

**SUÍTE GRANÍTICA RIO PIÊN: UM ARCO MAGMÁTICO DO PROTEROZÓICO
SUPERIOR NA MICROPLACA CURITIBA**

A. Machiavelli¹, M.A.S. Basei², O. Siga Jr.²

1. Departamento de Geociências, Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR

2. Departamento de Geologia Geral, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

ABSTRACT

The Piên-São Bento do Sul (PR-SC) area shows two major contrasted lithological domains separated by a thrust shear zone that carried the deformed granitoids domain southwards over the granulitic gneissic domain. Associated with these two regional terrains several basic to ultrabasic bodies and isotropic granitoid plutons can be found. The southeastern part of the area is covered by volcano-sedimentary rocks of the Campo Alegre Basin and the western part by the Paleozoic sedimentary sequences of the Paraná Basin.

The granulitic domain is composed by massif to banded (hypersthene) quartzo-feldspathic gneissic rocks with enclaves of pyroxenites and amphibolites. By its turn, the granitoids domain comprises a set of calc-alkaline granitoids that show different shearing levels. The geochemical data for these granitoids points to a magmatic arc origin.

The geochronological data yield a Rb-Sr errorchron of 2100 Ma for the granulitic metamorphism. Late Proterozoic ages - 610 Ma (metamorphism?) on whole-rock Rb-Sr isochron and 715 ± 30 Ma (igneous emplacement?) in U-Pb zircon - were obtained for the granitoids in the northern domain.

The K-Ar data on biotites yielded to the granulitic domain ages of 1910, 1670 and also a reworking age of 655 Ma for the sample collected nearest to the granitoid domain. To this latter one, ages of 590 and 560 Ma were obtained.

RESUMO

A região de Piên (PR)-São Bento do Sul (SC) apresenta dois domínios geotectônicos distintos: um domínio granulítico, constituído, essencialmente, por gnaisses granulíticos quartzo-feldspáticos e um domínio de granitóides deformados, cálcio-alcálicos. Estão separados por uma importante zona de cisalhamento, sugerindo cavalgamentos, em direção sul, dos granitóides deformados sobre o domínio granulítico. Próximo ao contato destes dois terrenos principais, ocorrem diversos corpos de rochas ultrabásicas a básicas. A porção sudeste da área está coberta por rochas vulcano sedimentares da Bacia de Campo Alegre e a oeste, por seqüências sedimentares da Bacia do Paraná.

Os dados geocronológicos mostram uma errócrona de 2100 Ma para o metamorfismo granulítico. Idades do Proterozóico Superior - 610 Ma (metamorfismo?) com isócrona Rb-Sr em rocha total e 715 ± 30 Ma (colocação ígnea?) pelo método U-Pb em zircões foram obtidas para os granitóides do domínio norte.

Os dados K-Ar em biotitas mostraram, para o domínio granulítico, idades de 1910 Ma, 1670 Ma e também um retrabalhamento com idade de 655 Ma para uma amostra coletada próxima ao domínio dos granitóides. Neste domínio, obtiveram-se idades de 590 e 560 Ma, pelo mesmo método.

INTRODUÇÃO

Os terrenos granulito-migmatíticos que ocorrem entre os cinturões dobrados Apiaí e Tijucas, foram denominados por Hasui et al. (1975) de Maciço Mediano de Joinville. Estudos sistemáticos posteriores, levados a cabo principalmente por Basei e colaboradores permitiram redefinir este maciço, caracterizando-o como um agrupamento de três grandes domínios geológico-geotectônicos distintos, denominados de Domínio Setentrional, Domínio Costeiro e Domínio Meridional (Basei et al., 1988, 1990; Siga Jr. et al., 1990a, 1990b). Em trabalho mais recente, Basei et al. (1992) denominam estas unidades respectivamente de Microplaca

Curitiba; Cinturão Granitóide Costeiro e Microplaca Luis Alves (Fig. 1), sugerindo o abandono do termo Maciço Mediano de Joinville.

O trabalho que apresentamos agora, pretende melhor caracterizar a evolução dos granitóides deformados da região de Piên, principalmente no tocante ao ambiente de origem e relações com os terrenos adjacentes.

GEOLOGIA REGIONAL

Os terrenos pertencentes à Microplaca Curitiba constituem-se, principalmente, por



Figura 1 - Compartimentação tectônica da porção sudeste paranaense e nordeste catarinense. (Extraída de Basei et al., 1992).

gnaisse bandados migmatíticos, destacando-se litotipos a mesossoma de biotita anfíbio gnaisse e leucossoma claro de composição tonalito-granodiorítica, bem

como por gnaisse granítico bandados com presença restrita de biotita gnaisse lepidoblásticos. Em ambos os conjuntos são frequentes intercalações de corpos máficos

(anfíbolitos e biotita-granada anfíbolitos) com dimensões e formas variadas, bem como feições de migmatização tardia.

Na borda meridional da Microplaca Curitiba ocorrem granitóides deformados, representados principalmente por hornblenda-quartzo-monzodioritos, biotita-monzogranitos e granodioritos, denominados de Suíte Granítica Rio Piên, cujos dados geofísicos, estruturais e geocronológicos serão abordados a seguir.

Os litotipos da Microplaca Luis Alves são, principalmente, gnaisses granulíticos, bandados a maciços, de composição tonalito-granodiorítica. As idades obtidas por diversas metodologias, evidenciam uma evolução policíclica complexa, caracterizando como último evento importante na formação e resfriamento dessas rochas, o ciclo Transamazônico (Basei, 1985).

No Cinturão Granítico Costeiro, predominam granitos cálcio-alcálicos, com matriz de granulação grossa, e com megacristais centimétricos de microclínio. São ricos em biotita, com anfíbio e esfero como fases minerais importantes. Biotita granitóides cinza médio e granitos a duas micas, leucocráticos, são também observados. O representante principal deste cinturão é o Batólito Paranaguá, de idade brasileira (Basei et al., 1990).

SUÍTE GRANÍTICA RIO PIÊN

Encontra-se representada na área por um conjunto de granitóides heterogeneamente deformados, que apresentam composições variadas, desde termos intermediários até francamente ácidos e que, de forma geral, possuem claras evidências de metamorfismo associado com uma deformação cisalhante.

Esta suíte é constituída por pelo menos dois conjuntos de litotipos distintos (Fig. 2), denominados informalmente de Granitóide Sudeste e Granitóide Noroeste.

Granitóide Sudeste – Representa um conjunto de rochas que inclui desde hornblenda quartzo-monzodiorito a biotita monzogranito, passando por quartzo-monzonito e granodiorito a magnetita e titanita, de cores cinza médio a clara-rosada até avermelhada, leucocráticos, com índices de cor em torno de 5 a 10, com matriz de granulação média a grossa. Apresentam megacristais centimétricos de K-feldspato róseo (FKR), que podem ocorrer de forma concentrada em bandas métricas ou isolados, dispersos

na rocha. Ocorre em uma faixa orientada segundo NE, junto ao contato com a Microplaca Luis Alves. A mineralogia principal deste corpo é dada por plagioclásio (40-50%), quartzo (8-25%), K-feldspato (25-35%), hornblenda (2-7%) e biotita (2-5%).

Granitóide Noroeste – Representado por biotita-hornblenda quartzo-monzodiorito a biotita monzogranito a magnetita e titanita, de cores cinza médio a escuro até rosa, leucocrático, com índice de cor em torno de 8 a 15 e matriz de granulação média a grossa, normalmente apresentando megacristais centimétricos de FKR e, mais raramente, de plagioclásio. Ocorre à norte de Piên, com formato alongado de direção próxima a N30°E. É comum a presença de enclaves centimétricos de composição básica, alongados segundo a foliação. Mineralogicamente compõem-se, essencialmente, por plagioclásio (30-60%), quartzo (15-30%), K-feldspato (20-40%), hornblenda (3-10%) e biotita (5-10%).

Os minerais acessórios, comuns aos dois corpos, e que podem individualmente representar até 3% da rocha, são os opacos (identificou-se magnetita quando da separação dos minerais para o tratamento geocronológico); a titanita; o zircão; a apatita e a allanita.

As composições modais (Fig. 3), lançadas no diagrama QAP de Streckeisen (1976), mostram ser a Suíte Granítica Rio Piên, composta por quartzo monzodioritos, quartzo monzonitos granodioritos e monzogranitos, não havendo neste diagrama uma separação entre os granitóides Sudeste e Noroeste.

Utilizando-se a classificação de séries granitóides de Lameyre & Bowden (1982), verifica-se que estes granitóides fazem parte de um agrupamento de rochas correspondente a uma série intermediária entre a cálcio-alcálica granodiorítica de médio K e a cálcio-alcálica monzonítica, de alto K (Fig. 3).

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DA SUÍTE GRANÍTICA RIO PIÊN

A principal feição estrutural, observada em todos os corpos da suíte, é uma foliação gnáissica (S_n), caracterizada pela orientação preferencial de minerais como: quartzo, biotitas e/ou anfíbólios e feldspatos, notadamente quando componentes da matriz, e que apresentam como direção mo-

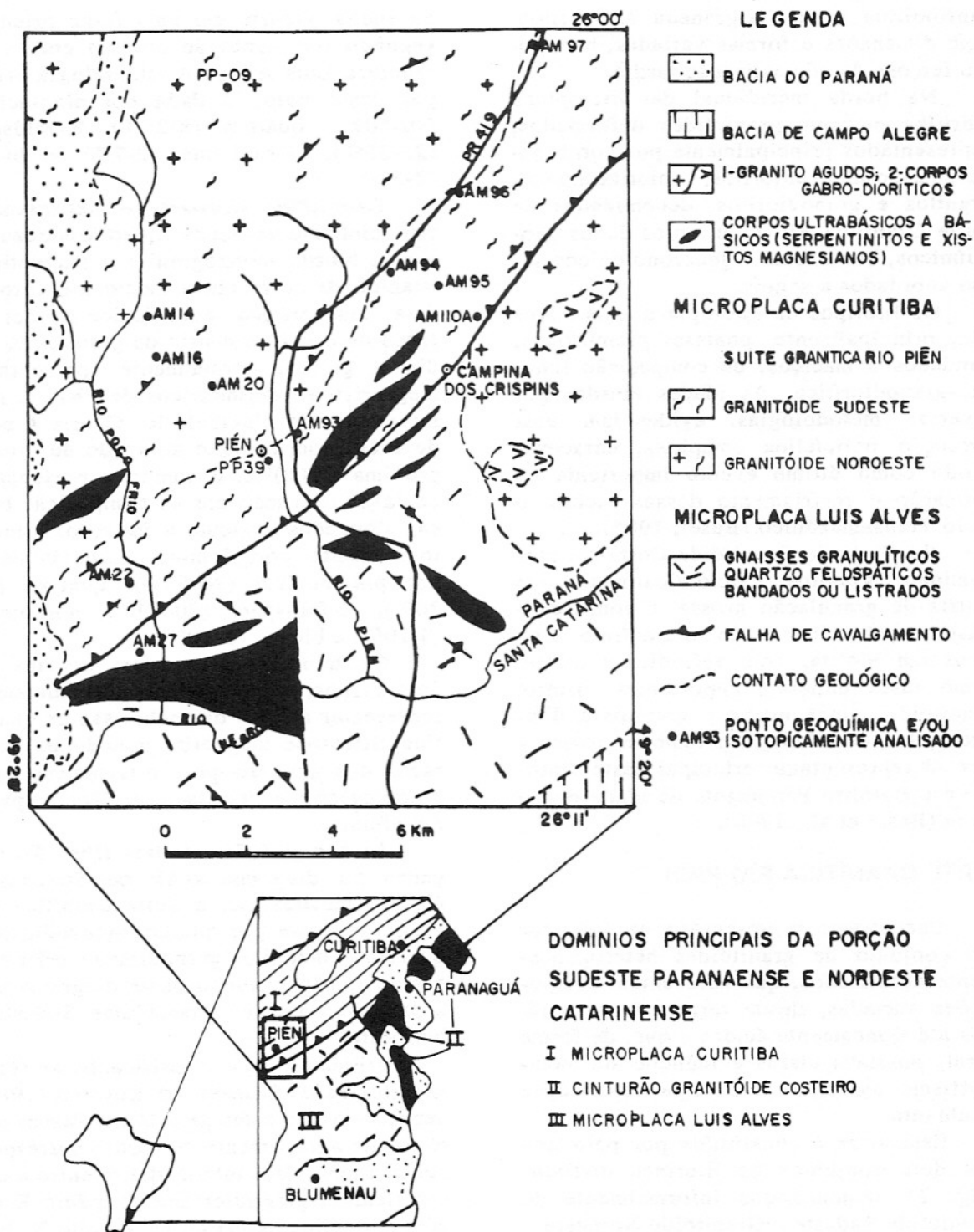


Figura 2 - Esboço geológico da região de Piên (PR-SC).

dal, em estereograma, uma atitude de N43E/71NW.

O desenvolvimento desta foliação S_n relacionada, provavelmente, a um cisalhamento simples, em condições predominantemente dúcteis a rúpteis, é caracterizado como a primeira fase de deformação visível

nestes litotipos.

Uma segunda foliação (S_{n+1}) foi observada em alguns afloramentos e, a semelhança da primeira, também está caracterizada pela orientação preferencial de quartzo, minerais máficos e feldspatos, muito embora de forma bem menos intensa que a

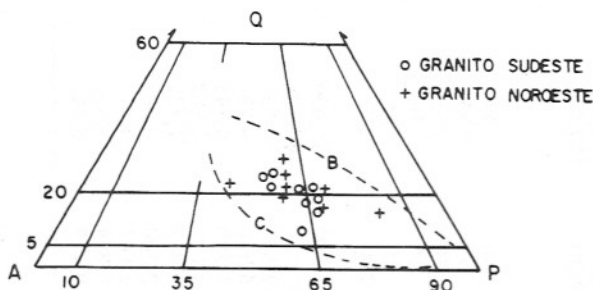


Figura 3 - Diagrama QAP mostrando a classificação petrográfica da Suíte Granítica Rio Piên, segundo a proposição de Streckeisen (1976) e petrogenética, segundo Lameyre & Bowden (1982), com os "trends" das séries cálcio-alcálica granodiorítica, de médio K (B) e cálcio-alcálica monzonítica, de alto K (C).

S_n . A atitude modal da foliação S_{n+1} , obtida em estereograma, é de N23E/66NW. A geração dessa foliação também pode estar associada a um processo de cisalhamento simples, porém, em condições mais rúpteis do que dúcteis.

Os protomilonitos gerados durante a primeira fase e, mais restritamente, os protomilonitos e/ou protocataclitos gerados durante a segunda fase de deformação mostram que as relações entre as superfícies S_c e S_s indicam transporte de NW para SE em um processo de cavalgamento da Suíte Granítica Rio Piên sobre a Microplaca Luis Alves.

Em termos de metamorfismo, pode-se associar a primeira fase de deformação a um regime predominantemente dúctil, devido à recristalização observada de quartzo e biotita e, eventualmente, aos fenômenos de recuperação e recristalização de microclínio e plagioclásio. Esta neoformação de minerais deu-se sob condições de grau fraco de metamorfismo, zona da biotita. A segunda fase de deformação, de caráter predominantemente rúptil, aparentemente não proporcionou a neoformação de minerais, mas apenas a sua trituração e reorientação, devendo ter ocorrido sob condições de grau incipiente de metamorfismo.

A zona de contato entre os granitóides deformados da Microplaca Curitiba e os granulitos da Microplaca Luis Alves está marcada por uma faixa de milonitos a protomilonitos com vários metros de espessura. Ela é balizada pela ocorrência de corpos ultrabásicos a básicos, normalmente serpentinizados e/ou talcificados.

Os milonitos a protomilonitos são es-

sencialmente quartzo-feldspáticos, sendo comum a presença de óxidos e epidotos, bem como de filossilicatos que, em alguns locais, atingem até 30% da rocha. A granulização é fina e a foliação milonítica, bastante evidente, é marcada pela disposição paralela dos filossilicatos e o forte estiramento dos cristais de quartzo. Porfiroclastos de quartzo com sombras de pressão assimétricas podem também estar presentes.

A análise dessas sombras de pressão assimétricas, associada a lineações minerais com atitudes em torno de 50°/N60W, sugere um cavalgamento no sentido SE que colocou os granitóides deformados sobre o domínio granulítico. Lineações tardias com atitudes em torno de 25°/N50E também foram observadas, indicando um rejeito direcional tardio para esta mesma zona de falha.

GEOQUÍMICA DA SUÍTE GRANÍTICA RIO PIÊN

Neste ítem faremos o tratamento e interpretação dos dados geoquímicos apresentados na Tabela 1, obtidos de amostras analisadas nos laboratórios da Geosol - Geologia e Sondagens Ltda pelos métodos de absorção atômica e fluorescência de raios X (maiores e traço) e espectrometria de plasma ICP após concentração (terras raras).

Os diagramas SiO_2 x óxidos mostram que os granitóides deformados estão separados em dois conjuntos distintos. Tal separação é indicada pelos diagramas SiO_2 x P_2O_5 (Fig. 4A), SiO_2 x TiO_2 (Fig. 4B), SiO_2 x MgO (Fig. 4C), SiO_2 x $FeO_{(tot)}$ (Fig. 4D), SiO_2 x K_2O (Fig. 4E) e SiO_2 x Na_2O (Fig. 4F), que sugerem a existência de dois magmas distintos, além de mostrar que o Granitóide Sudeste possui uma composição mais sódica e menos potássica que o Granitóide Noroeste.

Com relação aos diagramas SiO_2 x traços, a separação entre os dois corpos está melhor caracterizada nos diagramas SiO_2 x Ce (Fig. 5A), SiO_2 x La (Fig. 5B), SiO_2 x Zr (Fig. 5C) e SiO_2 x Ba (Fig. 5D), havendo ainda a sugestão de que ambos evoluíram de maneira divergente.

O diagrama AFM (Fig. 6) sugere um caráter cálcio-alcálico para os granitóides estudados, bem como sua formação em um ambiente de arco magmático. As amostras distribuem-se segundo "trends" equivalentes aos definidos por suítes vulcânicas de

Tabela 1 – Análises geoquímicas dos granitóides da Suíte Granítica Rio Piên.

Amostras	GRANITÓIDE SUDESTE						GRANITÓIDE NOROESTE				
	AM96	AM93	AM97	AM110A	PP39	AM94	AM95	PP10	AM20	AM16	AM14
Elementos maiores e menores em % em peso											
SiO ₂	60,8	61,8	62,7	64,8	67,9	68,6	70,9	61,3	64,3	64,9	71,3
TiO ₂	0,54	0,48	0,29	0,34	0,18	0,21	0,17	0,66	0,47	0,50	0,35
Al ₂ O ₃	17,7	17,6	18,7	16,6	16,2	16,1	15,1	15,8	15,9	15,9	14,3
Fe ₂ O ₃	2,9	2,5	1,5	2,6	0,61	0,54	-	2,3	1,6	0,93	0,62
FeO	2,5	2,5	2,0	0,98	0,98	1,4	1,4	2,8	2,1	2,8	1,4
CaO	4,7	4,3	3,9	3,5	2,2	2,2	1,8	4,3	3,2	3,2	1,3
MgO	1,5	1,5	0,97	1,1	0,42	0,52	0,49	2,7	1,7	1,8	0,57
MnO	0,12	0,11	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,09	0,07	0,07	0,04
Na ₂ O	5,3	5,3	6,0	5,1	7,3	5,6	5,3	4,9	5,1	5,0	4,2
K ₂ O	2,7	2,6	2,5	3,3	3,3	3,5	3,9	3,2	3,9	3,8	5,2
P ₂ O ₅	0,30	0,31	0,19	0,19	0,06	0,10	0,07	0,37	0,27	0,25	0,14
BaO	0,17	0,18	0,17	0,17	0,18	0,15	0,082	0,22	0,25	0,26	0,15
Cr ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-
NiO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	0,006	-	0,097	-	-	-	-	-
F	0,14	0,10	0,062	0,092	0,062	0,070	0,096	0,037	0,14	0,058	0,092
CO ₂	0,10	0,20	0,20	0,40	0,20	0,20	0,10	0,40	0,10	0,10	0,10
H ₂ O ⁺	0,48	0,37	0,54	0,61	0,25	0,53	0,44	0,81	0,72	0,24	0,24
Soma	99,95	99,85	99,80	99,87	99,91	99,89	99,92	99,90	99,82	99,81	100,00
Traços e terras raras em ppm											
Cl	180	84	50	150	48	37	52	130	65	52	59
Rb	54	57	69	86	84	110	160	63	78	93	130
Sr	1460	1340	1630	1240	1260	1350	690	1190	1300	1270	440
Nb	14	13	11	20	19	18	10	14	14	18	26
Y	21	17	12	14	-	28	-	16	15	18	15
Zr	210	180	160	150	120	140	89	220	230	260	290
La	35,540	25,500	19,450	14,690	8,206	8,967	13,210	59,860	60,060	56,600	51,430
Ce	83,930	60,430	43,940	40,830	18,850	25,720	27,640	119,860	100,800	107,300	102,700
Nd	36,340	27,590	19,200	17,960	9,526	12,160	10,460	43,730	37,720	40,850	32,680
Sm	5,726	4,293	2,787	2,802	1,392	1,986	1,528	6,439	5,182	5,396	4,287
Eu	1,468	1,086	0,784	0,709	0,401	0,565	0,365	1,495	1,154	1,293	0,741
Gd	3,923	2,067	1,851	1,904	0,995	1,671	1,131	4,078	3,237	3,643	2,262
Dy	2,473	1,880	1,144	1,281	0,594	1,404	0,705	2,470	1,763	2,033	1,429
Ho	-	0,369	0,222	-	0,090	0,345	0,128	0,471	0,323	0,400	0,266
Er	1,260	0,954	0,565	0,647	0,230	1,248	0,275	1,150	0,722	1,044	0,612
Yb	1,074	0,840	0,534	0,625	0,261	1,464	0,457	0,803	0,544	0,854	0,451
Lu	0,159	0,135	0,098	0,112	0,055	0,272	0,101	0,122	0,087	0,153	0,102

Obs.: - valores abaixo do limite de detecção

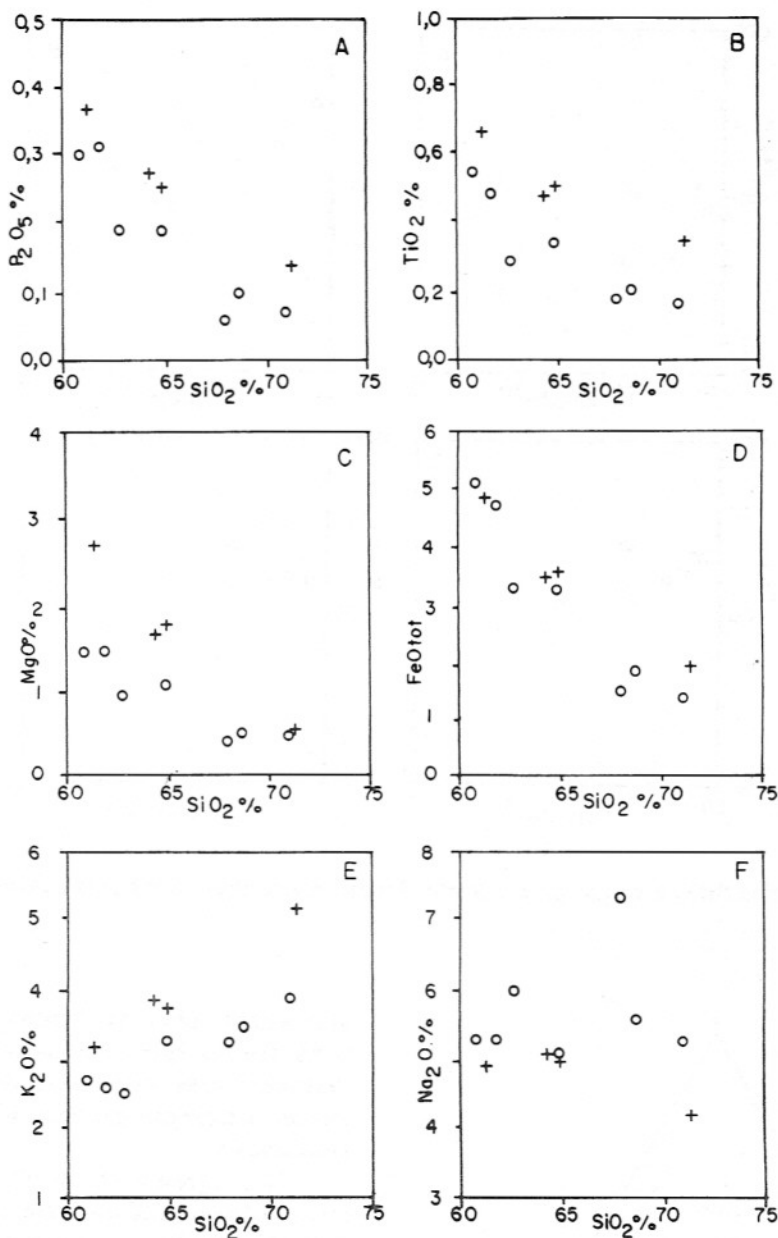


Figura 4 - Diagramas de Harker ($\text{SiO}_2 \times \text{óxidos}$) para a Suíte Granítica Rio Piên. Símbolos: círculos = Granito Sudeste; cruces = Granito Noroeste.

arcos magmáticos modernos (Brown, 1982). No caso de Granitóide Noroeste o "trend" indica maior maturidade, sendo menos evoluído no caso do Granitóide Sudeste.

No diagrama $\text{SiO}_2 \times \text{Log CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (Fig. 7), o caráter cálcio-alcalino da Suíte Granítica Rio Piên é reafirmado, com o índice de Peacock situando-se em torno de 57 para o Granitóide Sudeste e 56,5 para o Granitóide Noroeste.

Este diagrama indica, também, que os granitóides da Suíte Granítica Rio Piên ter-se-iam formado em um ambiente de arco

magmático, com os seus "trends" dispondo-se intermediariamente àqueles definidos para o Batólito Alaska Range e para o arco continental da Nova Guiné. Ele sugere, ainda, que o Granitóide Noroeste formou-se em um ambiente mais evoluído do que o Granitóide Sudeste. Vale acrescentar que, segundo Brown (op. cit.), os "trends" petroquímicos espaciais, normais a um arco moderno, em uma determinada idade, são comparáveis aos "trends" temporais para uma determinada localização. Isto quer dizer que as rochas definirão "trends" para

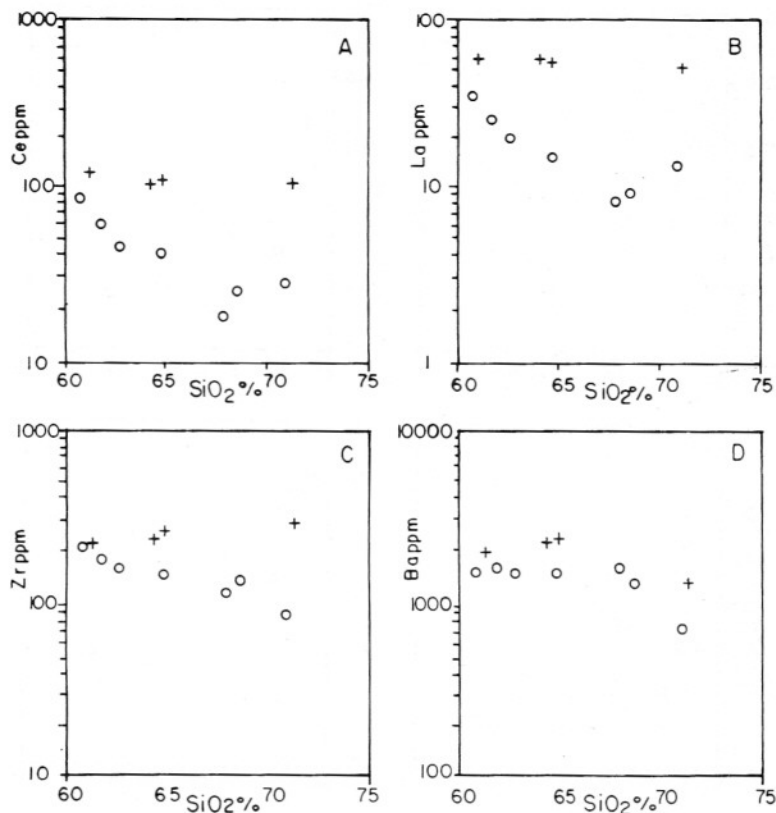


Figura 5 – Diagramas SiO₂ x traços para a Suíte Granítica Rio Piên. Símbolos conforme Figura 4.

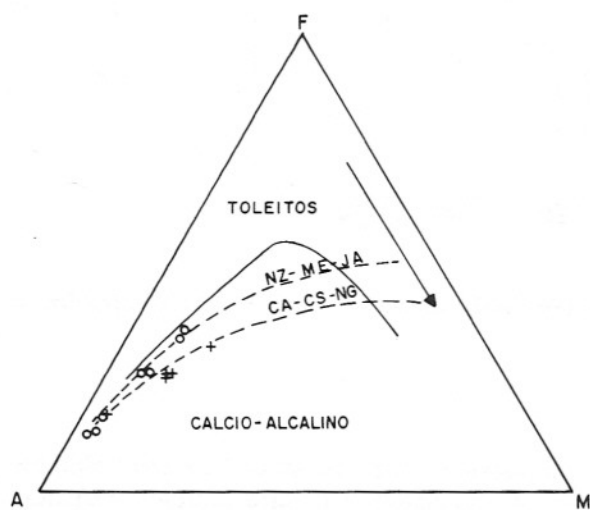


Figura 6 – Diagrama AFM para a Suíte Granítica Rio Piên. Separação (linha contínua) entre os campos toleítico e cálcio-alcálico conforme Irvine & Baragar (1971). "Trends" para suítes vulcânicas de arcos magmáticos modernos (linhas tracejadas), com a indicação do incremento da maturidade do arco (seta), segundo Brown (1982). NZ-ME-JA = Nova Zelândia-México-Japão e CA-CS-NG = Cascades-Chile Setentrional-Nova Guiné.

ambientes mais evoluídos quanto mais jovens forem estas rochas e/ou quanto mais distantes elas estiverem da fossa, para um mesmo ambiente geotectônico relacionado à subducção.

O diagrama (Y + Nb) x Rb de Pearce et al. (1984) indica, que as rochas estudadas são similares geoquimicamente àquelas do Fanerozóico formadas em um ambiente de arco vulcânico, sugere também que estes granitóides possuem características geoquímicas semelhantes às de granito intrudidos no prisma acrescionário do Alaska, bem como de granitos do Chile Central (Fig. 8). Em todos os demais diagramas binários apresentados por Pearce et al. (op. cit.) e possíveis de serem utilizados (não exibidos aqui), as amostras posicionam-se nos campos correspondentes a granitos de arco vulcânico (VAG).

Nos diagramas multi-elementos normalizados segundo um hipotético granito de cadeia oceânica (ORG) definido por Pearce et al. (op. cit.), algumas diferenças entre os Granitóides Sudeste (Fig. 9A) e Noroeste (Fig. 9B), são observadas, tais como: um enriquecimento de Ba, Ce, Zr e

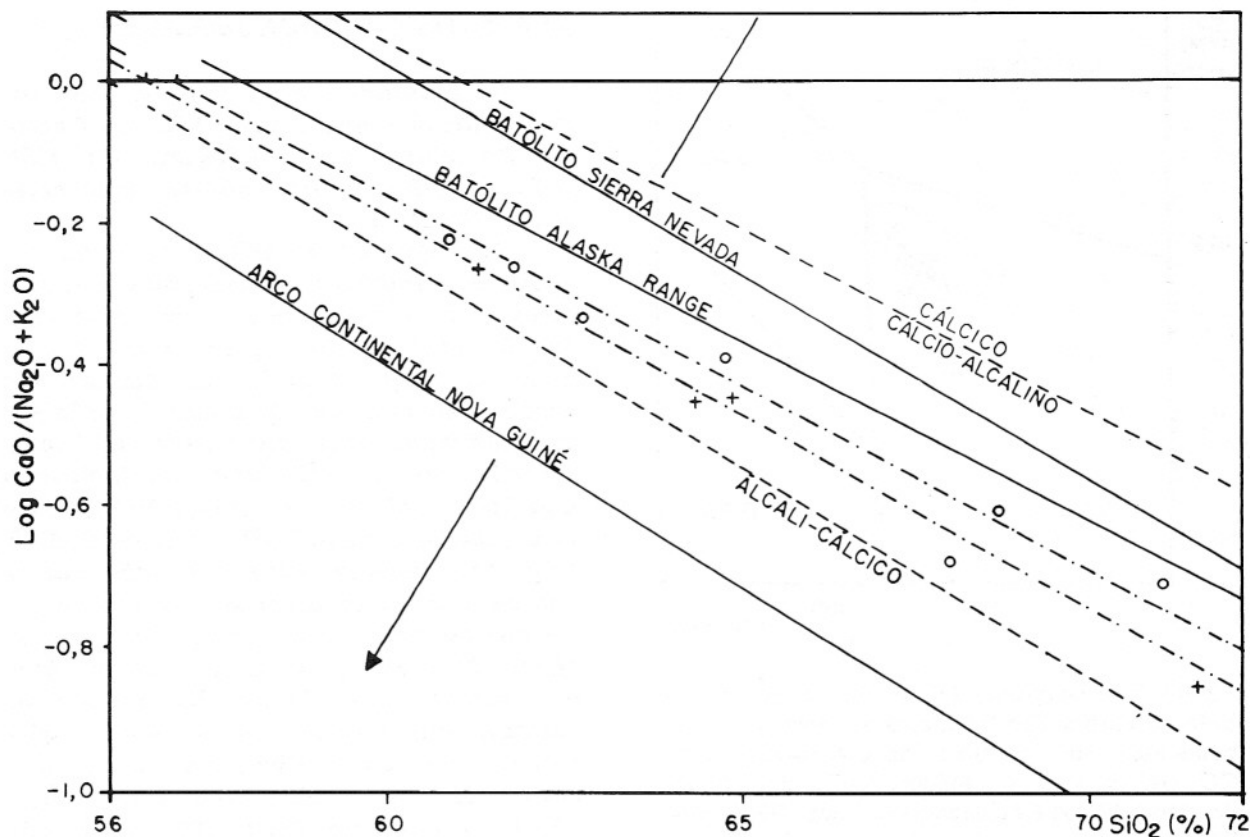


Figura 7 - Diagrama $\text{SiO}_2 \times \log (\text{CaO}/\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ para a Suíte Granítica Rio Piên, com a separação (linhas tracejadas) dos campos cálcico, cálcio-alcálico e alcali-cálcico, adaptados da definição de Peacock (1931). "Trends" para suítes intrusivas de arcos magmáticos, com a indicação (seta) do incremento da maturidade do arco, segundo Brown (1982). Símbolos conforme Figura 4.

Sm do segundo em relação ao primeiro. Nota-se também, o enriquecimento de Ce em relação ao Nb, apresentado pelo Granitóide Noroeste e por algumas amostras (AM96, AM97 e AM110A) do Granitóide Sudeste.

Uma comparação entre a Figura 9 e diagramas semelhantes apresentados por Pearce et al. (op. cit.) levaria a associar os Granitóides Sudeste e Noroeste, devido ao seu forte fracionamento, com os granitos sin-colisionais. Entretanto, uma análise mais atenta, observando-se a relação existente entre os elementos, mostra que as rochas estudadas apresentam enriquecimento de K, Rb e Ba em relação ao Nb; do Ce em relação ao Zr; de Sm em relação ao Y e Yb (exceto uma amostra do Granitóide Sudeste), bem como baixos valores de Y e Yb em relação à composição normalizada, que são feições indicativas de granitos de colisão, sin e pós, e de granitos de arco vulcânico do tipo cálcio-alcálico (Pearce et al., op. cit.). Vale lembrar que os granitos aqui estudados não possuem feições mineralógi-

cas, geoquímicas ou isotópicas características de granitos sin-colisionais do tipo S.

Outra feição que chama a atenção nos diagramas da Figura 9 é o enriquecimento de Ba em relação ao Rb, com exceção de duas amostras, uma em cada corpo. Nos diagramas apresentados por Pearce et al. (1984), somente nos granitos de arco vulcânico e de cadeia oceânica se observa enriquecimento, ou valores aproximadamente equivalentes, de Ba em relação ao Rb. Como os granitos de cadeia oceânica apresentam um padrão de distribuição de elementos nos diagramas multielementos normalizados para ORG, completamente diferente do que é observado na Figura 9, e os Granitóides Sudeste e Noroeste não possuem qualquer semelhança com os plagiogranitos de cadeias oceânicas, entendemos que tal discrepância reflita uma simplificação exagerada do magmatismo relacionado a arcos vulcânicos por parte de Pearce et al. (op. cit.).

Os elementos terras raras (Fig. 10) mostram de forma coerente com alguns dia-

As datações Rb-Sr, K-Ar e U-Pb foram realizadas nos Laboratórios do Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP (CPGeo/USP), encontrando-se representados na Tabela 2.

Os dados Rb-Sr (RTO) relativos aos gnaisses granulíticos pertencentes a Microplaca Luis Alves coletados nos arredores de São Bento do Sul (pouco a sul dos limites do mapa, Fig. 2), apresentaram-se muito dispersos em diagrama isocrônico, caracterizando mais uma "errócrona" (alto MSWD), do que uma isócrona, indicando uma idade próxima de 2100 ± 70 Ma, para uma relação inicial $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_i$ de 0,7028 (Fig. 11). Embora baixa, tal razão inicial não caracteriza necessariamente rochas derivadas do manto e/ou crosta inferior nesta época (2100 Ma). Tratam-se de rochas granulíticas de caráter intermediário à básico, bastante empobrecidas em Rb e que, adicionalmente, apresentam, em outras porções mais a sul, idades Rb-Sr e U-Pb (zircoões) do intervalo 2800-2700 Ma, possivelmente relacionadas ao período principal de acreção/diferenciação desse material.

Os dados K-Ar em biotitas mostram, nas proximidades com a Microplaca Curitiba, o envolvimento termal brasileiro, caracterizado através de uma idade de 655 ± 9 Ma (AM27). Pouco a sul (arredores de São Bento, fora dos limites do mapa, Fig. 2), as idades K-Ar apresentaram valores de 1672 ± 77 Ma (AM53), e 1910 ± 47 Ma (AM70), sugerindo perdas parciais de Ar no primeiro caso, e resfriamento regional relativo ao ciclo Transamazônico no segundo. A possibilidade de abertura parcial do sistema radiométrico K-Ar é também sugerida através de idades de 1018 Ma e 1454 Ma (obtidas por Girardi, 1974), em plagioclásios de rochas granulíticas localizadas próximas ao limite das Microplacas Curitiba e Luis Alves.

Os dados Rb-Sr (rocha total), relativos aos granitóides deformados, mostram, quando tratados, em diagrama isocrônico (Fig. 12), uma má distribuição dos pontos analíticos no eixo das abcissas (entre 0,1 e 0,7) bem como um claro desalinhamento. De modo preliminar, considerando-se, principalmente, o número bastante reduzido de análises, duas retas paralelas podem ser traçadas, indicando uma mesma idade para essas rochas porém, relações iniciais distintas. Tal traçado é sugerido principal-

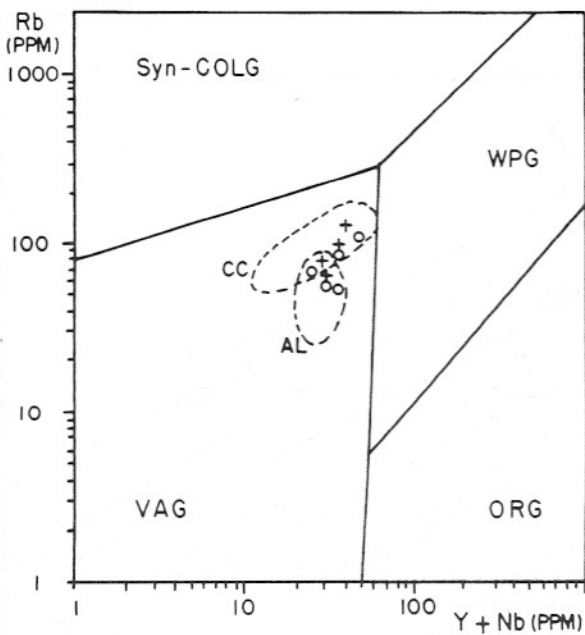


Figura 8 - Diagrama $(Y + Nb) \times Rb$ para a Suíte Granítica Rio Piên, com os campos correspondentes aos granitos sin-colisionais (syn-COLG), de arco vulcânico (VAG), do interior de placa (WPG) e de cadeia oceânica (ORG) e os limites para os granitos de arco vulcânico do Chile Central (CC) e Alaska (AL) (linha contínua). (Pearce et al., 1984). Símbolos conforme Figura 4.

gramas vistos anteriormente (Figs. 4, 5, 6, 7 e 9) a existência de, pelo menos, dois granitóides distintos, Granitóide Sudeste (Fig. 10A) e Granitóide Noroeste (Fig. 10B), sendo que o primeiro mostra, na média, um fracionamento de terras raras leves menos intenso do que o segundo.

A conclusão que se faz após o tratamento dos dados geoquímicos referentes a Suíte Granítica Rio Piên é de que esta encontra-se formada por, pelo menos, dois conjuntos distintos de rochas, denominados de Granitóide Noroeste, caracterizado pelas amostras AM14, AM16, AM20, PP10 e Granitóide Sudeste, caracterizado pelas amostras AM93, AM94, AM95, AM96, AM97, AM110A e PP39.

Com relação ao ambiente de formação deste conjunto de rochas, a indicação mais provável, observada em praticamente todos os diagramas que possuem função discriminante, é de que elas foram formadas em um ambiente de arco vulcânico, segundo definição de Brown (1982).

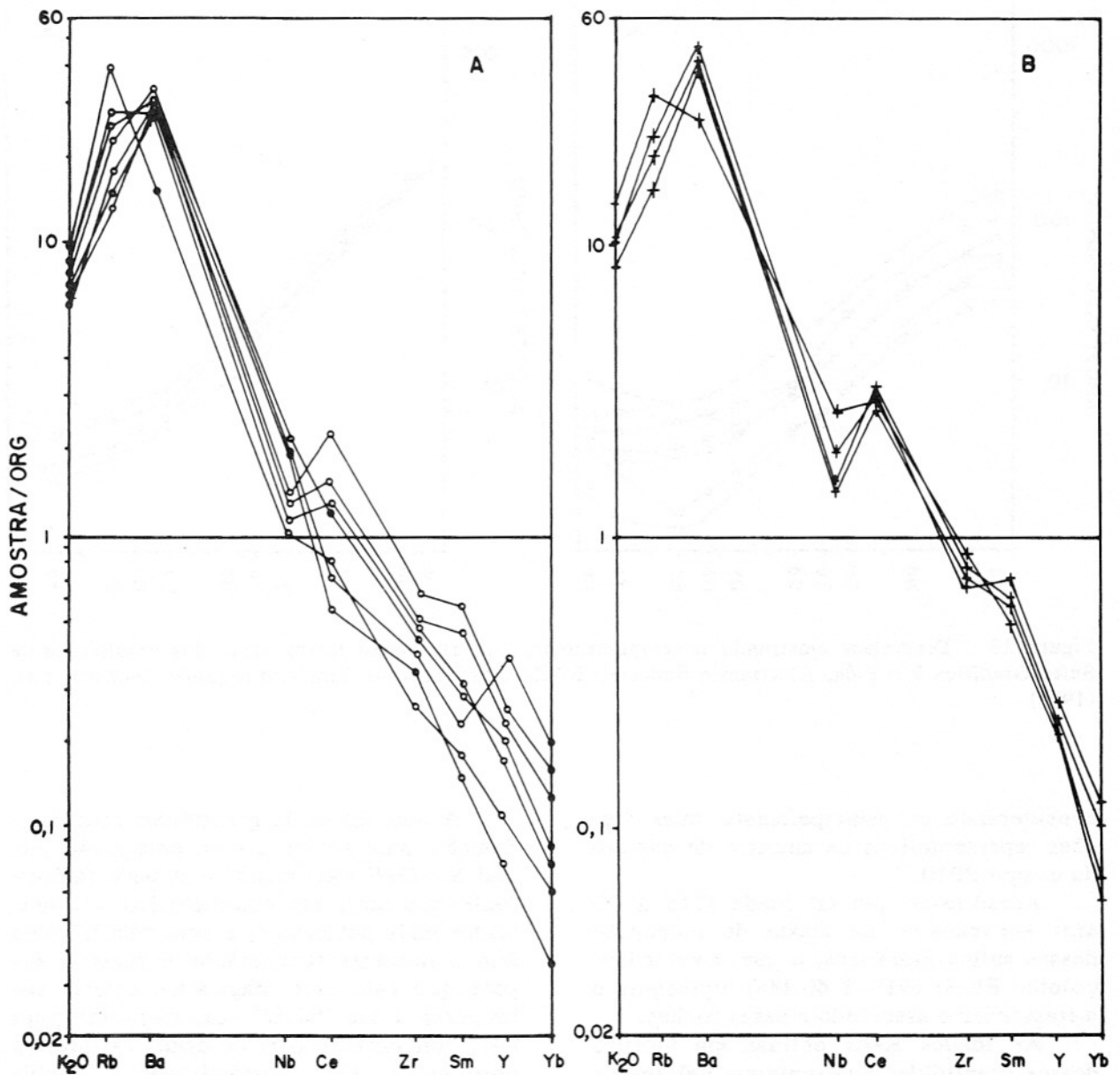


Figura 9 – Diagramas multi-elementos da Suíte Granítica Rio Piên, normalizados para um hipotético granito de cadeia oceânica (ORG), definido por Pearce et al. (1984). A) Granito Sudeste e B) Granito Noroeste.

mente quando levamos em consideração os dados geoquímicos antes discutidos, e análises adicionais ainda inéditas obtidas por um dos autores (O. Siga Jr.). Os pontos analíticos relativos ao Granitóide Sudeste distribuíram-se em alinhamento distinto (inferior) dos observados para o Granitóide Noroeste. As duas retas isocrônicas revelam idades de 610 ± 40 Ma, sendo definidas principalmente pelos pontos analíticos relativos ao Granito Sudeste. As relações iniciais (Sr^{87}/Sr^{86})_i mostram-se próximas de 0,704 (Granitóide Sudeste) e 0,707 (Gra-

nitóide Noroeste).

Os dados U-Pb obtidos em concentrações de zircões das amostras de números de campo PP10 (5 km à NW do ponto PP09, fora dos limites do mapa apresentado, Fig. 2), e AM93 (próxima a Piên), mostraram-se dispersos quando tratados em diagrama Concórdia (Fig. 13). Considerando-se principalmente a distribuição dos pontos superiores nesta figura, e o intercepto inferior em zero, a idade de 715 ± 30 Ma representa o melhor alinhamento deste diagrama. Acrescenta-se que tal valor fora obtido

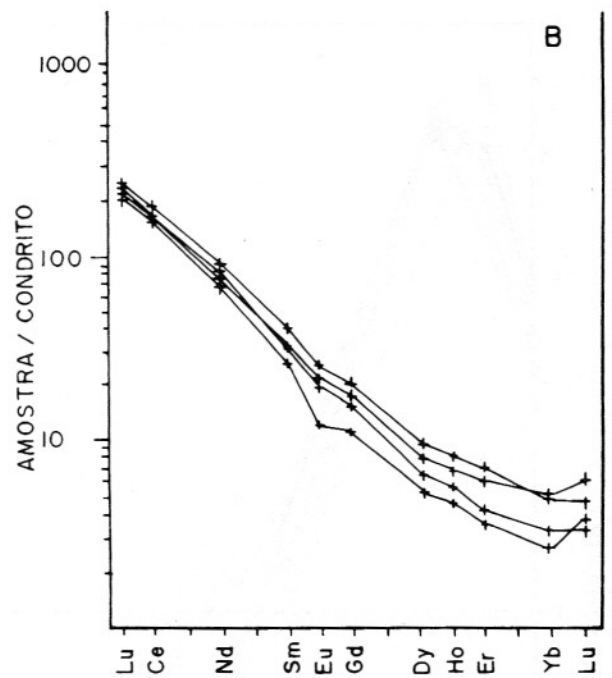
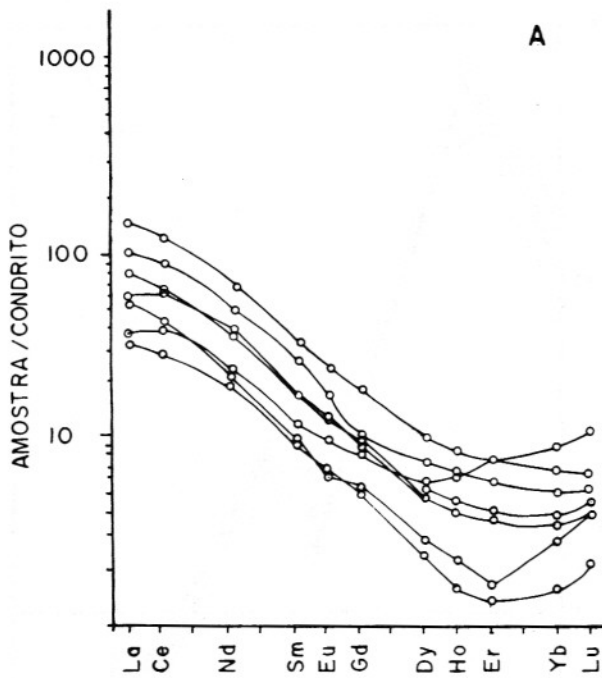


Figura 10 - Diagramas mostrando o comportamento dos elementos terras raras dos granitóides da Suíte Granítica Rio Piên. A) Granito Sudeste); B) Granito Noroeste. Condrito segundo Evensen et al. (1978).

considerando-se principalmente duas frações representativas da amostra de número de campo PP10.

Acredita-se que tal idade (715 ± 30 Ma) aproxima-se da época de colocação dessas suítes graníticas, e que o valor isocrônico Rb-Sr (610 ± 40 Ma) representa o metamorfismo associado a essas rochas.

As idades K-Ar obtidas em biotitas desses granitóides apresentaram valores de 592 ± 30 Ma (AM94) e 561 ± 15 Ma (AM93), caracterizando épocas relativas ao resfriamento regional dessa região posteriormente aos cavalgamentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região estudada é caracterizada pela presença de dois domínios geotectônicos distintos: Microplaca Curitiba, a norte e Microplaca Luis Alves, a sul. Próximo ao contato destas, ocorrem rochas graníticas deformadas, representadas principalmente por hornblenda-quartzo-monozodioritos, biotita monzogranitos e granodioritos, de natureza cálcio-alcálica. Do ponto de vista geoquímico, a indicação mais provável sobre o ambiente de formação deste conjunto de rochas é a de arco vulcânico segundo definição de Brown (1982).

A ocorrência de granitóides com composição mais sódica e com uma razão inicial Sr^{87}/Sr^{86} (Ri) menor a sudeste (Granitóide Sudeste), em contrapartida a granitóides mais potássicos, e com uma Ri mais alta a noroeste (Granitóide Noroeste), sugere que este arco magmático estaria sobreposto a um "slab" com mergulho para NW, concordante com os dados estruturais observados. Esta possibilidade é condizente também, com a sugerida pelas Figuras 6 e 7 que indicam o Granitóide Noroeste como tendo se formado em um ambiente de arco vulcânico mais evoluído do que o do Granitóide Sudeste.

Os corpos ultrabásicos a básicos que ocorrem na região, podem representar, pelo menos em parte, notadamente o de Campina dos Crispins, restos de um fundo oceânico imbricado tectonicamente entre as Microplacas Curitiba e Luis Alves, quando do fechamento do oceano. Não se descarta contudo, devido à escassez de dados, a possibilidade desses corpos representarem, em maior ou menor grau, rochas intrusivas relacionadas a um evento distensional, quando ocorrentes dentro da Microplaca Luis Alves ou mega-xenólitos, quando ocorrentes em meio aos granitóides da Suíte Granítica Rio Piên.

Tabela 2 – Dados analíticos Rb-Sr, K-Ar e U-Pb dos granitóides da Suíte Granítica Rio Piên.

Dados analíticos potássio-argônio

Ponto mapa	SPK	Material	Rocha	% K	Ar ⁴⁰ rad (x 10 ⁻⁶) (ccSTP/q)	Ar atm (%)	Idade (Ma)	Erro (Ma)
Gnaisses granulíticos - Microplaca Luis Alves								
AM27	6766	biotita	piroxenito	7,7334	237,36	2,10	655	9
AM53	6762	biotita	granulito	5,1257	546,73	1,55	1672	77
AM70	6765	biotita	granulito	7,1138	937,61	0,71	1910	47
Suíte Intrusiva Rio Piên - Microplaca Curitiba								
AM93	6760	biotita	granitóide	5,1623	131,79	4,49	561	15
AM94	6761	biotita	granitóide	6,3791	173,20	4,28	593	30

Dados analíticos rubídio-estrôncio

Ponto mapa	SPR	Material	X (RX)	Erro	Y norm.	Erro	Rb (ppm)	Sr (ppm)
Gnaisses granulíticos - Microplaca Luis Alves								
AM56	10928	granulito	0,329	0,009	0,71338	0,00008	63,0	555,0
AM57	10929	granulito	0,593	0,017	0,71746	0,00008	72,5	354,0
AM70	10930	granulito	0,145	0,004	0,70685	0,00008	57,0	1135,5
AM73	10931	granulito	0,397	0,011	0,71536	0,00007	56,0	409,0
AM80	10932	granulito	0,203	0,006	0,71044	0,00007	43,0	612,5
Suíte Intrusiva Rio Piên - Microplaca Curitiba								
AM16	10922	granitóide	0,236	0,007	0,70853	0,00011	103,5	1270,0
AM20	10923	granitóide	0,176	0,005	0,70830	0,00012	83,5	1376,5
AM22	10924	granitóide	0,294	0,008	0,70684	0,00007	122,5	1206,5
AM94	10925	granitóide	0,249	0,007	0,70667	0,00011	106,5	1240,0
AM95	10926	granitóide	0,634	0,018	0,70991	0,00007	156,5	714,5
AM97	10927	granitóide	0,101	0,003	0,70645	0,00021	59,0	1697,5

Dados analíticos urânio-chumbo

Fração	Concentrações		Razões medidas	Pb radiogênico			Razões U/Pb		Idades
	U (ppm)	Pb (ppm)	(s/correções) 204/206	(c/correções) 207/206	(c/correções) 208/206	(c/correções) 206/238	(c/correções) 207/235	(Ma) 207/206	
Amostra PP10 - Granito Noroeste (\pm 5 km à noroeste do ponto PP09)									
NM (0)	255,45	28,61	0,004092	0,063080	0,18649	0,10028	0,87218	711	
M (0)	286,38	31,64	0,002517	0,063314	0,18998	0,10022	0,87493	719	
Amostra AM93 - Granito Sudeste									
M (1)	173,51	20,15	0,013900	0,064301	0,09118	0,08528	0,75608	751	
M (0)	210,95	19,61	0,005590	0,072917	0,08757	0,09201	0,92505	1011	
M (-1)	191,64	23,82	0,009800	0,066600	0,07249	0,10441	0,95876	825	

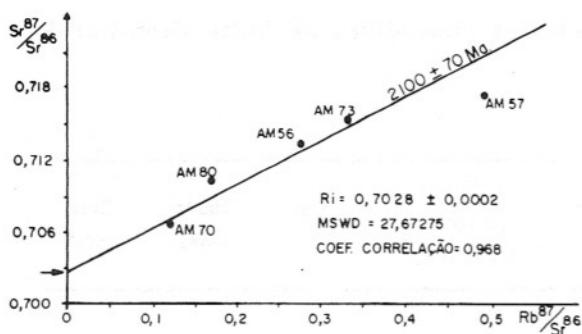


Figura 11 - Diagrama isocrônico Rb/Sr para os gnaisses-granulíticos quartzo-feldspáticos da Microplaca Luis Alves.

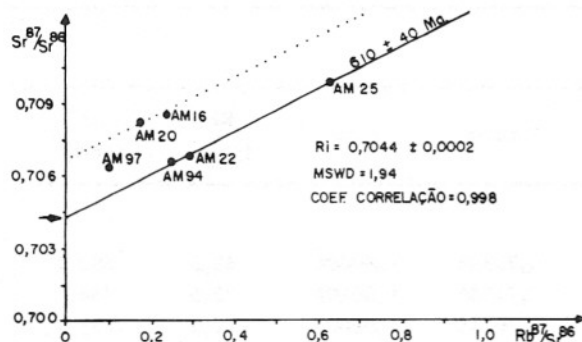


Figura 12 - Diagrama isocrônico Rb/Sr para granitóides da Suíte Granítica Rio Piên.

A zona de sutura entre as Microplacas é caracterizada por uma faixa importante de cisalhamento marcada pela presença de protomilonitos a ultramilonitos, presença constante de veios quartzo-feldspáticos e corpos ultrabásicos a básicos, geralmente metamorfisados em condições de baixo grau, transformados em serpentinitos e xistos magnesianos. Nas fases tardi a pós

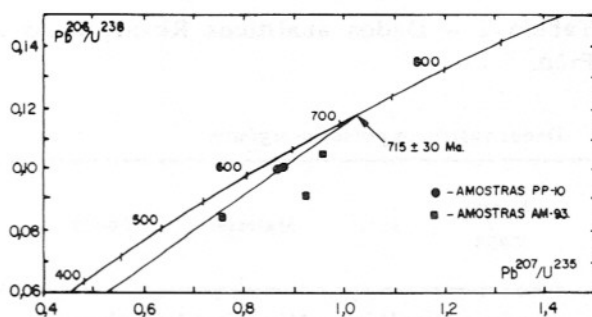


Figura 13 - Diagramas concórdia U-Pb em zircões para amostras referentes a granitóides da Suíte Granítica Rio Piên.

colisionais, é provável que a zona de cisalhamento tenha evoluído para uma transcorrência, como atestam as lineações horizontalizadas observadas.

Com base na interpretação de que o metamorfismo que afetou os granitóides deformados deu-se em torno de 610 Ma e que este estaria associado aos cavalgamentos, conclui-se que a fase colisional deve ter ocorrido próxima a 610 Ma.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é produto da dissertação de mestrado do primeiro autor, a qual foi realizada com o apoio financeiro das seguintes entidades: CAPES, bolsa de estudo no período de 01/08/88 a 28/02/89; CNPq, bolsa de estudo no período de 01/03/89 a 28/02/91; FINEP-FNDCT, auxílio para realização de uma etapa de campo em setembro/89, dentro do convênio FINEP-IG/USP, nº 43.89.0256.00 e FAPESP, auxílio para a realização de duas etapas de campo, uma em julho e outra em setembro de 1990, e pagamento das análises químicas de rochas, relativo ao processo nº 90/0937-9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASEI, M.A.S. (1985) O Cinturão Dom Feliciano em Santa Catarina. Tese de doutorado, IG/USP, São Paulo, 195p.
 BASEI, M.A.S.; SIGA JR., O.; VASCONCELLOS, J.P.B.C. de; SILVA, P.C.S. da (1988) Evolução geotectônica dos terrenos pré-cambrianos a eo-proterozóicos dos Estados do

Paraná e Santa Catarina. Relatório projeto FAPESP, nº 87/0175-9, inédito.
 BASEI, M.A.S.; SIGA JR., O.; REIS NETO, J.M. dos (1990) O Batólito Paranaguá: posição, idade, considerações petrogenéticas e implicações tectônicas. In: Congr. Bras. Geol., 36, Natal, 1990, Anais, 4: 1684-1699.

- BASEI, M.A.S.; SIGA JR., O.; MACHIAVELLI, A.; MANCINI, F. (1992) Evolução tectônica dos terrenos entre os Cinturões Ribeira e Dom Feliciano (PR-SC). *Rev. Bras. Geoc.*, no prelo.
- BROWN, G.C. (1982) Calc-alkaline intrusive rocks: their diversity, evolution and relation to volcanic arcs. In: Thorpe, R.S. (Ed.) *Andesites*, J. Wiley & Sons, 437-461.
- EVENSEN, N.M.; HAMILTON, P.J.; O'NIONS, R.K. (1978) Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **42**: 1199-1212.
- GIRARDI, V.A.V. (1974) Petrologia do complexo básico-ultrabásico de Piên-PR. Tese de Livre Docência, IG/USP, São Paulo, 146p.
- HASUY, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. (1975) The Ribeira folded-belt. *Rev. Bras. Geoc.*, **5**(4): 257-266.
- IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian J. Earth Sciences*, **8**: 523-548.
- LAMEYRE, J. & BOWDEN, P. (1982) Plutonic rocks types series: discrimination of various granitoid series and related rocks. *J. Volcanol. Geoth. Res.*, **14**: 169-186.
- MACHIAVELLI, A. (1991) Os granitóides deformados da região de Piên (PR): um provável arco magmático do proterozóico superior. Dissertação de mestrado, IG/USP, São Paulo, 89p.
- MACHIAVELLI, A.; BASEI, M.A.S.; SIGA JR., O. (1991) Geoquímica e geocronologia dos granitóides deformados da região de Piên (PR): provável arco magmático do proterozóico superior. In: *Congr. Bras. Geoq., Resumos*, São Paulo, **1**: 249-253.
- PEACOCK, M.A. (1931) Classification of igneous rocks series. *J. Geology*, **39**: 54-67.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrology*, **25**: 956-983.
- SIGA JR., O.; BASEI, M.A.S.; MACHIAVELLI, A. (1990a) Evolução geotectônica do Maciço de Joinville - PR e SC. In: *Jornadas Científicas do Instituto de Geociências, USP, Boletim Especial*, São Paulo, 116-118.
- SIGA JR., O.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. (1990b) Perfil térmico K-Ar através do Maciço de Joinville (PR e SC) e do Cinturão Dom Feliciano (SC) - implicações tectônicas. In: *Congr. Bras. Geol.*, **36**, Natal, 1990, *Anais, SBG*, **6**: 2773-2785.
- STRECKEISEN, A. (1976) To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*, **12**: 1-33.