



CONTEXTO TECTÔNICO E GEOQUÍMICO DO GRANITÓIDE CATINGUEIRA: UM MAGMATISMO ALCALINO-PERALCALINO NO LIMITE NORTE DA ZONA TRANSVERSAL DA PROVÍNCIA BORBOREMA

A.C. Galindo & J.M. Sá

Departamento de Geologia (PPGG) – CCET/UFRN, Cx. Postal 1639, CEP 59078-970, Natal, RN

Recebido em 02/00, aprovado para publicação em 06/00

ABSTRACT

The Catingueira granitoid is an E-W elongated proterozoic pluton parallel to the regional tectonic structures of Salgueiro-Cachoeirinha sequence, located in the central part of the Borborema Province, Northeast Brazil. It displays a homogeneous and fine grained texture and monzogranite composition, with a peralkaline geochemical signature including aegirine-augite, riebeckite-arfvedsonite and biotite as the main mafic minerals. Primary mineral textures as well as geochemical signature point to fractional crystallization was the main magmatic process. Positive Eu anomaly on REE diagram and for Sr, Ba and K on multielemental spidergrams indicate that there was no feldspar fractionation during magma evolutionary process. An igneous granulite facies in the lower crust seems to be the source for this magma that should have been generated and emplaced in an orogenic geodynamic setting.

RESUMO

O Granitóide Catingueira constitui um corpo de forma alongada encaixado na seqüência metavulcanossedimentar Salgueiro-Cachoeirinha. Geologicamente está inserido na Zona Transversal da Província Borborema. É constituído por monzogranitos, com aegirina-augita como máfico dominante. Seu caráter peralcalino é evidenciado pelo altos teores de álcalis, acmita normativa, além da aegirina-augita modal. Plagioclásio e Cpx zonados, e dados geoquímicos, indicam cristalização fracionada como processo dominante envolvido na sua evolução magmática. Anomalias positivas de Eu, em diagramas ETR, e de Sr, Ba e K em spidergrams, indicam o não fracionamento de feldspatos durante sua evolução. Fusão de rochas ígneas de base da crosta em condições de fácies granulito é a hipótese mais coerente para a origem do magma deste granitóide, entretanto uma hipótese de fonte mantélica com contaminação crustal não é de todo descartada.

INTRODUÇÃO

A Província Borborema foi definida por Almeida *et al.* (1977) como uma província brasileira (pan-africana), situada entre os Cratons do São Francisco e de São Luiz, e segmentada, por Brito Neves (1975), em várias faixas ou sistemas de dobramentos e maciços medianos, delineando seus principais traços estruturais. Esta província geológica ocupa uma área de cerca de 500.000 km² do Nordeste do Brasil, sendo, geograficamen-

te, dividida em três grandes domínios, demarcados por duas grandes zonas de cisalhamentos transcorrentes, de direção E-W, denominadas de Lineamento Patos e Pernambuco. O setor central, situado entre estes dois lineamentos, é denominado de Zona Transversal (Fig. 1).

O **Granitóide Catingueira** está geologicamente inserido nesta Zona Transversal, apresentando-se como um corpo alongado de direção E-W, concordante com a estruturação regional, atingindo até 600 metros

de largura e 12 km de extensão. É limitado ao norte pelo Lineamento Patos, onde desenvolve uma foliação milonítica E-W, controlada por este lineamento. Na parte Sul, está claramente intrudido em metassedimentos da Sequência Salgueiro-Cachoeirinha (Fig. 2). Composicionalmente, as rochas deste granitóide são representadas por monzogranitos alcalinos com clinopiroxênio da série aegirina-augita, como máfico dominante, e com anfibólio da série riebeckita-arfverdsonita e biotita subordinados.

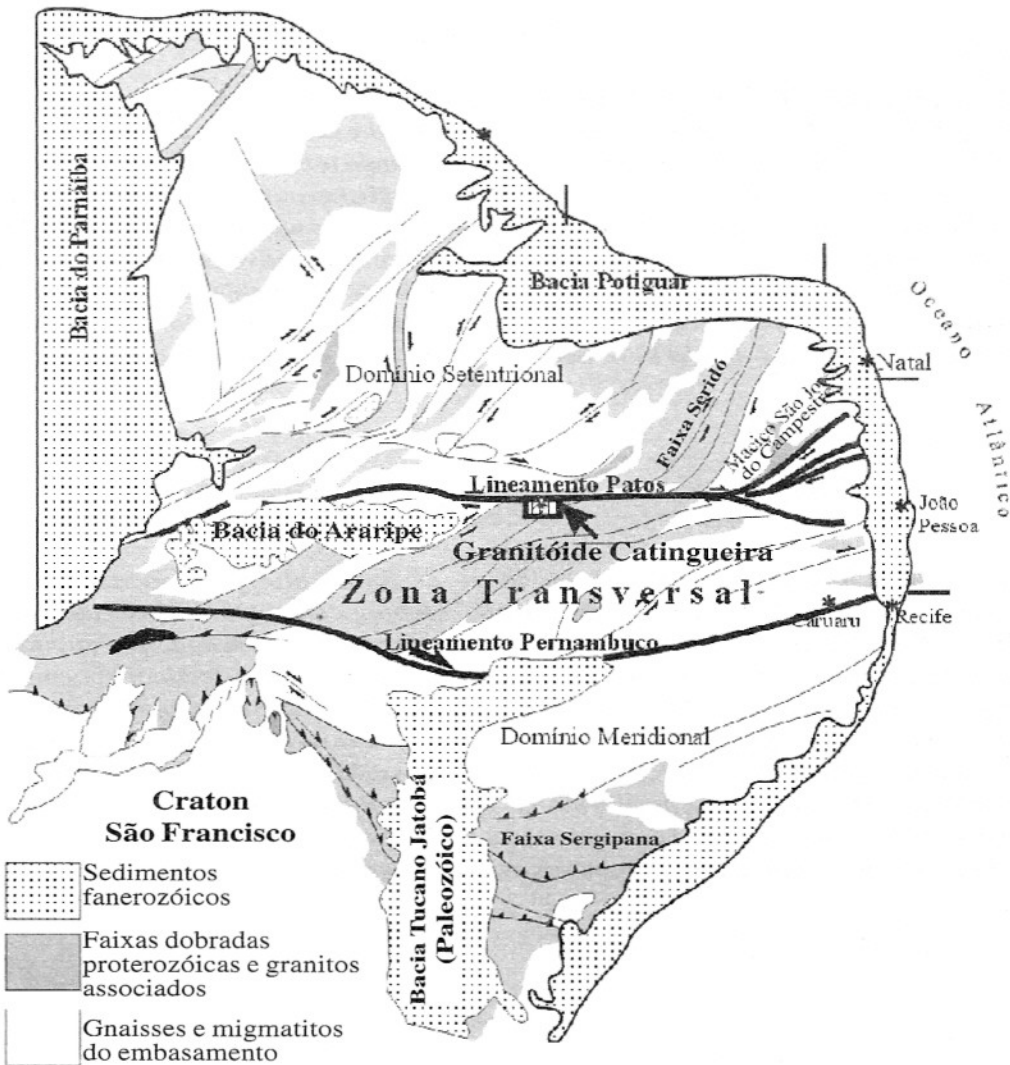
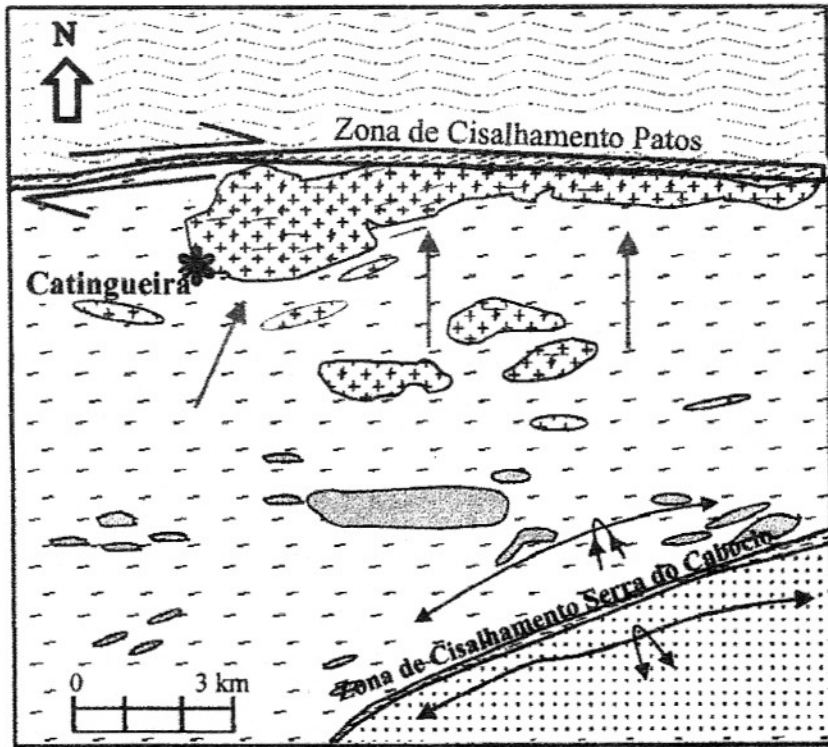


Figura 1 – Esboço geológico da Província Borborema, Nordeste do Brasil, com destaque para a zona Transversal e localização do Granitóide Catingueira (simplificado de Jardim de Sá, 1994).



LEGENDA

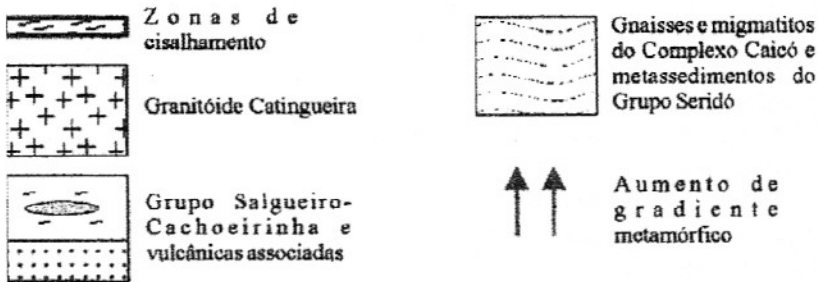


Figura 2 – Esboço geológico e coluna estratigráfica da região de Catingueira, Província Borborema, Nordeste do Brasil. Fonte: Sá *et al.* (1998).

A GRANITOGÊNESE BRASILIANA NA PROVÍNCIA BORBOREMA

A granitogênese brasileira na Província Borborema é o evento tectono-magmático mais marcante dessa orogenia e apresenta uma gama bastan-

te variada de tipos texturais/petrográficos/geoquímicos. Propostas de classificação/separação tipológicas desses granitóides têm sido apresentadas e discutidas desde a década de 60. Almeida *et al.* (1967), com base em critérios de campo e petrográficos, agruparam os granitóides brasileiros dessa

província em três categorias: sin, tardi e pós-orogênicos. Os sinorogênicos, tipos de maior distribuição areal, englobam as tipologias Itaporanga (granitos e granodioritos de textura porfirítica, caracterizados pela abundância de megacristais de feldspato potássico, que ocorrem como grandes batólitos) e

Conceição (granodioritos a tonalitos, no geral de textura fina a média, e ocorrendo preferencialmente como *stocks*). Os tardiorogênicos são agrupados nas tipologias Itapetim e Catingueira, que ocorrem, essencialmente, sob a forma de pequenos *stocks*, diques ou veios. O tipo Itapetim é representado, principalmente, por granitos e granodioritos leucocráticos, de textura fina, enquanto o Catingueira engloba rochas peralcalinas, graníticas, quartzo-sieníticas e sieníticas de textura fina. Os tipos pós-orogênicos são de distribuição restrita, corpos de Meruoca e Mucambo (NW da Província Borborema), alojados ao longo do lineamento Sobral-Pedro II.

A partir da década de 80, Sial e colaboradores vêm desenvolvendo trabalhos onde se procura caracterizar "suítes e/ou associações graníticas", enfatizando a evolução petrogenética dos granitóides brasileiros. Sial (1986 e 1987) classifica os granitóides em a pós-orogênicos, da faixa de dobramentos Salgueiro-Cachoeirinha (Piancó-Alto Brígida), que está inclusa na zona transversal da Província Borborema, em quatro grupos distintos, com base em critérios petrográficos e geoquímicos: i) cálcio-alcálicos, ii) cálcio-alcálicos potássicos, iii) peralcalinos e, iv), com afinidades trondhjêmicas.

Os cálcio-alcálicos (tipo Conceição, de Almeida *et al.*, 1967) composicionalmente são granodioritos e tonalitos de textura variada, com biotita e anfibólio, epídoto magmático e ilmenita como principal opaco. São rochas predominantemente peraluminosas, e isótopos de oxigênio atestam que estes granitóides, comparativamente aos demais, cristalizaram sob

condições de fugacidade de oxigênio relativamente baixa.

Os cálcio-alcálicos potássicos (tipo Itaporanga de Almeida *et al.*, 1967) são granitos a granodioritos, usualmente porfiríticos; biotita sempre excede anfibólio; podem apresentar, ainda, epídoto primário, e magnetita é o seu principal opaco. Apresentam, no geral, afinidades geoquímicas com granitos tipo-I e cristalizaram sob condições de alta fugacidade de oxigênio.

Os tipos peralcalinos podem formar grandes batólitos (Triunfo, por exemplo) ou constituir diques de dimensões variadas. Composicionalmente, são sienitos e quartzo-sienitos, com clinopiroxênio alcalino e biotita, como máficos principais, e magnetita, como opaco. No corpo de Triunfo, é comum a presença de enclaves de piroxenitos. Podem apresentar dois padrões distintos de terras raras, um com discreta anomalia positiva de Eu (peralcalinas supersaturadas, tipo Catingueira) e outro com anomalia negativa (tipo Triunfo, peralcalinas saturadas). Da mesma forma, estes dois ramos de peralcalinas apresentam comportamentos diferentes em relação a isótopos de oxigênio. Segundo Sial (1986 e 1987), isto deve estar ligado a uma maior contaminação crustal no caso do tipo "Catingueira". No geral, uma origem mantélica (manto anômalo, enriquecido em elementos LILE) é postulada para os magmas desse granitóides.

Os granitóides de "afinidades trondhjêmicas" (tipo Serrita) constituem, em geral, *stocks* e/ou diques, que intrudem metassedimentos do Grupo Salgueiro-Cachoeirinha. Composicionalmente, variam de granodioritos a tonalitos, com afinidades trondhjêmíti-

cas. Biotita e anfibólio são os principais máficos e a magnetita, o seu opaco. São predominantemente peraluminosos, e suas afinidades trondhjêmicas sugerem que se originaram por fusão parcial de anfibolitos ou outra fonte qualquer metaígneia, onde o anfibólio foi uma fase residual importante. Geobarometria de anfibólio indica que esses plutons de afinidades trondhjêmicas foram colocados em níveis crustais mais rasos do que os tipos anteriores.

Granitóides de afinidades shoshoníticas têm sido descritos, mais recentemente, na Província Borborema, tanto na Zona Transversal quanto no domínio da Faixa Seridó (Silva Filho *et al.*, 1987; Sial & Ferreira, 1988 e 1990; Guimarães, 1989; Guimarães & Silva Filho 1990; Galindo, 1993 e Galindo *et al.*, 1997). Composicionalmente, são quartzo monzonitos, quartzo sienitos, sienito e monzogranitos com anfibólio e biotita como máficos principais. São rochas meta a peraluminosas, com quimismo transicional entre cálcio-alcálico – alcálico (álcali cálcico) e com padrões de terras raras com discretas, ou ausentes, anomalias de Eu.

CONTEXTO TECTÔNICO E ESTRATIGRÁFICO

Está bem evidenciado que o Granitóide Catingueira é intrusivo nos metassedimentos da Sequência Salgueiro-Cachoeirinha (Ferreira & Sial, 1986; Sial & Ferreira, 1988), mais especificamente, de acordo com as colocações expostas por Sá *et al.* (1998), nas porções estratigraficamente mais superiores desta sequência.

Estes metassedimentos são, regionalmente, filitos e clorita-

sericita xistos, com estruturas primárias bem preservadas, tais como alternâncias centimétricas de níveis mais pelítico-argilosos com níveis mais síltico-arenosos e estratificação gradual. São rochas de granulação fina, exibindo, em alguns setores, pequenos cristais de biotita, com características de metapelitos que foram submetidos a condições de temperaturas indicadoras de metamorfismo de fácies xisto verde. A partir de 1,5 km do Granitóide Catingueira, mais evidenciado a sul deste corpo, estes metassedimentos apresentam uma nítida zonação metamórfica marcada por um aumento gradativo de temperatura em direção ao corpo granítico, iniciando com o desenvolvimento de biotitas maiores e aparecimento de granadas, evoluindo, progressivamente, para a isógrada de estaurolita, seguido do desenvolvimento de estaurolita + cordierita, culminando com a paragênese cordierita + silimanita no contato com o corpo granítico. Estas observações evidenciam a influência deste corpo nestas isógradas (Fig. 2), com o calor deste corpo afetando as encaixantes a uma distância de 1,5 km.

Baseados em observações microtexturais/microtectônicas, tais como crescimento destes minerais *versus* foliação tectonometamórfica, observações estas iniciadas fora da influência deste corpo ígneo e seguindo paulatinamente em sua direção, conclui-se que estes minerais metamórficos supracitados tiveram sempre o seu desenvolvimento simultâneo com a formação da foliação regional. Esta observação indica claramente que este aumento gradativo das isotermas, provocado pela intrusão do corpo granítico, ocorreu simultaneamente com a forma-

ção da foliação S_1 e com o metamorfismo regional.

Na sua parte setentrional, estas observações são dificultadas pela superposição da Zona de Cisalhamento Patos, milonitizando as suas bordas, mascarando estruturas e texturas preexistentes e tornando esta borda retilínea. O corpo de Catingueira apresenta-se com uma forma *en cornue*, ligeiramente assimétrico e com largura tornando-se menor na direção leste. Estruturalmente, é um corpo homogêneo, com uma foliação penetrativa, mas não proeminente, ressaltada pelos minerais planares ou prismáticos, tais como biotitas ou anfibólios, quando presentes, porém, geralmente, com o quartzo e o feldspato sempre orientado na direção E-W (tipo SPD, de Hutton, 1988), ou seja, concordante com o alongamento do corpo. Denota-se, contudo, na sua porção oeste, próximo à cidade de Catingueira, e nas partes mais internas do corpo, lineações circulares compostas principalmente pelos feldspatos, interpretadas como estruturas ígneas, primárias, preservadas nas partes mais internas do corpo e onde este é mais largo.

O posicionamento estratigráfico relativo deste corpo é bem definido na área, o qual corta as estruturas primárias (S_0) dos metassedimentos citados, relações estas muito bem visíveis em apófises do corpo. Todavia, observações realizadas através de fotografias aéreas ou em escala de afloramento, apontam uma continuidade das estruturas tectônicas entre a encaixante e o corpo granítico, fato fortemente sugestivo de que não há discordância tectônica entre estas duas unidades, tendo sido ambas submetidas aos mesmos processos de deformação.

PETROGRAFIA DO GRANITÓIDE CATINGUEIRA

São rochas leucocráticas de coloração cinza a cinza-esbranquiçada e de textura fina/média a localmente microporfírica. Composicionalmente, são principalmente sienogranitos, com monzogranitos subordinados, alcalinos (Fig. 3 – QAP), caráter este destacado pela presença de clinopiroxênio alcalino como seu máfico principal. Feldspato potássico, plagioclásio e quartzo somam, em média, mais de 85% da moda, com biotita, anfibólio, titanita, opacos, zircão e apatita constituindo os acessórios comuns (Tabela 1).

O feldspato potássico é, principalmente, uma microclina peritítica, podendo desenvolver *patch perititas* em cristais maiores, porém, frequentemente, mostra seções onde se observa a conjugação dos geminados albita-periclínio em típico padrão xadrez. Ocorre em cristais hipidiomórficos a xenomórficos com relações texturais indicativas de cristalização tardia. O plagioclásio é representado por cristais idiomórficos a hipidiomórficos, por vezes zonados, apresentando seções com os geminados albita ou periclínio (o primeiro mais comum), variando, composicionalmente, de albita cálcica ($An_{8\%}$) a oligoclásio sódico ($An_{12\%}$). Usualmente, mostra cristais em seções límpidas, porém, em alguns casos, pode apresentar alteração para carbonato. Nas amostras de caráter milonítico, o plagioclásio mostra-se com os planos de geminados dobrados e/ou quebrados (Fig. 4a). O quartzo é essencialmente xenomórfico e/ou intersticial, indicando ser

de cristalização tardia e, nos litotipos mais deformados, mostram-se estirados, com extinção ondulante em bandas e, por vezes, recristalizados em agregados policristalinos.

Tabela 1 – Análises modais para algumas amostras do Granitóide Catingueira.

| | JJJ-2 | JJJ-3 | JJJ-6 | JJJ-6b | JJJ-8 | JJJ-11 |
|----------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| Quartzo | 31,6 | 22,5 | 25,7 | 29,3 | 41,2 | 35,2 |
| K-Feldspato | 25,5 | 35,4 | 36,6 | 39,3 | 35,7 | 31,8 |
| Plagioclásio | 25,0 | 25,9 | 28,5 | 21,6 | 16,3 | 26,7 |
| Biotita | | 1,8 | 0,9 | | | |
| Clinopiroxênio | 16,3 | 5,3 | 6,7 | 7,6 | 6,1 | 5,1 |
| Anfibólio | | 4,9 | | | | |
| Acessórios | 1,6 | 2,3 | 1,3 | 2,0 | 0,5 | 1,0 |
| Carbonato | | 1,7 | | | | |
| Total | 100,0 | 99,8 | 99,7 | 99,8 | 99,8 | 99,8 |
| Q | 38,5 | 26,8 | 27,2 | 32,5 | 44,2 | 37,6 |
| A | 31,1 | 42,2 | 42,5 | 43,6 | 38,3 | 33,9 |
| P | 30,4 | 30,9 | 30,3 | 23,9 | 17,5 | 28,5 |
| Q | 31,6 | 22,5 | 24,8 | 29,4 | 41,3 | 35,3 |
| A+P | 50,5 | 61,4 | 66,4 | 61,0 | 52,1 | 58,6 |
| M | 17,9 | 16,0 | 8,9 | 9,6 | 6,6 | 6,1 |

Obs: i) foram contados 800 pontos por amostra; ii) Acessórios = titanita+opacos+zircão+apatita

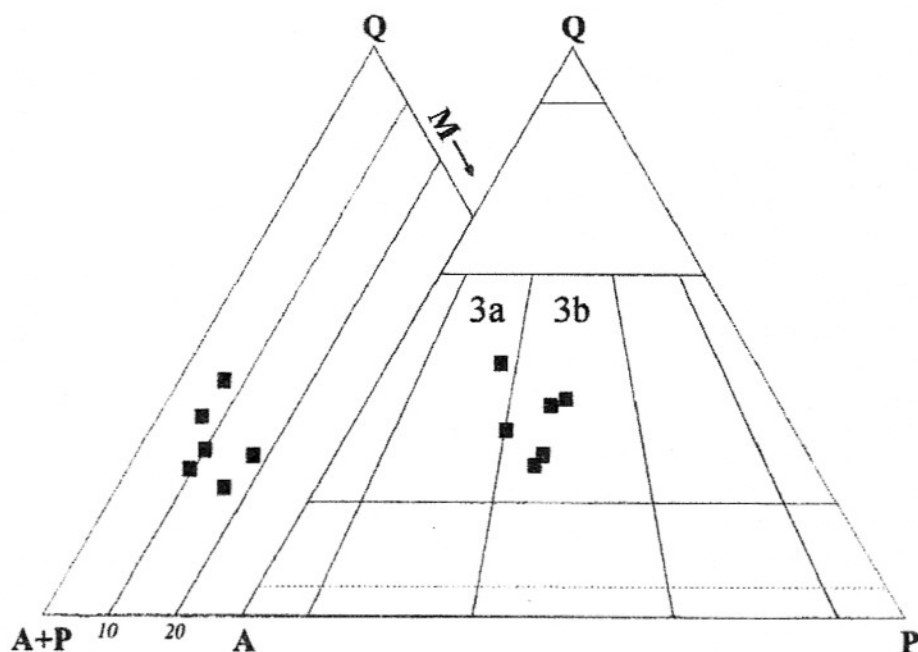


Figura 3 – Diagrama Q-A-P e Q-A-P-M (Streckeisen, 1976) para as rochas do Granitóide Catingueira: 3a – campo dos sienogranitos; 3b – campo dos monzogranitos.

Dentre os máficos, o clinopiroxênio é a fase dominante com proporções modais sempre acima de 5%, é de cor verde e com pleocroísmo em tons variados de verde escuro a verde claro, caracterizado opticamente como da série aegirina-augita (Fig. 4b). Constitui, no geral, cristais idiomórficos, por vezes zonados e/ou geminados, mostrando, em alguns casos, alteração para carbonato e processos relativamente avançados de oxidação. Inclusões de apatita, titanita e opacos são freqüentes. O anfibólio é de cor

azul e nitidamente associado a desestabilização do clinopiroxênio (Fig. 4c), podendo constituir verdadeiros pseudomorfos destes, sendo caracterizado, pelas suas propriedades ópticas, como da série riebeckita-arfvedsonita. A biotita ocorre como poucas e pequenas palhetas, usualmente hipidiomórficas e inclusas em feldspatos. Mostra, principalmente, cor amarronzada, com pleocroísmo em cores amarelo castanho a marrom, e, por vezes, mostra-se em cristais encurvados/dobrados.

A titanita ocorre usualmente em cristais idiomórficos de seções losangicas e de cor marrom. Os opacos ocorrem em cristais preferencialmente idiomórficos em seções quadráticas (magnetita), geralmente inclusos no clinopiroxênio e nos feldspatos (Fig. 4d). Zircão e apatita ocorrem como poucos e pequenos cristais, usualmente idiomórficos, sendo que o primeiro apresenta, preferencialmente, seções prismáticas alongadas, zonado e com halos pleocróicos. Estes acessórios somam no máximo 2% modal (Tabela 1).

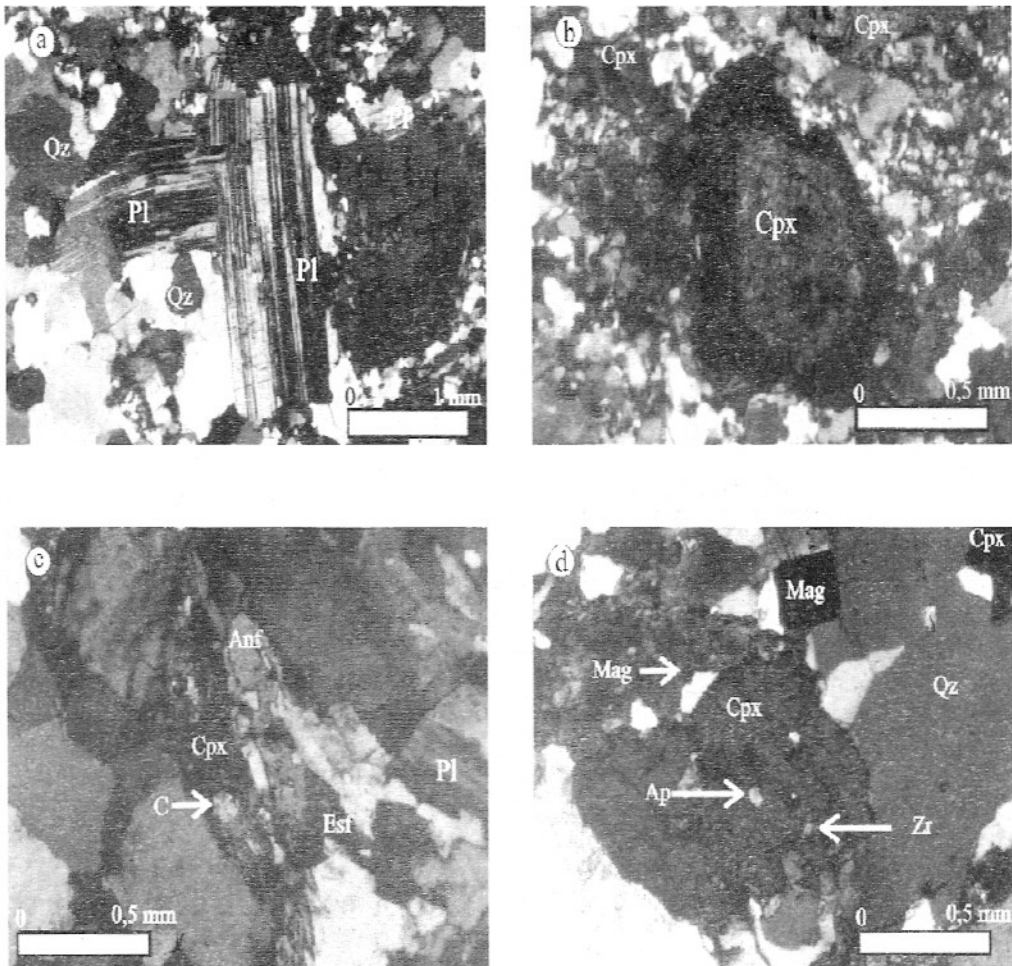


Figura 4 – (a) Plagioclásios com os planos de geminação vergados e quebrados, indicando deformação de baixa temperatura; (b) Cristal idiomórfico de clinopiroxênio com zonação e imerso na matriz quartzo-feldspática da rocha; (c) Cristal de clinopiroxênio com transformação para anfibólio, observando-se, ainda, alteração do Cpx para carbonato; (d) Cristal idiomórfico de magnetita na matriz da rocha. Observa-se, ainda, cristal de clinopiroxênio com inclusões de apatita, magnetita e zircão. Legenda: Pl – plagioclásio, Cpx – clinopiroxênio, Anf – anfibólio, Mag – magnetita, Esf – enfeno, Ap – apatita, Qz – quartzo, Zr – zircão, C – carbonato.

As relações texturais entre as diferentes fases minerais indicam que zircão, apatita e opacos são as fases mais precoces, seguidas por titanita. Clinopiroxênio e biotita mos-

tram em parte relações texturais de contemporaneidade, enquanto o anfibólio é concomitante a biotita e, principalmente, como produto de desestabilização da aegirina-

augita. Os minerais félsicos são as fases mais tardias, sendo que o plagioclásio é relativamente precoce em relação ao feldspato potássico e o quartzo (Fig. 5).

| Mineralogia Primária | Mineralogia Secundária |
|----------------------|-------------------------|
| Zircão | |
| Apatita | |
| Opacos | |
| Titanita | |
| Clinopiroxênio | Carbonato + Óxido de Fe |
| Biotita | |
| Anfibólio | |
| Plagioclásio | Carbonato |
| K-feldspato | |
| Quartzo | Quartzo |

Figura 5 – Seqüência de cristalização para os minerais do Granitóide Catingueira.

GEOQUÍMICA

São rochas extremamente enriquecidas em álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 11\%$), sempre com $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 0,60-0,93$), empobrecidas em cálcio ($\text{CaO} < 1,6\%$) e magnésio ($\text{MgO} < 0,5\%$) e com alumínio sempre inferior a 15%. Ba e Sr são altos (teores médios de 4500 e 1300 ppm, respectivamente), enquanto Rb e Nb

são baixos, apresentando valores médios de 135 e 15 ppm, respectivamente (Tabela 2).

Em diagramas de variação tipo-Harker, observam-se correlações negativas para $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{t})$, CaO, MgO e K_2O , compatível com a cristalização precoce de opacos, titanita, clinopiroxênio e biotita, enquanto Na_2O mostra correlação positiva e Al_2O_3 inicialmente positiva e depois negativa (Fig.

6), corroborando a cristalização mais tardia dos feldspatos. No tocante aos elementos em traços, observa-se que Sr e Ba são os que mostram comportamento relativamente mais compatível, enquanto Y e, de certa forma, Zr mostram uma tendência mais incompatível (Fig. 7). Por outro lado, Rb e Nb mostram uma relativa dispersão de suas amostras nesses diagramas.

Tabela 2 – Análises químicas de elementos maiores (%), traços e terras raras (ppm), e parâmetros normativos CIPW para as rochas do Granitóide Catingueira.

| | JJJ 2Zr | JJJ-3 | JJJ-11 | JJJ-6B | JJJ-8 | JJ-4 | CAT-1 | CAT-2 | CAT-5 | CAT-6 |
|--------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| SiO ₂ | 67,45 | 68,61 | 67,83 | 69,66 | 70,14 | 67,74 | 68,60 | 68,60 | 68,40 | 68,80 |
| TiO ₂ | 0,13 | 0,17 | 0,16 | 0,12 | 0,10 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,21 | 0,22 |
| Al ₂ O ₃ | 14,07 | 14,55 | 14,86 | 14,92 | 14,46 | 14,70 | 14,90 | 14,80 | 14,80 | 14,70 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,38 | 2,09 | 1,95 | 1,72 | 1,47 | 2,28 | 2,38 | 2,39 | 2,20 | 1,75 |
| MnO | 0,05 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| MgO | 0,40 | 0,37 | 0,28 | 0,21 | 0,18 | 0,43 | 0,43 | 0,41 | 0,43 | 0,47 |
| CaO | 1,67 | 1,37 | 1,44 | 1,11 | 0,87 | 1,08 | 1,40 | 1,50 | 1,40 | 1,40 |
| Na ₂ O | 4,66 | 5,17 | 4,92 | 5,42 | 5,44 | 5,20 | 5,00 | 4,80 | 5,10 | 5,20 |
| K ₂ O | 7,73 | 6,11 | 6,66 | 5,95 | 5,87 | 6,44 | 6,40 | 6,30 | 6,60 | 6,70 |
| P ₂ O ₅ | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,09 | 0,10 | 0,26 | 0,10 | 0,14 | 0,10 | 0,12 |
| PF | 0,46 | 0,58 | 0,76 | 0,76 | 0,56 | 0,86 | 0,46 | 0,31 | 0,18 | 0,61 |
| Total | 99,13 | 99,17 | 99,02 | 99,99 | 99,21 | 99,22 | 99,93 | 99,53 | 99,47 | 100,01 |
| Rb | 123 | 130 | 120 | 114 | 131 | 128 | | | | |
| Sr | 1491 | 1213 | 1815 | 1344 | 1261 | 1424,8 | | | | |
| Ba | 4253 | 3957 | 5064 | 4609 | 3797 | 4253 | | | | |
| Nb | 11 | 15 | 15 | 16 | 14 | 17 | | | | |
| Y | 8 | 11 | 9 | 9 | 13 | 11 | | | | |
| Zr | 136 | 224 | 159 | 163 | 196 | 201 | | | | |
| La | 20,25 | 33,50 | 18,44 | 22,01 | 31,96 | 29,83 | | | | |
| Ce | 40,99 | 59,35 | 39,58 | 40,75 | 59,34 | 60,48 | | | | |
| Pr | 4,62 | 6,28 | 4,72 | 4,18 | 6,23 | 6,90 | | | | |
| Nd | 17,06 | 23,06 | 18,58 | 14,42 | 22,58 | 25,18 | | | | |
| Sm | 3,15 | 4,13 | 3,58 | 2,86 | 4,30 | 4,92 | | | | |
| Eu | 1,38 | 1,68 | 1,66 | 1,45 | 1,63 | 1,96 | | | | |
| Gd | 2,26 | 3,18 | 2,45 | 2,16 | 3,18 | 3,58 | | | | |
| Tb | 0,33 | 0,41 | 0,35 | 0,30 | 0,45 | 0,48 | | | | |
| Dy | 1,68 | 2,22 | 1,94 | 1,67 | 2,36 | 2,41 | | | | |
| Ho | 0,32 | 0,40 | 0,32 | 0,35 | 0,48 | 0,42 | | | | |
| Er | 0,77 | 0,91 | 0,76 | 0,80 | 1,10 | 0,97 | | | | |
| Tm | 0,13 | 0,15 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,13 | | | | |
| Yb | 0,94 | 1,02 | 0,83 | 0,90 | 1,15 | 0,99 | | | | |
| Lu | 0,15 | 0,15 | 0,12 | 0,14 | 0,17 | 0,15 | | | | |
| Total | 94,03 | 136,44 | 93,44 | 92,12 | 135,09 | 138,40 | | | | |

Tabela 2 – (continuação)

| | JJJ 2Zr | JJJ-3 | JJJ-11 | JJJ-6B | JJJ-8 | JJ-4 | CAT-1 | CAT-2 | CAT-5 | CAT-6 |
|----------------------|---------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (La/Yb) _N | 14,54 | 22,17 | 15,00 | 16,51 | 18,76 | 20,34 | | | | |
| (La/Sm) _N | 4,05 | 5,11 | 3,24 | 4,85 | 4,68 | 3,82 | | | | |
| (Gd/Yb) _N | 1,94 | 2,52 | 2,39 | 1,94 | 2,23 | 2,92 | | | | |
| Qz | 11,61 | 14,02 | 12,33 | 14,46 | 16,09 | 12,48 | 13,29 | 14,83 | 12,56 | 12,33 |
| Or | 45,73 | 36,16 | 39,41 | 35,21 | 34,74 | 38,11 | 37,88 | 37,30 | 39,07 | 39,66 |
| Ab | 29,30 | 40,79 | 39,32 | 43,59 | 41,66 | 39,72 | 40,97 | 40,61 | 39,34 | 38,27 |
| An | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,00 |
| Ac | 6,89 | 2,60 | 2,03 | 2,00 | 3,85 | 3,77 | 1,18 | 0,00 | 3,36 | 5,05 |
| Di | 2,26 | 2,10 | 1,61 | 1,21 | 1,04 | 2,04 | 2,47 | 2,33 | 2,45 | 2,69 |
| Wo | 2,06 | 1,16 | 2,06 | 1,50 | 0,66 | 0,00 | 1,32 | 0,57 | 0,75 | 0,69 |
| Hy | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Hm | 0,00 | 1,19 | 1,25 | 1,03 | 0,14 | 0,98 | 1,97 | 2,39 | 1,04 | 0,01 |
| Il | 0,08 | 0,02 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,09 |
| Tit | 0,22 | 0,41 | 0,33 | 0,26 | 0,24 | 0,46 | 0,41 | 0,40 | 0,40 | 0,46 |
| Ap | 0,34 | 0,34 | 0,33 | 0,25 | 0,28 | 0,70 | 0,27 | 0,37 | 0,27 | 0,32 |

No diagrama com os índices de Shand (Fig. 8), as amostras desse granitóide situam-se no campo das **rochas peralcalinas**, o que é corroborado pela presença de aegirina-augita como o máfico principal modal e acmita normativa com valores sempre acima de 2%. Em diagramas discriminantes de séries/associações magmáticas, quer sejam aqueles que definem *trends* (De La Roche *et al.*, 1980 – R1R2; Lameyre, 1987 – TAS) ou mesmo campos (Rogers & Greenberg, 1981), o *plot* das amostras deste granitóide define *trends* ou localizam-se no campo de rochas de associações alcalinas (Figs. 9, 10 e 11), isto face ao forte enriquecimento em álcalis dessas amostras.

O espectro dos elementos terras raras – ETR (Fig. 12) mostra um padrão de distribuição, com enriquecimento dos terras raras leves – ETRL em relação aos terras raras pesados – ETRP (razões La_N/Yb_N H 17,9), com fracionamento mais acentuado entre os ETRL (La_N/Sm_N H 4,3) do

que entre os ETRP (Gd_N/Yb_N H 2,3) e anomalias positivas significativas de Eu ($Eu/Eu^* = 1,3-1,7$), fato este que comumente não é observado em típicos granitóides peralcalinos/alcalinos (Collins *et al.*, 1982; Nardi, 1989). Esta anomalia positiva de Eu nas rochas de Catingueira deve estar ligado ao não fracionamento de feldspatos durante a evolução do magma desse granitóide.

Anomalias positivas de K e Sr, observadas em diagramas tipo multielementos (*spidergrams*), corroboram o não fracionamento de feldspatos durante a processo de evolução do magma desse granitóide (Fig. 13). Por outro lado, anomalias negativas apresentadas por Ti e P são sugestivas de fracionamento de titanita e/ou ilmenita, e de apatita, respectivamente, enquanto a anomalia negativa de Nb pode indicar a presença de componente crustal na fonte do magma do Granitóide Catingueira.

Em diagramas de variação do tipo “elemento incompatível

versus elemento compatível” é possível inferir se cristalização fracionada – CF ou fusão parcial – FP foi o processo magmático dominante envolvido na evolução de suítes ígneas (Martin, 1987). Para o Granitóide Catingueira, foram construídos diagramas Zr vs. Ba, Zr vs. Sr, Y vs. Ba e Y vs. Sr (Fig. 14). Ainda que em todos esses diagramas se observe uma correlação negativa, a inclinação da reta não chega a ser tão acentuada quanto a observada para os casos típicos de suítes ígneas que apresentam evolução pelo processo de cristalização fracionada (Fig. 9, *in* Martin, 1987), porém os mesmos são sugestivos de que cristalização fracionada foi, possivelmente, o processo dominante na evolução do magma desse granitóide. Adicionalmente, a presença de cristais zonados de plagioclásio, e mesmo de clinopiroxênio, nestas rochas (vide Petrografia) fortalece esta hipótese de cristalização fracionada para a evolução do magma do Granitóide Catingueira.

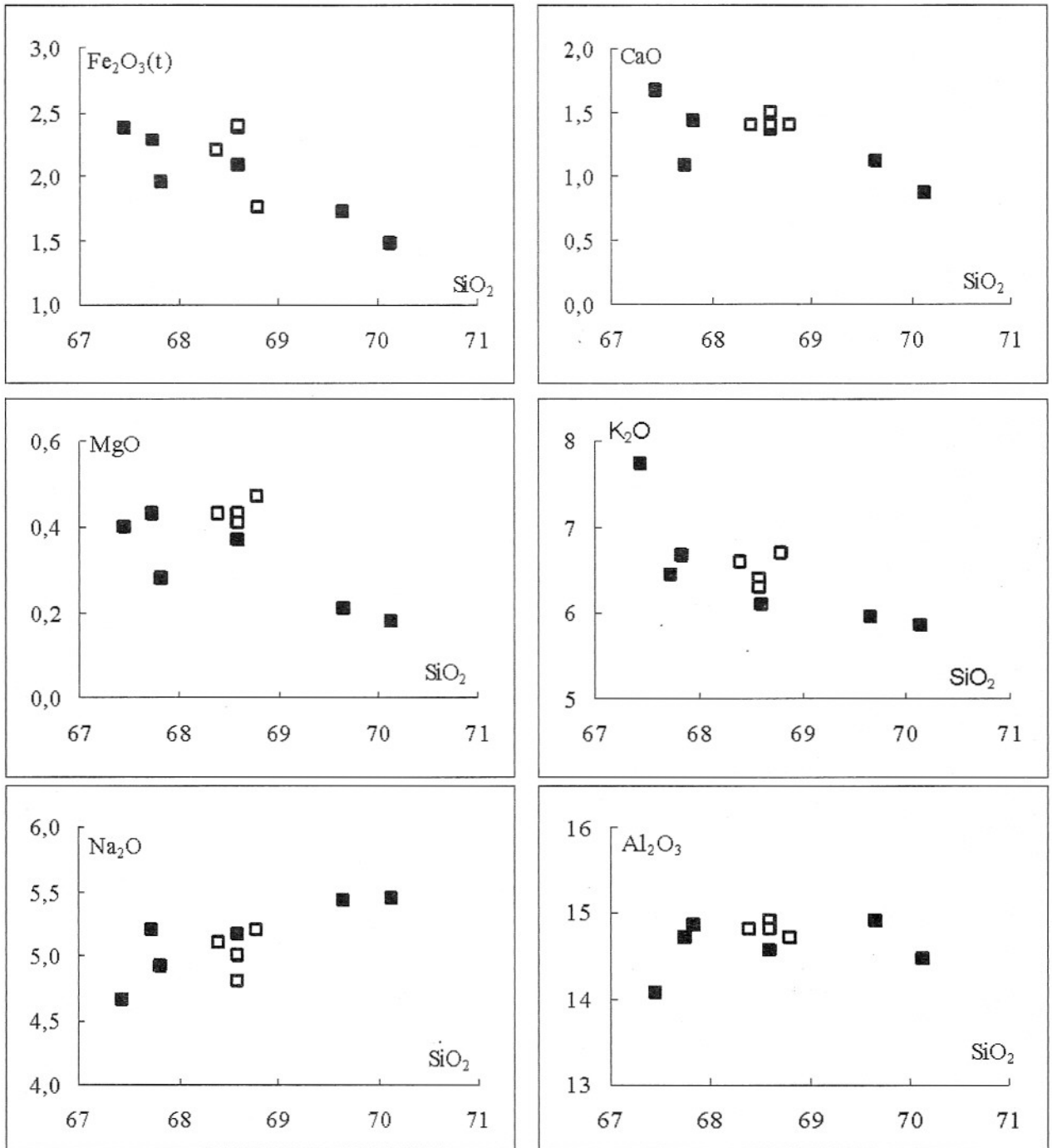


Figura 6 – Diagramas de variação tipo Harker (elementos maiores) para as amostras do Granitóide Catingueira. Símbolos: ■ Amostras deste trabalho; □ Amostras de Sial (1986).

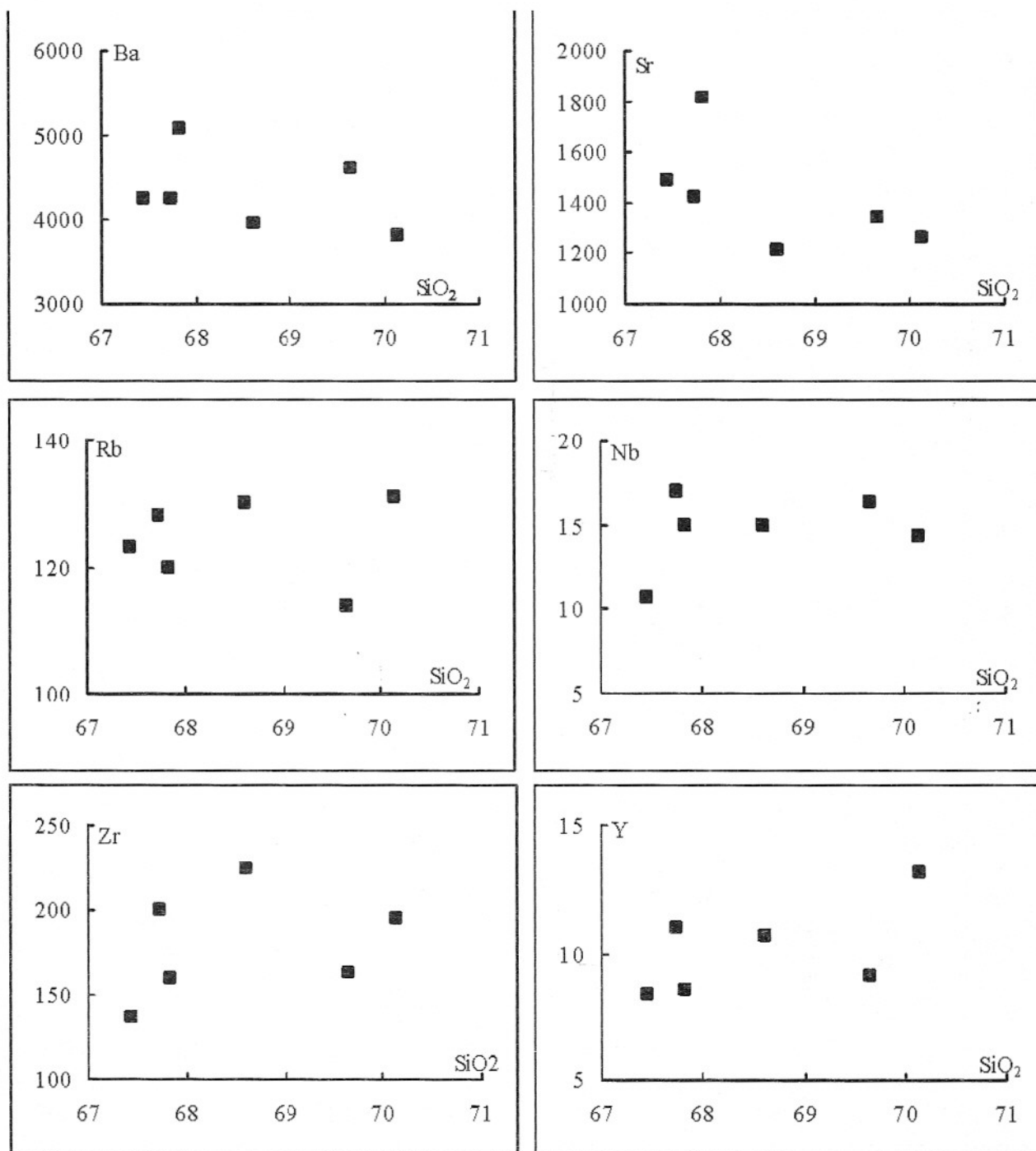


Figura 7 – Diagramas de variação tipo Harker (elementos traços) para as amostras do Granitóide Catingueira.

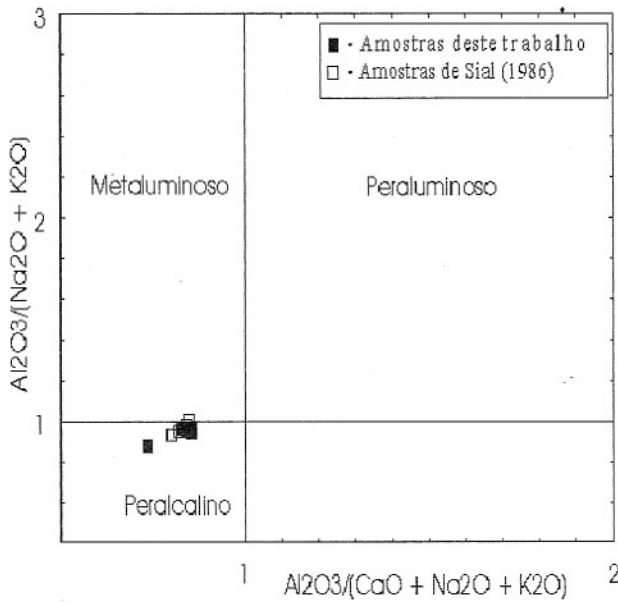


Figura 8 – Diagrama de aluminosidade com os índices de Shand, para as rochas do Granitóide Catingueira. (Campos de Maniar & Piccoli, 1989).

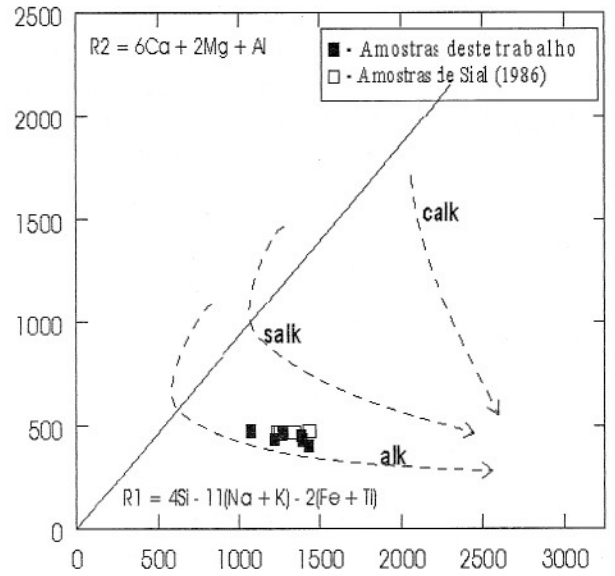


Figura 9 – Diagrama R1-R2 para as rochas do Granitóide Catingueira. Legenda: calk – cálcio alcalino; salk – subalcalino; alk – alcalino.

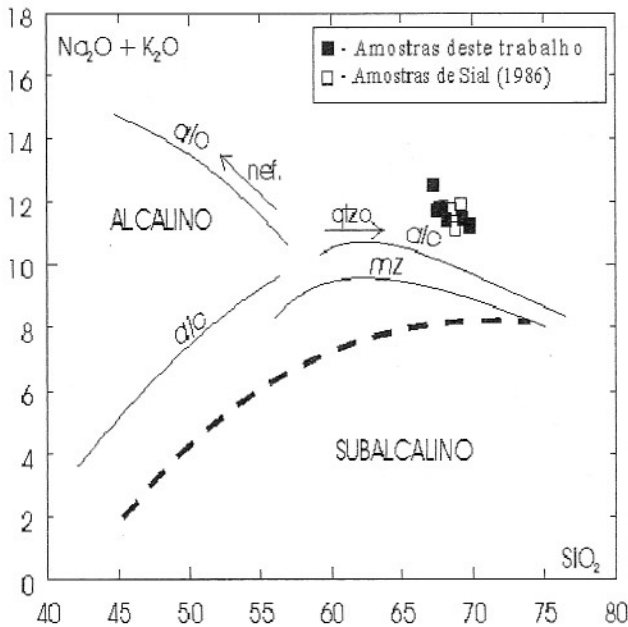


Figura 10 – Diagrama TAS para as rochas do Granitóide Catingueira. Legenda: mz – monzonítico; alc – alcalino.

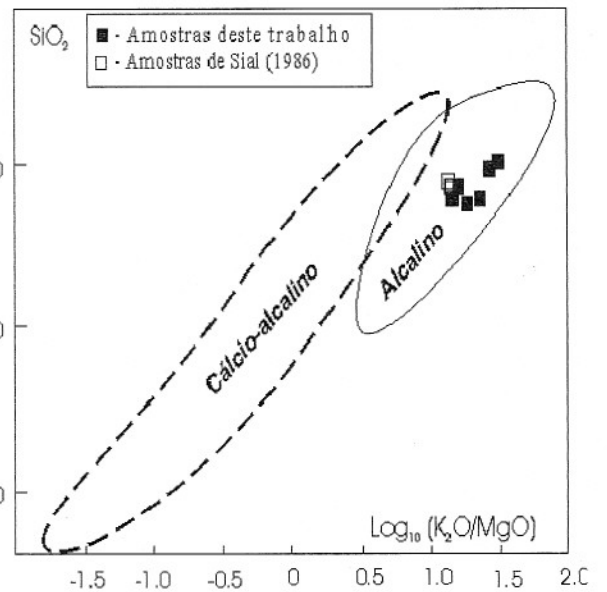


Figura 11 – Diagrama de Rogers & Greenberg (1981) para as rochas do Granitóide Catingueira.

Em diagramas discriminantes de ambientes tectônicos a partir da utilização de elementos em traços (Pearce *et al.*, 1984 e Thiéblemont & Téguy, 1994), as rochas deste

granitóide situam-se, sistematicamente, no campo de granitóides de arco vulcânico – VAG (Fig.15a e 15b), **uma assinatura geoquímica mais própria de granitóides**

orogênicos. Esta assinatura geoquímica similar a de granitos de arco vulcânico é observada, ainda, em diagramas multielementos (Fig. 15c).

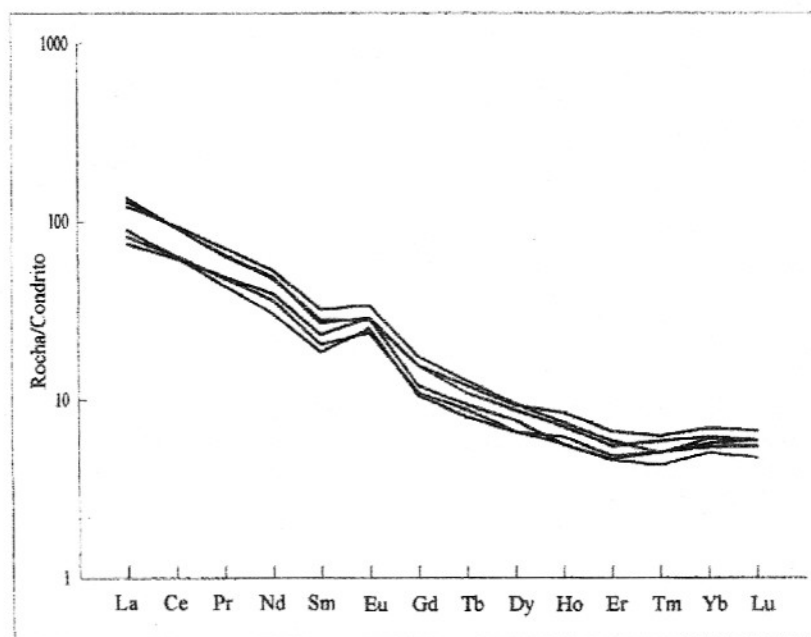


Figura 12 – Diagrama mostrando a distribuição dos elementos terras-raras normalizados ao condrito de Evensen *et al.* (1978).



Figura 13 – Diagrama multielementos normalizados segundo os parâmetros do Thompson (1982).

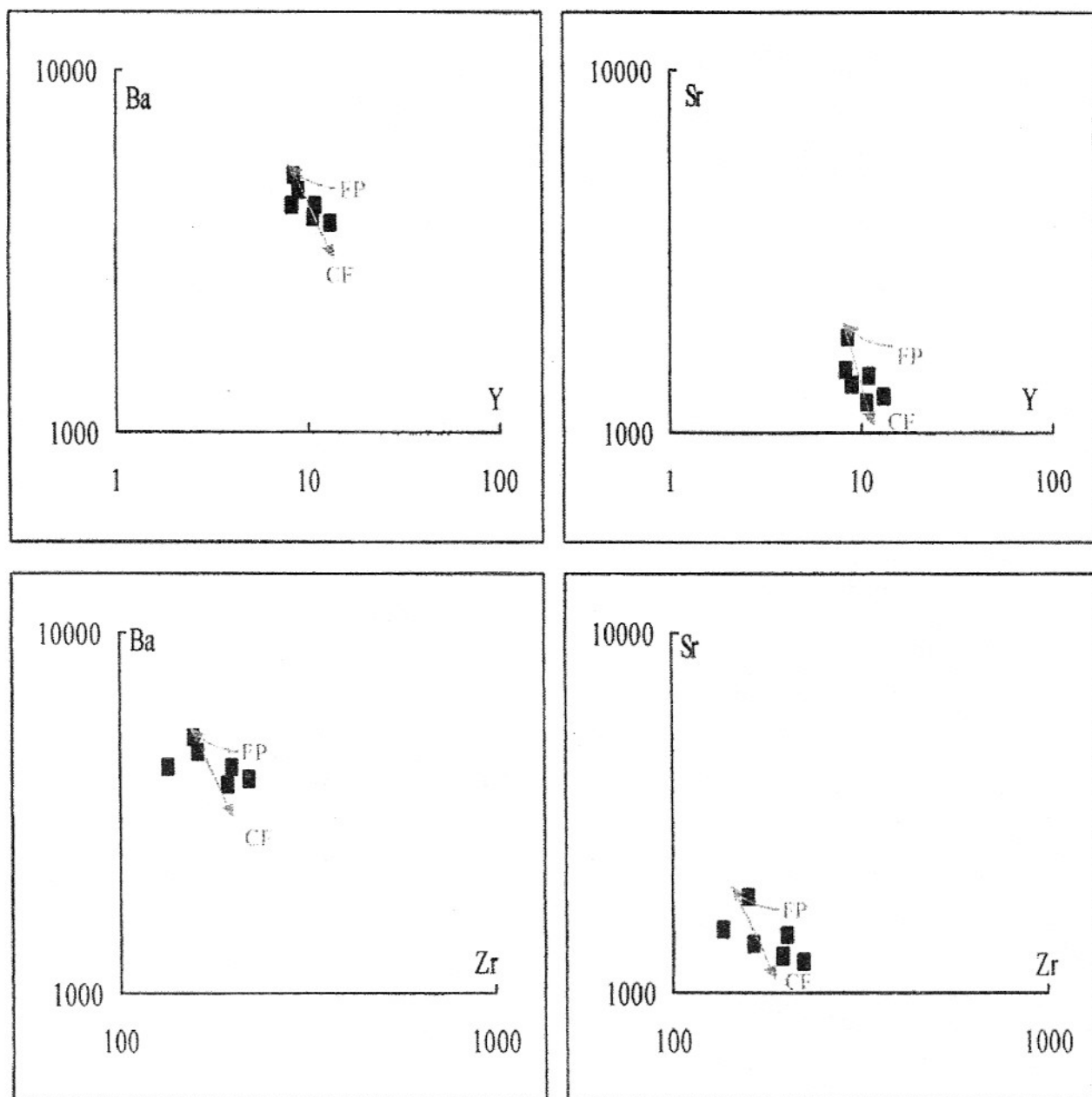


Figura 14 – Diagramas de elementos “incompatível vs. compatível”, indicando tendência de processos de cristalização fracionada (CF) para o Granitóide Catingueira.

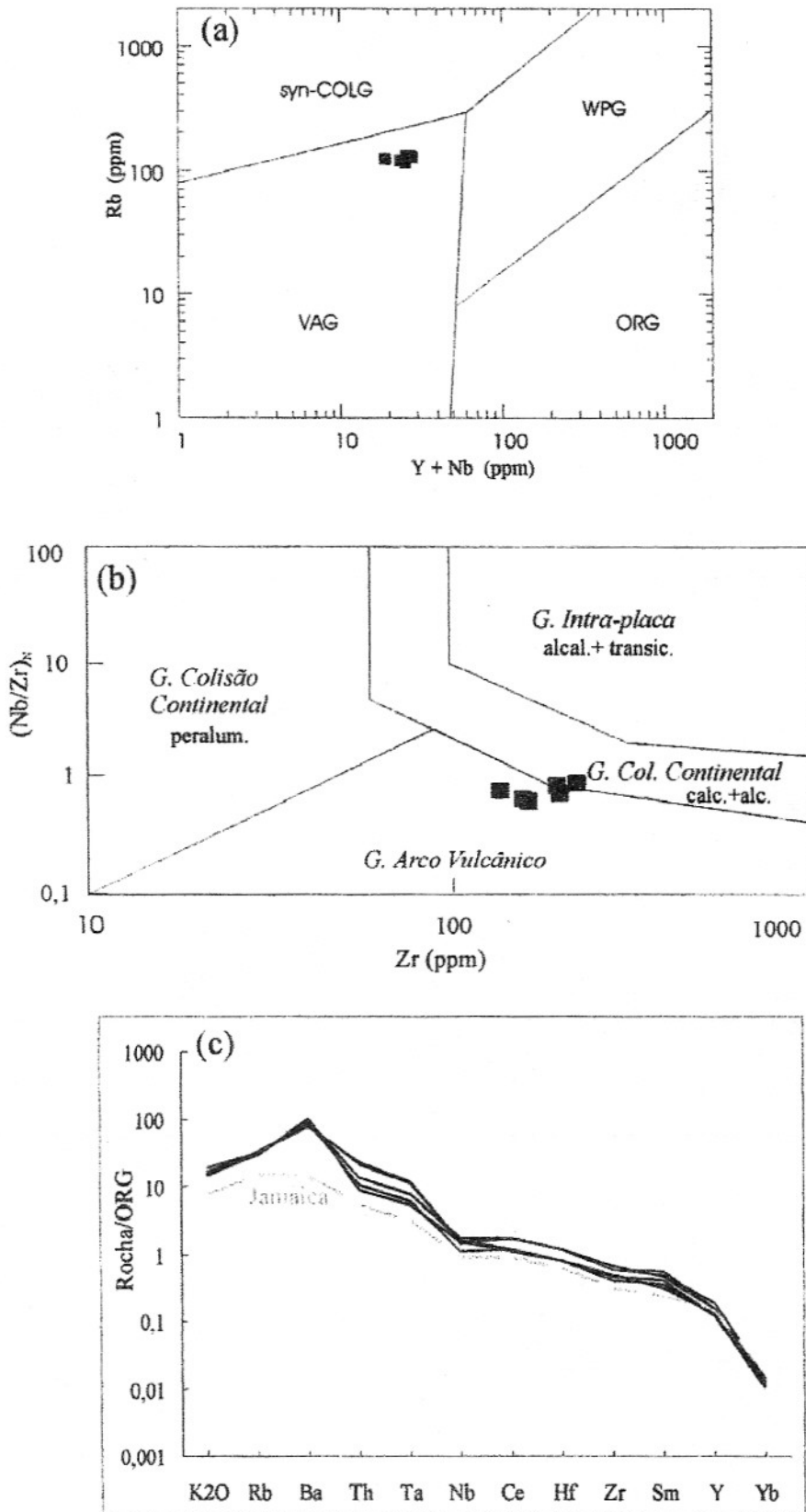


Figura 15 – (a) Diagrama discriminante de ambiente tectônico (Pearce *et al.*, 1984); (b) Diagrama discriminante de ambiente tectônico (Thieblemont & Tegyey, 1994); (c) Diagrama multielementar evidenciando-se a similaridade de distribuição dos elementos com os granitos de arco vulcânico da Jamaica (Pearce *et al.*, 1984).

DISCUSSÃO

Este granitóide faz parte de um cortejo de plutons e diques de natureza alcalina/peralcalina, alinhados segundo uma faixa de largura quilométrica, que se estende desde a Zona Transversal da Província Borborema até o Maciço São José do Campestre (Fig. 1), situado na porção extremo SE da Faixa Seridó da referida província e a norte do Lineamento Patos. Este cortejo de plutons supracitados têm sido objeto de estudo por diversos autores, tais como Sial (1986 e 1987), Ferreira & Sial (1986), Ferreira *et al.* (1998), Nascimento (1998), Jardim de Sá *et al.* (1999), Nascimento (2000).

Composicionalmente, as rochas do Granitóide Catingueira são representadas por monzogranitos alcalinos, com clinopiroxênio da série aegirina-augita como máfico dominante e com anfibólio da série riebeckita-arfverdsonita e biotita subordinados. O extremo enriquecimento em álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 11$), que acarreta a formação de acmita normativa, associado aos baixos valores de CaO, preconiza o caráter peralcalino dessas rochas.

A dominância de uma mineralogia máfica anidra, presente em todas as amostras estudadas desse granitóide (clinopiroxênio variando de 5 a 16% modal) sobre fases hidratadas (anfíblio encontrados apenas em uma lâmina, e biotita presente em apenas duas lâminas, ambos sempre em proporções modais inferiores a 5% – Tabela 1), permite preconizar cristalização a partir de um magma muito empobrecido em água e, conseqüentemente, uma fonte predominantemente anidra para este magma. Esta fonte poderia estar tanto na base da crosta (ro-

chas ígneas em condições de fácies granulito) quanto no manto superior (rochas máficas de caráter gabróico, por exemplo). Entretanto, a hipótese de fonte mantélica, “a partir de um manto anômalo enriquecido em elementos incompatíveis”, tem sido a preferida por diversos autores para a gênese de magmas peralcalinos/alcalinos no âmbito da Província Borborema (por exemplo, Ferreira *et al.*, 1998), contudo, esta assertiva carece ainda de dados geoquímicos e isotópicos mais conclusivos.

Por outro lado, valores negativos elevados de e_{Nd} , da ordem de -16 (Van Schmus *et al.*, 1995), favorecem mais a hipótese de uma fonte crustal, entretanto não descarta, de todo, uma fonte mantélica metassomatizada. Da mesma forma, valores de $\delta^{18}\text{O}$, variando entre +8,12 e +9,81 permil (Sial, 1986 e 1987; Ferreira & Sial, 1986), podem também favorecer esta hipótese de fonte crustal (Taylor, 1988), tais como rochas ígneas da crosta inferior com muito pouca ou nenhuma contribuição de metasedimentos.

Cristais zonados de plagioclásio e de clinopiroxênio e o comportamento de elementos-traço, como Sr, Ba, Y e Zr, em diagramas de variação do tipo “elemento incompatível *versus* elemento compatível”, indicam que cristalização fracionada foi o processo dominante envolvido na evolução do magma desse granitóide. Cristais idiomórficos e precoces de magnetita e a associação paragenética “titanita+magnetita+quartzo”, em equilíbrio nesse granitóide, indicam que a cristalização do mesmo ocorreu sob condições moderadas a elevadas, de fugacidade de oxigênio (Wones, 1989). A temperatura de cristalização calculada pelo geoter-

mômetro de Zr (Watson, 1987) dá valores da ordem de 800°C (780 – 820°C), o que deve corresponder à temperatura de cristalização do zircão e, considerando ser este mineral juntamente com apatita e magnetita a fase mais precoce da rocha, admite-se que esta seja a temperatura mínima em que o magma desse granitóide atingiu a curva do *liquidus*. Nos trabalhos regionais, corpos como este são genericamente posicionados como granitóides do neoproterozóico superior.

Contudo, não existe, até o momento, dados geocronológicos de confiança, que definam a idade de cristalização deste corpo, à exceção dos resultados K-Ar em piroxênios com idade de 1220 ± 220 Ma (Vandoros & Coutinho 1966), que devem ser vistos com bastante cautela, devido à sua margem de erro bastante elevada. Adianta-se, ainda, como informação concreta e limitante superior no tempo que o Lineamento Patos, o qual afeta este corpo, foi desenvolvido no final do neoproterozóico (ciclo brasileiro/pan-africano). Isto posto, qual a idade da Seqüência vulcanossedimentar Salgueiro-Cachoeirinha (ou Piancó-Alto Brígida), na qual este corpo é intrusivo? Brito Neves *et al.* (1990) apresentaram idades U-Pb obtidas em zircões de riolitos no valor de 1070 Ma, consideradas, então, como registro da época de formação de toda esta seqüência numa fase *rift*, que teria sido posteriormente afetada pelo Ciclo Cariris Velhos, este registrado em datações Rb-Sr, com valores de 950 Ma. Contudo, os trabalhos mais recentes de Kozuch *et al.* (1997) e Bittar (1998) apontam para uma divisão deste Grupo Salgueiro-Cachoeirinha em duas seqüências temporalmente distintas: a basal

(Grupo Salgueiro?), a qual pertencem os riolitos supracitados, datados por Brito Neves *et al.* (1990), que corresponderiam ao Complexo Riacho Gravatá de Campos Neto *et al.* (1994) e bem delimitados por Bittar (1998), e a seqüência superior, que corresponderia ao Complexo Cachoeirinha, que seriam representados pela seqüência a norte da Zona de Cisalhamento Serra do Caboclo (Fig. 2), em cujos sedimentos está intrudido o Granitóide Catingueira. Kozuch *et al.* (1997) relatam idades *ca.* 730 Ma, obtidas em zircões de metavulcânicas fêlsicas a SE de Nova Olinda (PB), que devem estar intercaladas nesta seqüência superior. Dados ainda não publicados (Kozuch e Van Schmus, informação verbal), obtidos em zircões de dacitos desta seqüência superior (Complexo Cachoeirinha?), apontam para resultados entre 788 e 814 Ma, o que estabeleceria o neoproterozóico como época de cristalização do Granitóide Catingueira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de dados petrográficos e geoquímicos deste Granitóide Catingueira demonstra a sua particular similaridade com os demais granitóides alcalinos/peralcalinos da Província Borborema, quer aqueles do domínio da Zona Transversal – ZT (Sial, 1986 e 1987; Ferreira & Sial, 1986; Ferreira *et al.*, 1998) ou mesmo aqueles do Maciço São José do Campestre – MSJC (Nascimento, 1998; Hollanda *et al.* 1999; Nascimento *et al.* 1999).

Em que pese esta similaridade, algumas particularidades merecem ser destacadas entre estes diferentes plutons, quais sejam: i) presença de granada

do tipo andradita nos plutons da MSJC, o que não ocorre neste granitóide, nem nos demais da ZT; ii) caráter estritamente peralcalino deste Granitóide Catingueira e da maioria daqueles da ZT, em contraste com o caráter tipicamente metaluminoso a peraluminoso dos granitóides do MSJC; iii) baixo conteúdo total de elementos terras raras – ETR e padrões de distribuição, com forte anomalia positiva de Eu para os corpos tanto da ZT quanto do MSJC, à exceção do corpo de Triunfo, no domínio da ZT (tipo subsaturado em sílica), que diferentemente dos demais mostra anomalias negativas de Eu; iv) valores negativos e elevados de e_{Nd} (valores entre -15 e -16) para plutons tanto da ZT quanto do MSJC, com uma idade modelo paleoproterozóica, sendo que aqueles do MSJC mostram valores mais elevados de e_{Nd} (acima de -18).

Estas pequenas diferenças particulares entre estes granitóides peralcalinos/alcalinos em dois domínios distintos no âmbito da Província Borborema (Zona Transversal a sul do Lineamento Patos e Maciço São José do Campestre, a norte deste lineamento) pode implicar em pequenas diferenças na(s) fonte(s) dos magmas desses granitóides e/ou diferenças durante a evolução desses magmas.

A forte dominância de clinopiroxênio da série aegirina-augita sobre anfibólio e/ou biotita, nas rochas deste granitóide, implica em uma fonte essencialmente anidra de caráter mantélica ou de base de crosta para a origem do magma desse granitóide. Esta última hipótese nos parece mais plausível e embasada em critérios tais como; i) uma extrema homogeneidade textural/petrográfica

para todo o corpo e, adicionalmente, total ausência de rochas de caráter máfico a intermediário associadas ao pluton, o que seria plausível de se esperar ao longo do processo evolutivo desse magma; ii) altos valores de sílica (sempre acima de 67,5%) e álcalis ($Na_2O+K_2O > 11\%$), e baixo grau de fracionamento indicado por baixas razões $(La/Yb)_N$, com valores inferiores a 20, o que acarretaria numa história de cristalização simples e não condizente, com origem a partir de magma mantélico; iii) valores sempre altos e negativos de e_{Nd} ; iv) valores de ^{18}O mais compatíveis com rochas granitóides de provável origem crustal, sem contribuição de material metasedimentar (valores entre +8,12 e +9,81 permil).

A assunção de fonte mantélica implicaria em um manto anômalo e fortemente metassomatizado para imprimir a este granitóide a maioria de suas características petrográficas e geoquímicas, o que nos parece menos apropriado no momento, diante do conjunto de dados disponíveis. De toda forma, fica claro para nós que torna-se imperativo a obtenção de mais dados geoquímicos e, principalmente, isotópicos, para resolver a contento esta questão.

Por outro lado, granitóides alcalinos do MSJC, de características geoquímicas similares a este pluton de Catingueira, apresentam razões iniciais $^{87}Sr/^{86}Sr$ da ordem de 0,7072, baixas razões $(La/Yb)_N$, altos valores de sílica (acima de 69%) e de álcalis ($Na_2O+K_2O > 10\%$) e tem sido interpretados como provenientes de uma fonte de natureza crustal ou, alternativamente, a partir de rochas mantélicas, com relativo longo tempo de residência crustal. Da mesma forma, temperaturas de

cristalização calculadas pelo geotermômetro de zircônio para estes granitóides do MSJC, também, fornecem valores similares aos encontrados para o Granitóide Catingueira (da ordem de 800°C).

Conforme as observações de campo, sejam em escala macro (fotografias aéreas) ou mesoscópica (afloramento), as foliações regionais impressas nas encaixantes e neste granito são as mesmas, ressalvadas, apenas, as diferenças atribuídas à reologia própria de cada litologia, implicando que os mesmos processos compressoriais atuaram nas duas litologias. Em adição, está bem evidenciado, pelas observações meso e microtectônicas, que o crescimento de minerais metamórficos nos metassedimentos encaixantes tais como granada, estauroilita, silimanita e cordierita são sintectônicos à foliação regional S_1 e estão associados, temporalmente, à intrusão do corpo granítico, numa conjugação sincrônica de metamorfismo regional + metamor-

fismo de contato. Este é um forte indicador de campo que o granito de Catingueira é um granito sintectônico (sinorogênico), tendo o seu calor contribuído apenas para aumentar as isotermas regionais ao seu redor. Esta indicação de campo é, ainda, consubstanciada pela geoquímica deste corpo ígneo, compatível com os granitos de arcos vulcânicos.

Estes fatos associados apontam que estas rochas alcalinas/peralcalinas tratam-se de magmas gerados num contexto orogênico. Contudo, está ainda em aberto se seria com relação à orogênese do final de mesoproterozóico ou do final do neoproterozóico, porque ainda não está, a nosso ver, bem caracterizado que a parte superior desta seqüência, mesmo litologicamente distinta, represente um outro Grupo de rochas, separado no tempo e no espaço, pós-Cariris Velhos. Deste ponto de vista, é de suma importância a datação desta suíte ígnea por métodos precisos, tais como U-

Pb em zircões, atualmente em curso por pesquisadores da USP e da Universidade de Kansas, porque além de posicioná-lo no tempo, trará implicações na definição da existência do Ciclo orogênico Cariris Velhos (= Grenville) nesta Zona Transversal, tal como preconizado por vários dos autores citados, porém ainda não devidamente caracterizado e bem assentado no meio geológico. Perguntas tais como “qual a época de desenvolvimento da foliação regional” S_1 , impressa no “Complexo Cachoeirinha” ainda não estão devida e claramente respondidas. A seqüência basal seria policíclica, como sugerem fortemente os dados (Cariris Velhos + Brasiliana) e a superior monocíclica (brasiliana)? Desta forma, o estudo mais detalhado, adicionado às informações expostas neste trabalho, trará implicações significativas no conhecimento da magmagênese e evolução geodinâmica desta Província Borborema como um todo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.; LEONARDOS JR, O.H.; VALENÇA, J. (1967) Review on granitic rocks of northeast South America. IUGS/UNESCO. Symp., Recife, 41p.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUY, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. (1977) Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio Geológico do Nordeste, 8, Campina Grande. SBG, Atas, p.363-391.
- BITTAR, S.M.B. (1998) Faixa Piancó-Alto Brígida: terrenos tectono-estratigráficos sob regimes metamórficos e deformacionais contrastantes. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 126p.
- BRITO NEVES, B.B. (1975) Regionalização geotectônica do Précambriano nordestino. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 198p.
- BRITO NEVES, B.B.; VAN SCHMUS, W.R.; BASEI, M.A.S. (1990) Contribuição ao estudo da evolução geocronológica do sistema de dobramentos Piancó-Alto Brígida. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal. Anais, 6:2697-2710.
- CAMPOS NETO, M.C.; BITTAR, S.M.B.; BRITO NEVES, B.B. (1994) Domínio tectônico Rio Pajeú – Província Borborema: Orogêneses superpostas no ciclo Brasileiro/Pan-Africano. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú. Anais, 1:221-222.
- 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., 80:189-200.
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANCLAUDE, P.; MARCHAL, M. (1980) A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2 diagram and major element analyses. Its relationship with current nomenclature. Chem. Geol., 29:183-210.

- EVENSEN, N.H.; HAMILTON, P.J.; O'NIONS, R.K. (1978) Rare earth abundances in chondritic meteorite. *Geoch. Cosmoch. Acta*, **42**:1199-1212.
- FERREIRA, V.P. & SIAL, A.N. (1986) The peralkalic magmatism in the precambrian Cachoeirinha-Salgueiro foldbelt, northeast Brazil: geochemical aspects. *Rev. Bras. Geoc.*, **16**(1):73-85.
- FERREIRA, V.P.; SIAL, A.N.; JARDIM DE SÁ, E.F. (1998) Geochemical and isotopic signatures of proterozoic granitoids in terrains of the Borborema structural province, northeastern Brazil. *J. South Amer. Earth Sci.*, **11**:439-455.
- GALINDO, A.C. (1993) Petrologia dos granitóides brasileiros da região de Caraúbas-Umarizal, oeste do Rio Grande do Norte. Tese de Doutorado. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 319p.
- GALINDO, A.C.; DALL'AGNOL, R.; MCREATH, I.; LETERRIER, J.; NASCIMENTO, M.A.L. (1997) Granitóide Quixaba: um magmatismo monzonítico (shoshonítico?) no extremo oeste da Faixa Seridó. *In: Simpósio Geológico do Nordeste*, 17, Fortaleza. SBG, Bol. **15**:268-272.
- GUIMARÃES, I.P. (1989) The petrological evolution and tectonic association of the Bom Jardim Complex, Pernambuco state, NE – Brazil. Tese de Doutorado. Imperial College, Royal School of Mines, Depto. Geol., London, 333p.
- GUIMARÃES, I.P.; SILVA FILHO, A.F. da (1990) Magmatismo intrusivo shoshonítico na faixa Pajeú-Paraíba: O Complexo Bom Jardim. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 36, Natal. SBG, Anais, **4**:1739-1751.
- HOLLANDA, M.H.B.M.; JARDIM DE SÁ, E.F.; GALINDO, A.C.; MEDEIROS, W.E.; SOUZA, Z.S.; AMARO, V.E. (1999) Persistent shear zone control on the emplacement of successive granitoid magma pulses: an example from the pluton of Japi, Seridó Belt, NE Brazil. *Rev. Bras. Geol.*, **29**(1):41-46.
- HUTTON, D.H.W. (1988) Granite emplacement mechanisms and tectonic controls: inferences from deformation studies. *Trans. R. Soc. Edinb. Earth Sci.*, **79**:245-255.
- JARDIM de SÁ, E.F. (1994) A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Pan-Africana. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 803p.
- JARDIM de SÁ, E.F.; TRINDADE, R.I.F.; HOLLANDA, M.H.B.M.; ARAÚJO, J.M.M.; GALINDO, A.C.; AMARO, V.E.; SOUZA, Z.S.; VIGNERESSE, J.L.; LARDEAUX, J.M. (1999) Brasileiro Syntectonic alkaline granites emplaced in a strike slip/extensional setting (Eastern Seridó Belt, NE Brazil). *An. Acad. Bras. Ciênc.*, **71**:17-27.
- KOZUCH, M.; VAN SCHMUS, W.R.; BRITO NEVES, B.B. (1997) Ages and isotope geochemistry of the Pre-Brasiliano magmatic events in the Borborema Province of NE Brazil. *In: I South-American Symposium on Isotope Geology, Brazil, Campos do Jordão*. Anais, p.157-160.
- LAMEYRE, J.M. (1987) Granites and evolution of the crust. *Rev. Bras. Geoc.*, **17**(4):349-359.
- MANIAR, P.D.; PICCOLI, P.M. (1989) Tectonics discrimination of granitoid. *Geol. Soc. America Bull.*, **101**:635-643.
- MARTIN, H. (1987) Petrogenesis of archean TTG suite from eastern Finland: major and trace element. *J.Petrol.*, **28**(5):921-953.
- NARDI, L.V.S. (1989) Geoquímica dos elementos terras raras na rochas graníticas da região centro-sul do Brasil. *In: M.L.L. Formoso, L.V.S. Nardi, L.A. Hartmann (Eds.) Geoquímica dos elementos terras raras no Brasil*. Porto Alegre, Ed. CPRM/DNPM/SBGq, p.71-81.
- NASCIMENTO, M.A.L (2000) Petrologia do magmatismo tardi-Brasiliano no Maciço São José do Campestre (RN/PB), com ênfase no pluton alcalino Caxexa. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 142p.
- NASCIMENTO, M.A.L; SOUZA, Z.S.; GALINDO, A.C. (1999) Magmatismo alcalino no Maciço São José de Campestre, extremo NE da Província Borborema, O Pluton Caxexa: geologia e petrografia. *In: Congresso Internacional de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa*, 5, Porto Seguro. SBGq, Anais, **1**:559-560.
- NASCIMENTO, R.S.C. (1998) Petrologia dos granitóides brasileiros associados à Zona de Cisalhamento Remígio-Pocinhos (PB). Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 135p.
- 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**(4):956-983.

- ROGERS, J.J & GREENBERG, J.K. (1981) Trace elements in continental margin magmatism. Part. III. Alkali granites and their relationship to cratonization. *Bull. Geol. Soc. America*, **92**:6-9.
- SÁ, J.M.; MACEDO, M.H.F.; FERNANDES, N.H. (1998) Ambiente tectônico da parte oriental da seqüência Salgueiro-Cachoeirinha, Província Borborema. *In*: Congresso Brasileiro de Geologia, 40, Belo Horizonte. SBG, Anais, p.1:15.
- SIAL, A.N. (1986) Granite-types in northeast Brazil: current knowledge. *Rev. Bras. Geoc.*, **16**(1):54-72.
- SIAL, A.N. (1987) Granitic rocks of northeast Brazil. *In*: I International Symposium Granites Assoc. Mineralization, Salvador. Ext. Abst., p.61-69.
- SIAL, A.N. & FERREIRA, V.P. (1988) Brasiliano age peralkaline plutonic rocks of central structural domains, northeast Brazil. *Rend. Soc. Italiana Mineral. Petrol.*, **43**:307-341.
- SIAL, A.N. & FERREIRA, V.P. (1990) Granitoids in northeast Brazil; oxygen and sulfur isotope compositions and depths of emplacement. *Jour. South America Earth Sci.*, **3**(2):103-112.
- SILVA FILHO, A.F. da.; THOMPSON, R.N.; LEAT, P.T. (1987) Petrology of Terra Nova pluton, Brazil, and associated ultrapotassic dykes. *Rev. Bras. Geoc.*, **17** (4):481-487.
- STRECKEISEN, A. (1976) To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*, **12**:1-33.
- TAYLOR, H.P. Jr. (1988) Oxygen, hydrogen, and strontium isotope constraints on the origin of granites. *Trans. R. Soc. Edinb. Earth Sci.*, **79**:317-338.
- THIÉBLEMONT, D. & TÉGYEY, M. (1994) Une discrimination géochimique des roches différenciées témoin de la diversité d'origine et de situation tectonique des magmas calco-alcalins. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **II**, **319**: 87-94.
- THOMPSON, R.N. (1982) Magmatism of the British tertiary volcanic province. *Scott. J. Geol.*, **18**:49-107.
- VANDOROS, P. & COUTINHO, J.M.V. (1966) Estudo geológico e geocronológico da área de São Gonçalo, Paraíba. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, **15**:15-27.
- VAN SCHMUS, W.R.; BRITO NEVES, B.B.; HACKSPACHER, P.; BABINSKI, M. (1995) U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the Eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: initial conclusions. *Journal of South American Earth Sciences* **8**:267-288.
- WATSON, E.B. (1987) The role accessory minerals in granitoid geochemistry. *In*: Hutton conference of the origin of granites. Univ. Edinburg, p.209-211.
- WONES, D.R. (1989) Significance of the assemblage titanite+magnetite+quartz in granitic rocks. *Amer. Mineral.*, **74**:744-749.