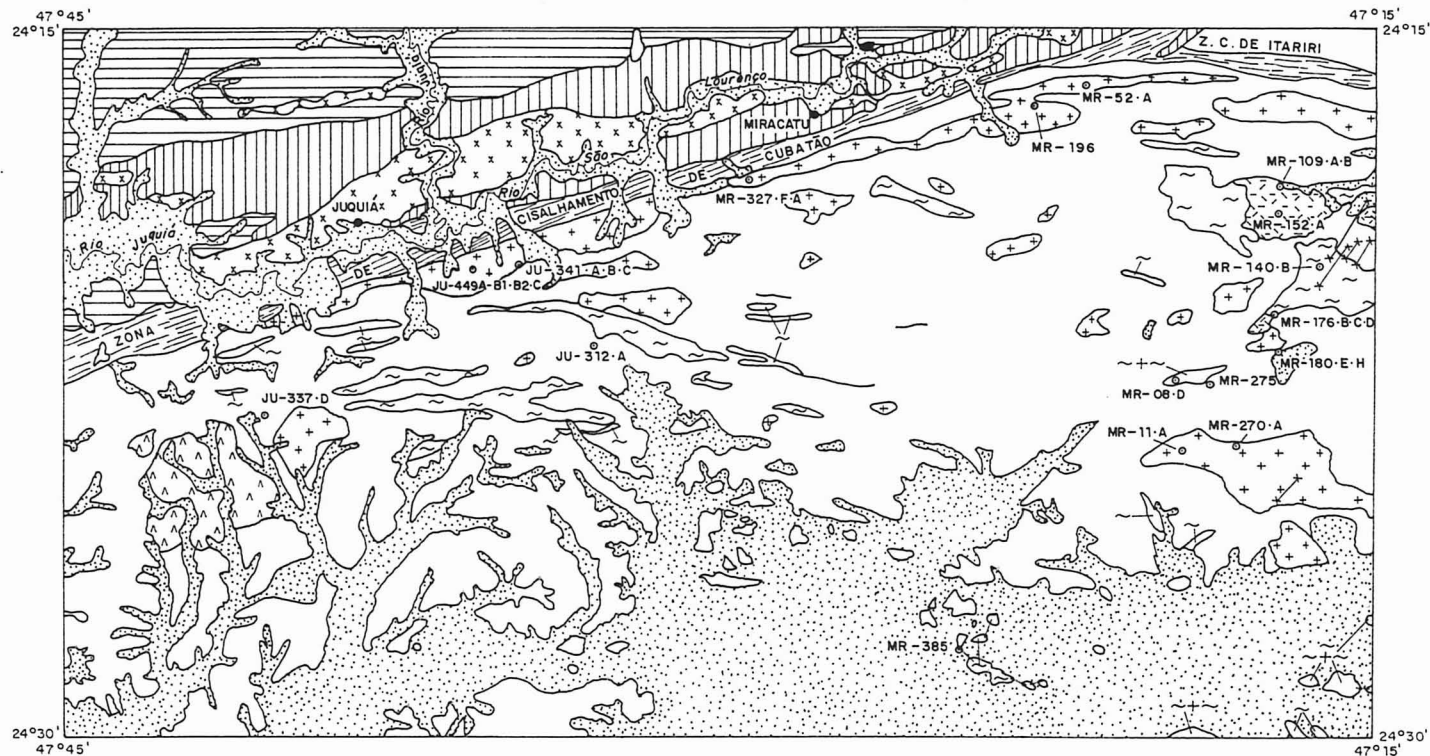


Figura 1 - Principais unidades geológicas e localização das amostras analisadas.

LEGENDA

COMPLEXO COSTEIRO		SUÍTE ITATINS		COMPLEXO GNÁISSICO-MIGMATÍTICO		SEQUÊNCIA MIRACATU		ZONAS DE CISALHAMENTO
		SUÍTE ORTOGNAISSICA		SUÍTE GRANITOÍDE DE FÁCIES MIGMATÍTICA		SUÍTE GRANITOÍDE DE FÁCIES CANTAREIRA		INTRUSIVAS ÁCIDAS FILONIANAS
		SEQUÊNCIA CACHOEIRA		COMPLEXO EMBU		GRANITOÍDE DO BAIRRO DO FAÚ		COMPLEXO ALCALINO DE JUQUIA
								COBERTURA CENOZÓICA

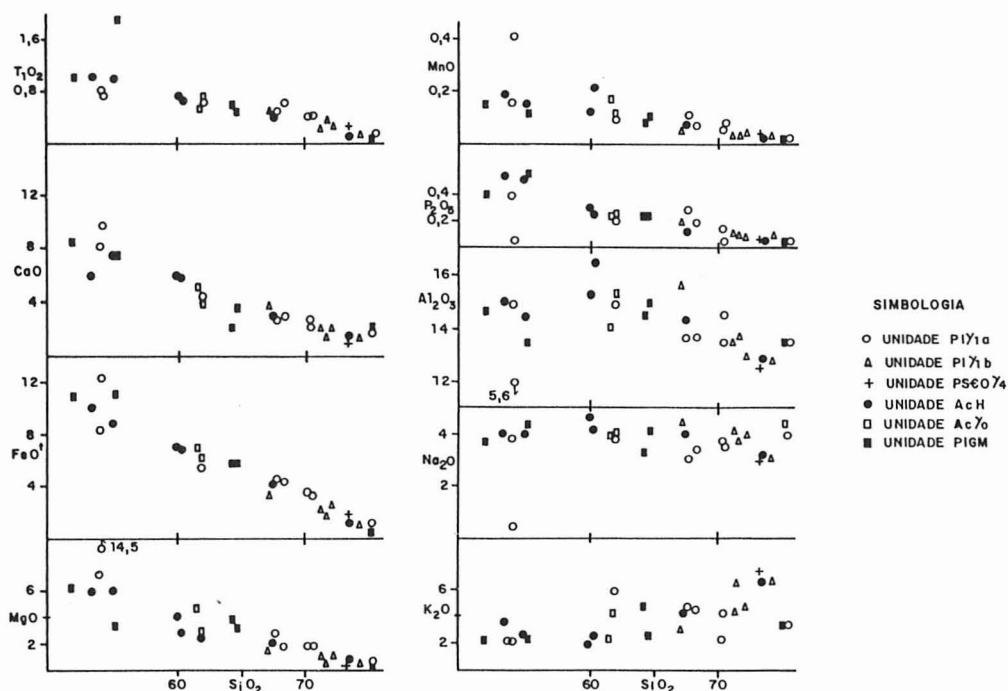


Figura 2 - Diagramas de HARKER (1909) para os diversos litotipos.

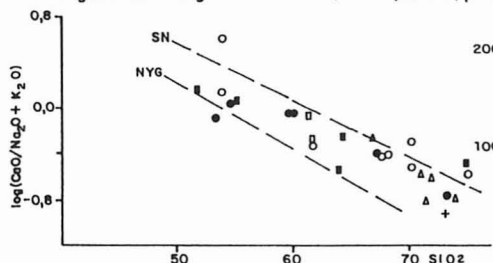


Figura 3 - Diagrama SiO_2 versus $\log(\text{CaO} / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}))$ para os diversos litotipos, com as tendências dos granitoides cálcico-alcalinos de Sierra Nevada (SN) e álcali-cálcicos dos granitos jovens da Nigéria (NYG) (BROWN, 1982).

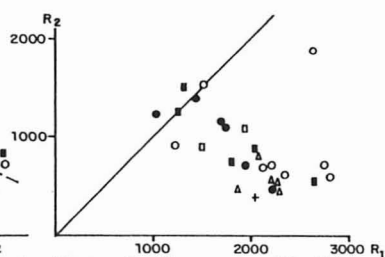


Figura 4 - Diagrama multicatiónico de LA ROCHE et alii (1980) para os diversos litotipos.

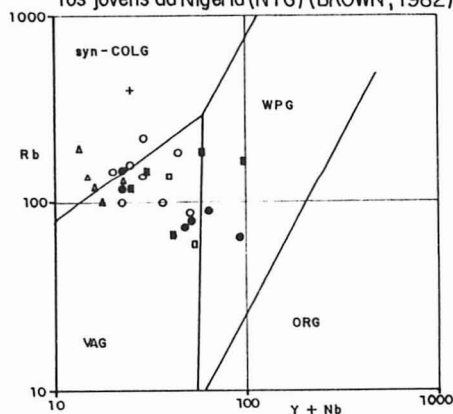


Figura 5 - Diagrama Rb versus $Y + Nb$ (PEARCE et alii, 1984), discriminando os campos dos granitoides de arco vulcânico (VAG), sin-colisionais (syn - COLG), intraplacas (WPG) e de cadeias ocedônicas (ORG), para os diversos litotipos.

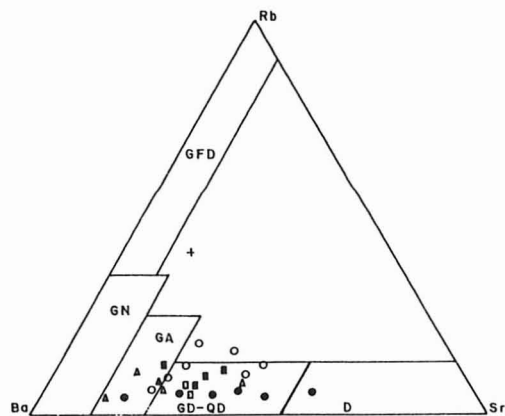


Figura 6 - Diagrama Pb-Ba-Sr de EL BOUSEILY & EL SÖKKARY (1975), discriminando os campos de granitos fortemente diferenciados (GFD), granitos normais (GN), granitos anômalos (GA), granodioritos e quartzo-dioritos (GD-QD) e dioritos (D), para os diversos litotipos.