

# CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DOS GRANITÓIDES TRANSAMAZÔNICOS NO BLOCO GAVIÃO, CRATON SÃO FRANCISCO, BAHIA, BRASIL

A.B. Menezes Leal<sup>1</sup>; L.R. Bastos Leal<sup>1</sup>; J.C. Cunha<sup>2</sup>; W. Teixeira<sup>3</sup>

1- [angelab@ufba.br](mailto:angelab@ufba.br); [lrogerio@ufba.br](mailto:lrogerio@ufba.br) – Pós-Graduação em Geologia/ Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Geremoabo, s/n, Federação, CEP: 40210-190, Salvador, Bahia.

2- [zecunha@cbpm.com.br](mailto:zecunha@cbpm.com.br) - Companhia Baiana de Pesquisa Mineral-CBPM, 4ª avenida, 460 - Centro Administrativo da Bahia, CEP. 41750-300, Salvador, Bahia, Brasil.

3- [wteixeir@usp.br](mailto:wteixeir@usp.br) – Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo (CPGeo-USP) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, Caixa Postal 11348, CEP. 5422-970, São Paulo, SP, Brasil.

Recebido em 11/04; aprovado para publicação em 05/05

## ABSTRACT

In the northern sector of the São Francisco Craton, intense granitic plutonism of peraluminous and metaluminous calc-alkaline affinity took place during the Paleoproterozoic. The geochronological data Rb/Sr and <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb obtained for the Rio do Paulo, Caculé, Espírito Santo and Iguatemi granitoids showed crystallization ages around 2.0 Ga. Through the geochemical data two different composition groups were defined i: RP and CA granitoids with mineralogy composed by amphibole and biotite, metaluminous, smaller LIL/HFS ratio, values of SiO<sub>2</sub> smaller than 70%, high concentration of Ba and Sr, moderate negative anomalies of Eu, initial <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr ratio varying between 0,703 and 0,727 and negative values of εNd(t) (-5,8 to -7,9) and ii: ES and IG granitoids with mineralogy composed by biotite and muscovite, peraluminous, high LIL/HFS ratio, values of SiO<sub>2</sub> greater than 73%, low concentration of Ba and Sr, pronounced negative anomalies of Eu, initial <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr ratio until 0,702 and negative values of εNd(t) (-11,1 to -13,4). Tectonically these granitoids were formed during the collision between the Archean Gavião and Jequié blocks during the Transamazonian event.

## RESUMO

A porção norte do Cráton do São Francisco foi alvo de intenso plutonismo peraluminoso e metaluminoso, com afinidade cálcio-alcálica durante o Paleoproterozóico. Os dados geocronológicos Rb/Sr e <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb obtidos para os granitóides de Rio do Paulo (RP), Caculé (CA), Espírito Santo (ES) e Iguatemi (IG), revelam idades de cristalização em torno de 2,0 Ga. Através dos dados geoquímicos foram definidos dois grupos composicionais distintos. i: granitóides RP e CA, com mineralogia a anfibólio e biotita, caráter metaluminoso, menores razões LIL/HFS, valores de SiO<sub>2</sub> menores que 70%, concentrações elevadas de Ba e Sr, moderadas anomalias negativas de Eu, razões iniciais <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr(i) variando entre 0,703 e 0,727 e valores negativos de εNd(t) (-5,8 a -7,9) e, ii: granitóides de ES e IG com mineralogia a biotita e muscovita, caráter peraluminoso, altas razões LIL/HFS, valores de SiO<sub>2</sub> maiores que 73%, concentrações baixas de Ba e Sr, acentuadas anomalias negativas de Eu, razões iniciais <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr(i) até 0,722 e valores de εNd(t) entre -11,1 a -13,4. Tectonicamente, estes granitóides foram formados em regime colisional entre os blocos arqueanos Gavião e Jequié durante o evento Transamazônico.

## INTRODUÇÃO

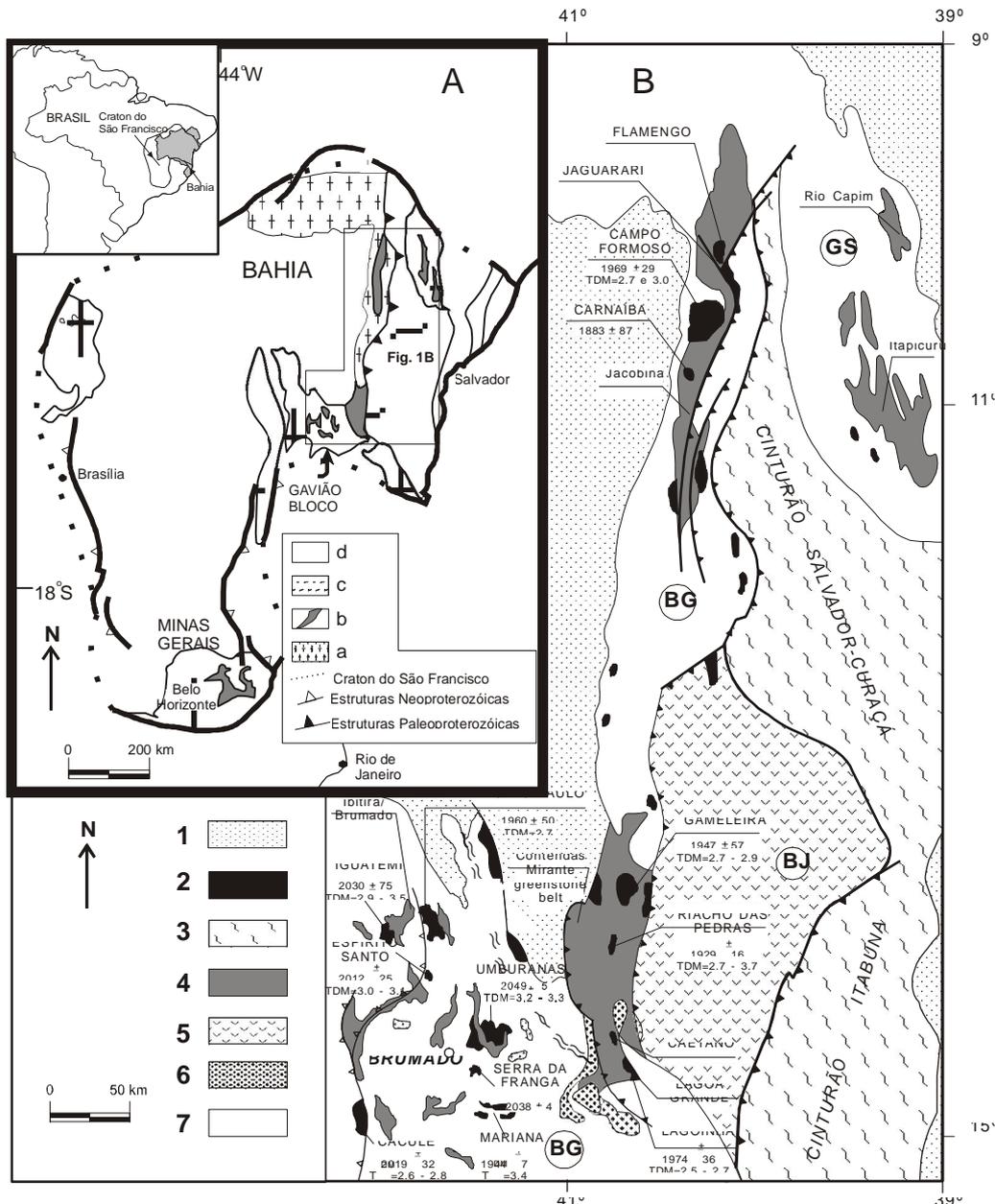
Na porção setentrional do Cráton do São Francisco (CSF) ocorrem granitóides metaluminosos e, principalmente, peraluminosos

sin a tardi-tectônicos, com idades paleoproterozóicas (ex.: Carnaíba, Campo Formoso, Flamengo, Riacho de Pedras, Lagoinha, Lagoa Grande, Caetano e Gameleira (Sabaté *et al.* 1990; Santos-Pinto 1996) (Figuras

1A e B). Este plutonismo está posicionado ao longo do lineamento transamazônico Contendas-Jacobina (LCJ) e apresenta mineralogia, natureza química e isotópica típicas de granitóides formados a partir de reciclagem da crosta continental, sendo que alguns dos plutons apresentam semelhanças geológicas e geoquímicas com os granitos Hercynianos e Himalaianos (Cuney *et al.* 1990; Sabaté *et al.* 1990). O desenvolvimento deste magmatismo está associado à colisão entre os Blocos Gavião

(BG) e Jequié (BJ), ocorrida há cerca de 2,0 Ga atrás, durante o ciclo Transamazônico (Figura 1B).

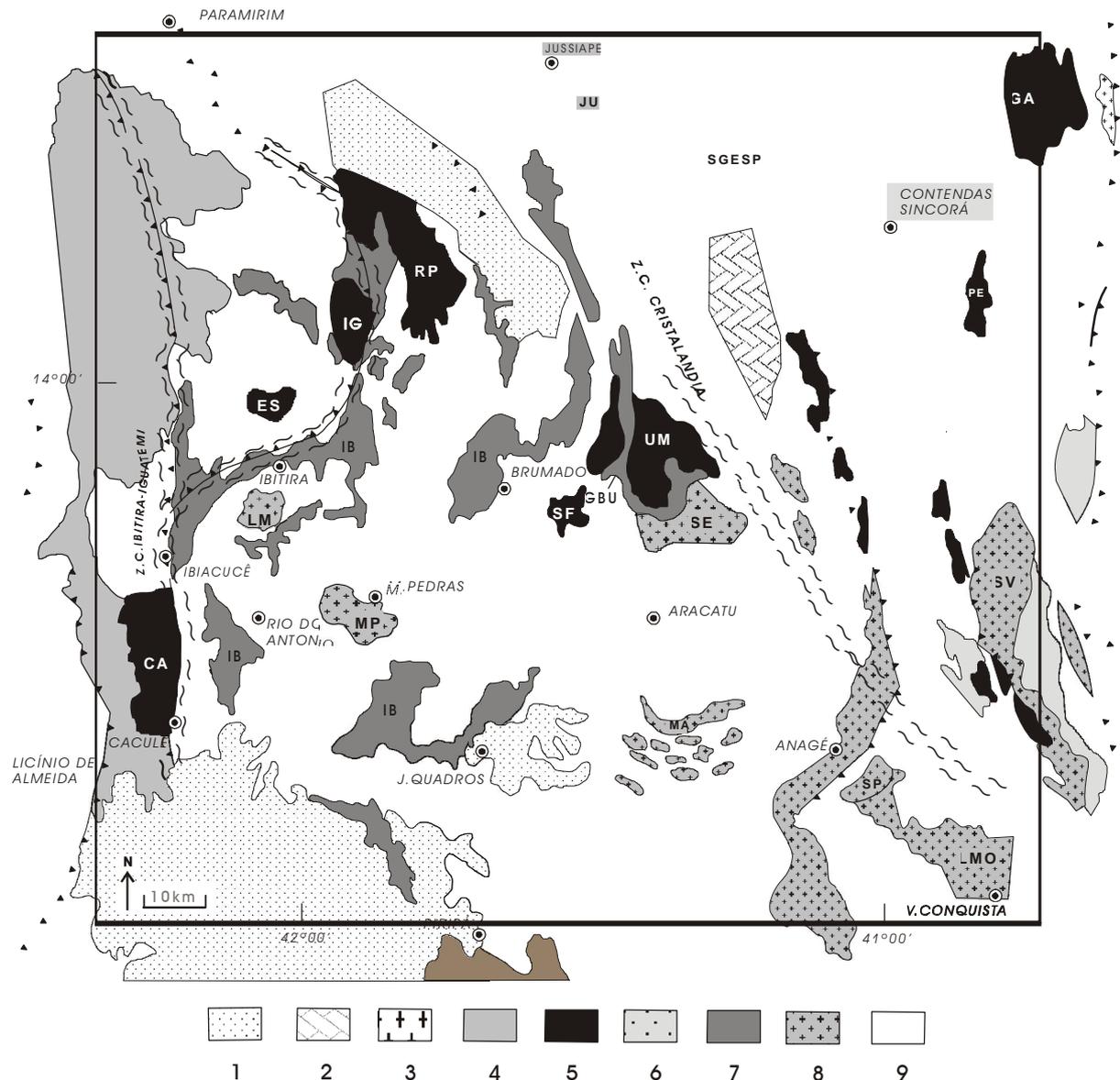
Investigações geoquímicas e isotópicas desenvolvidas nos granitóides BG (Serra da Franga, Mariana, Umburanas, Rio do Paulo, Iguatemi, Caculé e Espírito Santo), revelam, a exemplo dos granitóides dispostos ao longo do LCJ, que os terrenos gnáissico-migmáticos arqueanos do BG tiveram importante



**Figura 1** - Mapa geológico da área estudada no Cráton São Francisco.

A: a - Terrenos graníticos-gnáissicos-migmáticos arqueanos e paleoproterozóicos; b- Greenstone belts arqueanos e paleoproterozóicos; c - Rochas de alto grau metamórfico arqueanas e paleoproterozóicas; d - Coberturas sedimentares pós-paleoproterozóicas (Modificado de Ledru *et al.* 1997).

B: 1 - Terrenos gnáissicos-migmáticos arqueanos da suite TTG; 2 - Granitóides Arqueanos; 3 - Bloco Jequié (gnáisses arqueanos de alto grau metamórfico); 4 - Sequências supracrustais arqueanas e paleoproterozóicas; 5 - Cinturão paleoproterozóico; 6 - Granitóides Paleoproterozóicos; 7- Sedimentos Cenozóicos. BG- Bloco Gavião; BJ- Bloco Jequié; BS- Bloco Serrinha (Modificado de Sabaté *et al.* 1990).



**Figura 2** - Esboço geológico do BG na região de Brumado, destacando os granitóides estudados (Adaptado de Barbosa & Dominguez 1996). 1- Coberturas fanerozóicas. **Neoproterozóico**: 2- Supergrupo São Francisco (Grupo Una). **Mesoproterozóico**: Supergrupo Espinhaço (SGESP), 3- Grupos Paraguaçu e Chapada Diamantina, 4- Complexo ígneo-metamórfico Lagoa Real. **Paleoproterozóico**: 5- Granitóides (granitos, granodioritos e monzogranitos); CA= Caculé, ES= Espírito Santo, IG= Iguatemi, RP= Rio do Paulo, SF= Serra da Franga, UM= Umburanas, GA= Gameleira, RPE= Riacho de Pedras. **Arqueano**: 6- Greenstone belt de Contendas Mirante, 7- Seqüências greenstone belt do Bloco Gavião (GBU= Greenstone belt de Umbuanas, IB= Complexo Ibitira-Brumado), 8- Granitóides (tonalitos, granitos e granodioritos); LM= Lagoa da Macambira, MP= Malhada de Pedras, SE= Serra do Eixo, MA= Mariana, SV= Sete Voltas, SP= Serra dos Pombos, LMO= Lagoa do Morro, JU= Jussiape; 9- Terrenos gnáissicos-migmatíticos da suíte TTG (tonalitos, trondhjemitos e granodioritos) com a presença subordinada de paragneisses. Z.C.= Zonas de cisalhamentos. ▲▲ Falhas de empurrão.

participação na gênese do magma parental da granitogênese paleoproterozóica deste segmento cratônico (e.g. Sabaté *et al.* 1990; Bastos Leal *et al.* 1997; Bastos Leal 1998; Santos Pinto *et al.* 1998).

Neste trabalho será apresentada uma síntese das características geológicas e geoquímicas de quatro intrusões granitóides transamazônicas do BG (Paulo-RP, Caculé-CA,

Iguatemi-IG e Espírito Santo-ES) (Figura 2). A partir destes dados e de comparações com granitóides posicionados ao longo LCJ e de outros presentes no BG, além de informações de geoquímica isotópica, pretende-se contribuir para a caracterização da fonte e ambiente tectônico de formação destes plutons e suas implicações para a evolução do CSF durante o Paleoproterozóico.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

O Bloco Gavião representa a área de maior exposição do embasamento arqueano e paleoproterozóico do CSF e hospeda várias seqüências vulcanossedimentares arqueanas e/ou paleoproterozóicas. (Figura 1B). Dentre as unidades geológicas destacam-se: (i) terrenos graníticos-gnáissicos-migmatíticos, dominados por associações de ortognaisses de suíte TTG e granitos arqueanos com idades U/Pb,  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  em cristais de zircão variando entre  $3403 \pm 5$  Ma e  $3146 \pm 24$  Ma; (ii) seqüências supracrustais arqueanas representadas por associações vulcanossedimentares (*greenstone belts*) com idades Sm/Nd (RT) e  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  em cristais de zircão variando entre 3,0 e 2,1 Ga; (iii) rochas plutônicas granitóides cálcio-alcálicas, com idades  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (zircão) e Rb/Sr (RT) variando entre 1,9 e 2,0 Ga. (Cunha & Fróes, 1994; Cunha *et al.* 1996; Santos-Pinto 1996; Bastos Leal 1998; Bastos Leal *et al.* 2000).

A granitogênese paleoproterozóica no BG é composta por corpos intrusivos nos *greenstone belts* e terrenos gnáissico-migmáticos arqueanos. Estes granitóides apresentam formas diversas e dimensões variadas. As rochas que formam estes corpos exibem colorações variando de cinza a rósea, granulações fina até grossa, texturas porfíricas, composições variando de granodioritos a granitos. Por vezes, os plútons apresentam-se lineados e/ou foliados segundo o “*trend*” das estruturas regionais, fruto da atuação de zonas de cisalhamentos regionais brasileiras, conforme demonstrado pelos dados K-Ar (550-490 Ma) obtidos em biotitas (Bastos Leal 1998).

As intrusões graníticas presentes ao longo do LCJ (ex. Riacho de Pedras, Campo Formoso, Gameleira) apresentam caráter peraluminoso sin a tardi-tectônico e idades Rb-Sr (RT) variando entre 2,0-1,9 Ga (Figura 1B) (Sabaté *et al.* 1990; Cuney *et al.* 1990). As características mineralógicas (granitos a duas micas), químicas e isotópicas destes granitóides são similares àquelas apresentadas por rochas formadas a partir de reciclagem de crosta continental (Cuney *et al.* 1990). O desenvolvimento do magmatismo granítico paleoproterozóico do BG e do LCJ tem sido associado à colisão continental entre os blocos

arqueanos Gavião e Jequié (Sabaté *et al.* 1990; Santos-Pinto *et al.* 1998; Teixeira *et al.* 2000).

## CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DOS MACIÇOS GRANITÓIDES

### *Maciço do Rio do Paulo (RP)*

O maciço do Rio do Paulo está situado a noroeste da cidade de Brumado, alojado nos terrenos TTG do BG e nas rochas vulcanossedimentares do Complexo Ibitira-Brumado (Figuras 1B e 2). Este maciço é constituído por rochas relativamente homogêneas, coloração variando de cinza claro a escuro, granulação grossa, composto essencialmente por biotita-granitos e hornblenda-biotita-granitos, fortemente foliados por uma tectônica de cisalhamento, que define por vezes estruturas em “augen”. Apresentam textura milonítica com porfiroclastos de microclina (10%) e quartzo (20%) imersos em matriz fina de plagioclásio, quartzo e microclina (a matriz representa cerca de 35% do volume total da rocha). A biotita (~20%) e hornblenda (~15%) ocorrem de forma aleatória, enquanto que opacos, zircão, titanita, monazita e apatita constituem a mineralogia acessória. Associados a estas rochas ocorrem e glomérulos máficos, além de enclaves dos terrenos TTG arqueanos (Fróes *et al.* 1994; Bastos Leal 1998).

Dados isotópicos indicam idades Rb-Sr de  $1959 \pm 50$  Ma (2s) e razões iniciais  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,711 \pm 0,002$ , além de idade modelo Sm/Nd TDM = 2,73 Ga e  $\epsilon\text{Nd}(t) = -6,1$  (Bastos Leal *et al.* 2000).

### *Maciço de Caculé (CA)*

O maciço de Caculé (CA) está situado nas proximidades da cidade homônima, alojado nos terrenos TTG do BG nas proximidades da zona de cisalhamento Ibitira-Iguatemi (Figuras 1B e 2). As rochas do maciço de CA possuem composição homogênea, coloração variando de cinza a rósea, estrutura maciça, com discreta orientação dos componentes máficos (anfíbólio e biotita), dispersos num mosaico formado por feldspato e quartzo. Quando atingidas pela deformação, as rochas deste maciço apresentam

forte foliação de cisalhamento, mostrando localmente aspecto milonítico, especialmente nas proximidades das zonas de cisalhamentos brasilianas, que compõe o lineamento Iguatemi-Iguatemi. São comuns a presença de xenólitos angulares de rochas gnáissicas paraderivadas e de granulitos máficos.

As rochas do maciço de CA apresentam, quando preservadas das deformações brasilianas, textura granoblástica, com cristais de microclina (~35%), plagioclásio (~30%) e quartzo (~20%) reunidos em agregados poligonais, estando a biotita (~9%) em palhetas irregulares associadas a cristais de hornblenda (~5%) e allanita (~1%). Minerais opacos, titanita, allanita e massas irregulares de apatita, intimamente associados a biotita e anfibólio, e finos cristais de apatita e zircão, freqüentemente inclusos nos feldspatos, compõem a mineralogia acessória.

Análises isotópicas  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (zircão) revelaram idade de cristalização de  $2019 \pm 32$  Ma (2s). As idades modelo Sm/Nd  $T_{\text{DM}}$  variam entre 2,63 e 2,74 Ga e apresentam  $\epsilon\text{Nd}(t)$  (-6,8 a -7,9) associado a valores das razões isotópicas  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0,704-0,710) (Bastos Leal *et al.* 2000).

### ***Maciço de Espírito Santo (ES)***

O maciço de Espírito Santo (ES) ocorre a noroeste de cidade de Brumado, é intrusivo nos terrenos TTG (Figuras 1B e 2). Este granitóide apresenta aspecto homogêneo, cor róseo, mosqueado em preto devido a presença de pequenos nódulos de biotita dispersos na rocha. Possui granulação fina a média e estrutura levemente foliada, portando enclaves dos terrenos TTG arqueanos. Apresentam textura granoblástica, com palhetas disseminadas de biotita em meio a um mosaico irregular de microclina (~55%), plagioclásio (~20%) e quartzo (~20%). Cristais de biotita (~4%) e muscovita (~1%) aparecem quase sempre associados. Apatita, monazita e zircão representam os principais minerais acessórios deste granitóide.

Análises isotópicas  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  (zircão) forneceram idade de cristalização de  $2012 \pm 25$  Ma (2s). As idades modelo Sm/Nd  $T_{\text{DM}}$  variam

entre 3,05 e 3,09 Ga, enquanto o  $\epsilon\text{Nd}(t)$  varia entre -11,0 e -12,0 (Bastos Leal *et al.* 2000).

### ***Maciço de Iguatemi (IG)***

Este maciço está situado na porção centro-norte da região estudada, sendo intrusivo nas rochas vulcanossedimentares do Complexo Ibitira-Brumado e nos terrenos TTG arqueanos (Figuras 1B e 2). Estes granitóides, representados principalmente por biotita-granitos, apresentam coloração variando de cinza a cinza-róseo, granulação fina a média, composição homogênea e estrutura levemente foliada, com forte foliação nas porções marginais da intrusão, tipicamente relacionada aos estágios de evolução magmática. Presença de enclaves de rochas gnáissicas-migmatíticas são freqüentes.

As rochas apresentam textura porfirítica com megacristais de microclina (~8%) envolvidos por matriz fina formada por plagioclásio (~60%), quartzo (~20%), biotita (~10%) e muscovita (~2%). A mineralogia acessória é representada por titanita, allanita, apatita, monazita e zircão.

Dados isotópicos Rb-Sr forneceram idade de  $2030 \pm 75$  Ma e razão inicial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,704 \pm 0,009$ . As idades modelo Sm/Nd  $T_{\text{DM}}$  variam entre 2,9 e 3,7 Ga enquanto o  $\epsilon\text{Nd}(t)$  varia entre -8,9 e -13,4 (Bastos Leal *et al.* 2000).

## **MÉTODOS ANALÍTICOS**

A preparação das amostras foi realizada no Laboratório de Preparação de Amostras do Departamento de Mineralogia e Geotectônica da Universidade de São Paulo (DMG-USP) e constou das seguintes etapas: britagem em britador de mandíbulas, prensagem e moagem das amostras em moinho de ágata.

As análises geoquímicas realizadas em 16 amostras, foram efetuadas no laboratório canadense "Activation Laboratories - ACTLAB". Oito óxidos de elementos maiores ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) com limites de detecção de 0,01%, e dois elementos menores ( $\text{MnO}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) com limites de detecção de 0,01% foram analisadas por ICP

- “Inductively Coupled Plasma”. Dez elementos traços, com seus respectivos limites de detecção em ppm, Rb, Zr, Cs, Ba e Sr (0,01), Hf e Y (0,1), Ta, Th e U (0,005)) foram analisados por ICP-MS - “Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry”. As composições químicas dos

Elementos Terras Raras (ETR) foram determinadas pelo método de Ativação Neutrônica. Os ETR analisados e seus respectivos limites de detecção, em ppm, são os seguintes: Ce e Nd (1), Tb (0,1), La, Eu e Yb (0,05), Sm e Lu (0,001).

**Tabela 1** - Análises químicas de elementos maiores, menores e terras raras dos maciços granitóides de Rio do Paulo (RP), Caculé (CA), Espírito Santo (ES) e Iguatemi (IG).

Amostra	BR-JC-68A	BR-JC-68E	BR-JC-68I	BR-JC-68M	BR-JC-229	BR-JC-234	BR-JC-237A	BR-JC-237B	BR-01-G	BR-01-L	BR-01-P	BR-01-R	BR-JC-304D	BR-JC-304F	BR-JC-304J	BR-JC-304C
MACIÇO	RIO DO PAULO (RP)				CACULÉ (CA)				ESPÍRITO SANTO (ES)				IGUATEMI (IG)			
<b>ELEMENTOS MAIORES (% em peso)</b>																
SiO <sub>2</sub>	66,15	66,65	66,72	69,39	67,61	67,04	65,22	66,16	73,74	73,21	74,15	74,13	73,93	74,28	73,59	73,65
TiO <sub>2</sub>	0,69	0,71	0,67	0,46	0,75	0,83	1,23	0,98	0,15	0,19	0,16	0,18	0,14	0,09	0,14	0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,13	14,42	14,81	14,87	13,89	14,20	14,15	14,16	14,00	14,05	14,22	14,05	13,88	14,01	13,81	14,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,76	7,11	6,43	4,65	5,70	5,53	6,77	6,52	1,34	1,54	1,43	1,48	1,67	1,18	1,70	2,03
MnO	0,07	0,07	0,08	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
MgO	0,90	0,85	0,84	0,56	0,82	0,86	1,02	0,87	0,17	0,22	0,19	0,20	0,26	0,16	0,26	0,28
CaO	4,03	3,72	3,52	2,67	2,68	2,69	3,24	3,09	1,10	1,17	0,83	1,16	1,07	0,86	1,08	1,08
Na <sub>2</sub> O	2,90	2,80	2,96	3,13	3,09	3,36	3,14	2,91	3,69	3,55	3,48	3,68	3,64	3,77	3,52	3,73
K <sub>2</sub> O	3,18	3,39	4,05	4,33	5,40	5,00	5,09	5,01	5,03	5,23	5,41	5,13	5,22	5,23	5,40	4,97
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,21	0,21	0,21	0,13	0,16	0,16	0,42	0,25	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04
PF	0,63	0,64	0,54	0,45	0,50	0,85	0,50	0,49	0,84	0,90	0,48	0,78	0,89	0,67	0,93	0,89
TOTAL	100,02	99,93	100,29	100,24	100,17	99,73	100,35	100,03	99,29	99,25	99,97	100,09	99,90	99,65	99,58	100,04
mg#	0,21	0,19	0,20	0,19	0,22	0,23	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,21	0,24	0,21	0,23	0,21
<b>ELEMENTOS TRAÇOS (ppm)</b>																
Rb	100	102	135	210	150	126	175	173	340	297	329	309	261	269	242	277
Cs	4,5	9,4	13,1	40,2	1,1	0,5	1,5	0,5	7,4	6,4	6,5	5,0	8,6	4,4	5,6	12,3
Ba	1215	1016	1703	1206	1393	1879	1350	1401	300	377	346	378	346	258	432	370
Sr	216	172	197	145	302	356	317	315	63	72	62	76	82	69	97	86
Ta	1,3	1,4	0,5	1,2	1,4	1,8	3,3	0,5	2,5	1,3	3,8	3,3	0,5	3,9	2,5	1,3
Hf	10,80	13,50	10,40	9,00	17,80	16,80	21,20	18,90	3,60	4,10	2,50	4,00	4,3	3,2	5,2	5,6
Zr	660	659	510	369	866	945	992	954	118	160	120	142	148	106	153	174
Y	49	67	51	26	117	89	92	111	35	22	119	32	84	93	55	88
Th	10,4	14,9	14,7	25,5	44,5	28,4	28,2	42,3	28,9	30,7	32,4	35,2	35,8	32,3	42,3	41,1
U	1,1	2,0	1,6	3,0	1,6	1,0	2,2	2,5	3,0	5,1	4,3	5,3	5,8	6,3	6,2	6,3
<b>ELEMENTOS TERRAS RARAS (ppm)</b>																
La	76	97	95	132	352	292	304	396	46	52	282	51	59	80	74	73
Ce	146	187	181	226	623	526	510	636	88	96	173	98	115	109	147	144
Nd	67	85	75	72	227	197	202	222	29	32	119	34	42	48	55	58
Sm	11,8	15,9	12,7	10,4	33,7	28	30	33,1	5,68	5,33	21,40	5,86	9,05	10,80	10,20	10,90
Eu	2,98	2,88	3,04	2,48	3,04	3,00	3,52	3,34	0,61	0,69	1,67	0,76	0,83	0,84	0,97	0,92
Tb	1,60	2,20	1,60	1,30	4,30	3,20	3,10	3,50	1,20	1,00	4,10	1,00	1,9	2,2	1,8	2,1
Yb	3,70	5,06	4,04	2,25	8,18	6,12	6,54	5,73	3,17	1,46	6,73	2,54	6,93	7,45	4,30	7,27
Lu	0,54	0,68	0,55	0,29	1,07	0,78	0,95	0,82	0,46	0,18	0,82	0,36	0,98	1,08	0,66	1,03
Eu/Eu*	0,64	0,46	0,62	0,62	0,23	0,45	0,33	0,28	0,23	0,29	0,17	0,30	0,19	0,17	0,22	0,19

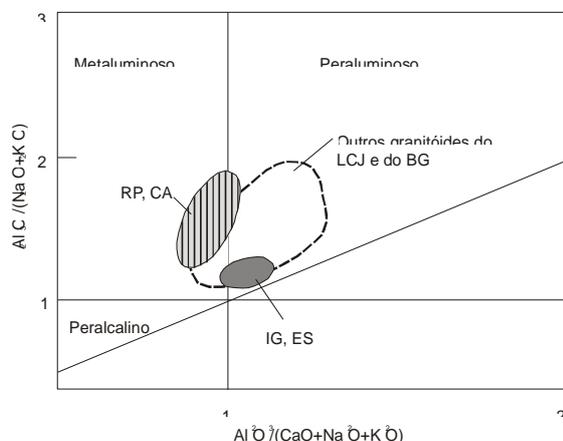
## CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS DOS GRANITÓIDES

A tabela 1 apresenta os dados químicos de elementos maiores, menores, traços e terras raras dos granitóides de RP, CA, ES e IG.

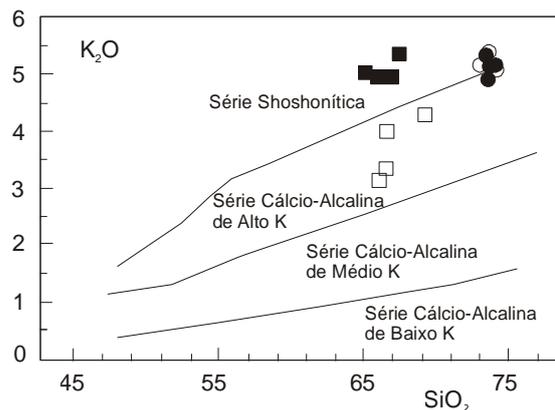
A composição destas rochas no diagrama QAP mesonormativo mostra um espectro composicional restrito, concentrando-se nos campos dos monzo-granitos (RP, CA, ES e IG), com duas amostras do maciço do RP posicionadas no campo dos granodioritos (Bastos Leal 1998).

As características geoquímicas dos granitóides estudados variam de granodioritos tipo-I (RP e CA) a granitos tipo-S (ES e IG) e definem dois grupos composicionais distintos no diagrama AFM, sendo que os granitóides de ES e IG possuem tendências mais enriquecidas em álcalis (Bastos Leal 1998). As rochas dos maciços de RP e CA apresentam características metaluminosas com leve tendência peraluminosa no caso de RP, enquanto aquelas de IG e ES são predominantemente peraluminosas (Figura 3). Observa-se igualmente que os granitóides de RP, CA, IG e ES apresentam variação composicional similar ao conjunto dos granitóides transamazônicos do LCJ e outros granitóides do BG (Figura 3).

No diagrama  $K_2O$  vs.  $SiO_2$  (Le Maitre 1989) (Figura 4), as amostras do granitóide RP posicionaram-se no campo da série cálcio-



**Figura 3** - Distribuição dos granitóides do Bloco Gavião e do Lineamento Contendas-Jacobina no diagrama  $Al_2O_3/(Na_2O + K_2O)$  vs.  $Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$ , em proporções moleculares.



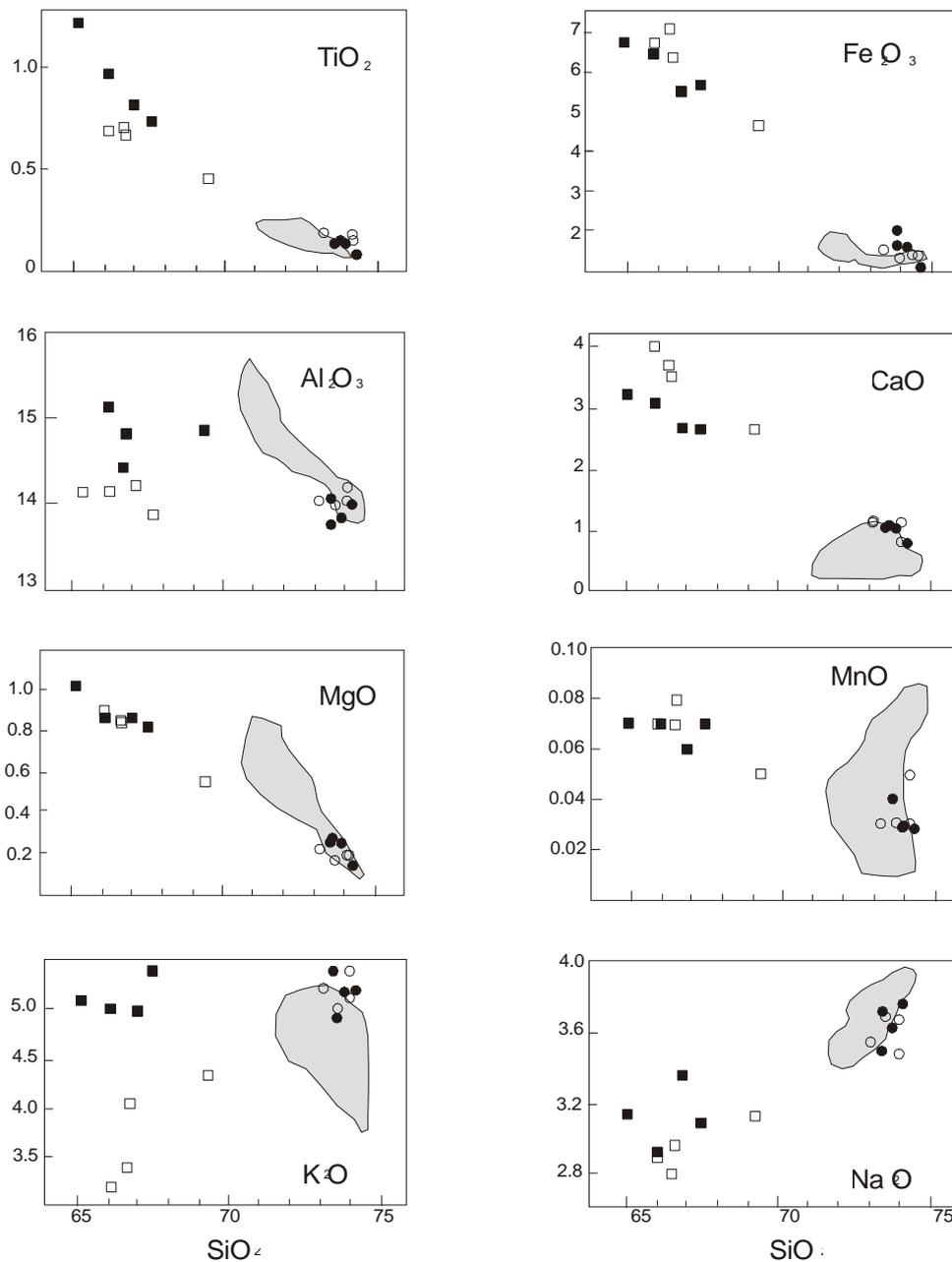
**Figura 4** - Diagrama  $K_2O$  vs.  $SiO_2$  (% em peso) de Le Maitre (1989) com os limites composicionais de Peccerillo & Taylor (1976) para os granitóides estudados. Maciço do Rio do Paulo (quadrados vazados), Caculé (quadrados preenchidos), Espírito Santo (círculos vazados) e Iguatemi (círculos preenchidos).

alcalina de alto K, enquanto as amostras dos monzo-granitos de ES e IG estão situadas no limite entre o campo das rochas cálcio-alcalinas de alto potássio e shoshoníticas, ao passo as amostras do monzo-granito de CA apresentam-se no campo das suítes de rochas shoshoníticas.

O caráter shoshonítico das rochas do maciço de CA reflete suas concentrações mais elevadas de potássio ( $5,0\% < K_2O < 5,4\%$ ) em comparação àquelas de RP ( $3,18\% < K_2O < 4,33\%$ ). Associa-se aos altos valores de  $K_2O$  das rochas de CA, os altos valores de titânio ( $0,75\% < TiO_2 < 1,23\%$ ), moderados conteúdos de fósforo ( $0,16\% < P_2O_5 < 0,42\%$ ), alta razão  $K_2O/Na_2O$  (1,50 a 1,75), baixo enriquecimento em ferro ( $0,20 < mg\# < 0,23$ ), enriquecimento em Rb (126 a 175 ppm), Sr (302 a 356 ppm), Ba (1350 a 1879 ppm) e terras raras leves, características estas que têm sido apontadas para rochas da série shoshonítica (Morrison 1980; Nardi 1986; Rosa et al. 1996). Tais características têm sido observadas para o magmatismo potássico-ultrapotássico do Bloco Guanambi-Correntina, situado a oeste do BG, o qual tem sua gênese associada à fusão de manto litosférico por subducção (Rosa et al. 1996).

As diferenças químicas existentes entre os dois grupos de granitóides (RP e CA) e (ES e IG) podem ser melhor visualizadas nos diagrama  $SiO_2$  vs. elementos maiores e traços (Figuras 5 e 6).

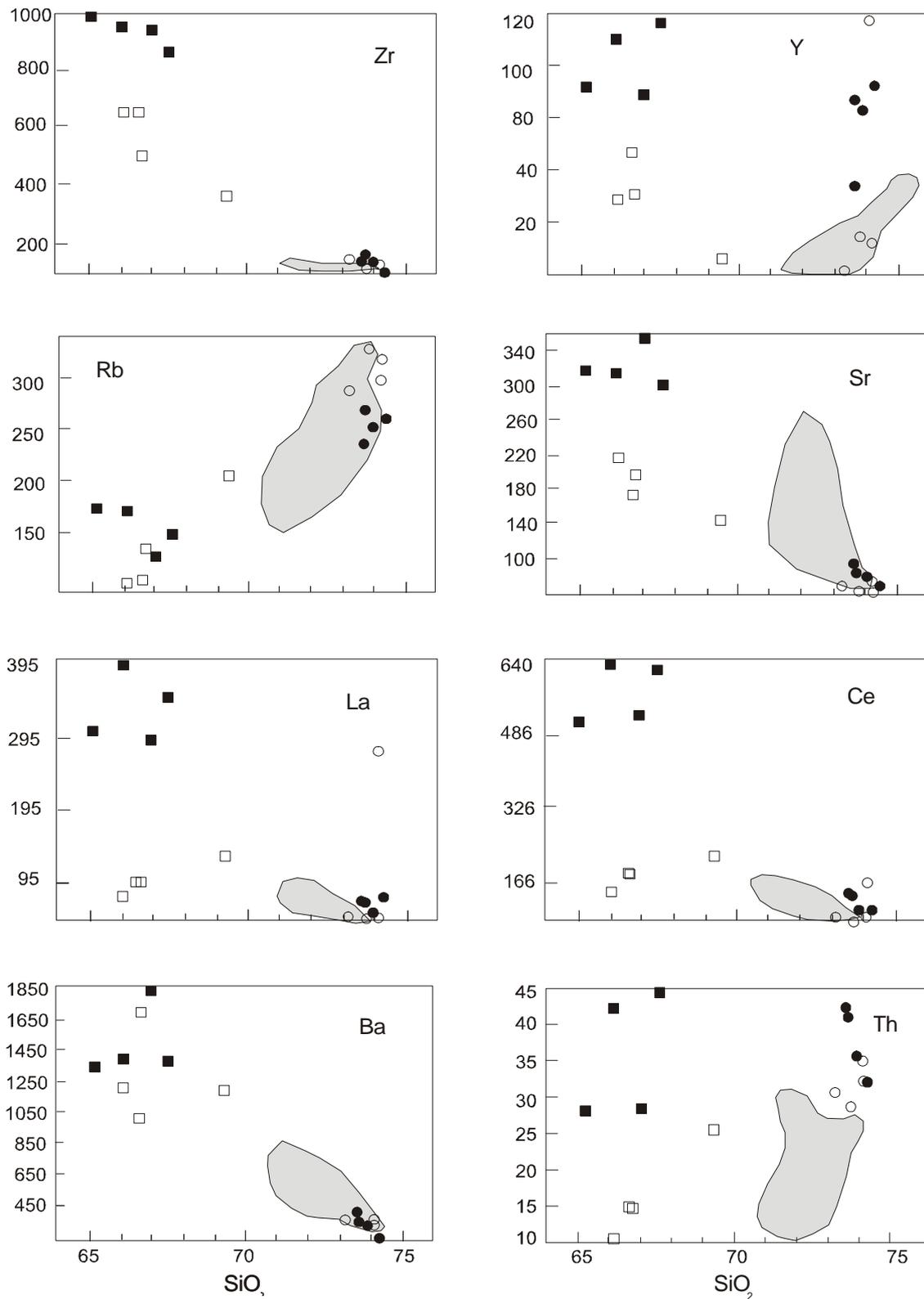
Em termos de elementos maiores, os maciços de RP e CA possuem menores conteúdos



**Figura 5** - Diagrama  $\text{SiO}_2$  (% em peso) vs. elementos maiores (% em peso) para os granitóides estudados. Símbolos como na figura 4. Campo destacado representa os granitóides do LCJ e do BG.

de sílica, potássio (RP) e maiores valores de magnésio, ferro, titânio, cálcio e manganês quando comparados com os maciços de IG e ES, conforme evidenciado nos diagramas de variação (Tabela 1 e Figura 5). As tendências de diferenciação magmática destes granitóides são observadas através das variações da maioria dos óxidos maiores e menores com o aumento de  $\text{SiO}_2$ , onde são visíveis as diferenças entre as duas séries magmáticas (Figura 5). Neste particular, nota-se a similaridade composicional dos granitóides de ES e IG com aqueles do LCJ e do BG.

Com respeito ao comportamento dos elementos traços, os maciços de RP e CA apresentam maiores valores de Sr, Ba, Ce, La e Zr e menores valores de Rb, Y e Th quando comparados aos maciços de IG e ES, conforme apresentado na figura 6. Estas diferenças sugerem que as rochas destes granitóides foram formadas a partir de fontes distintas. É notável também nos diagramas, que há diferenças significativas entre os granitóides de RP e CA, onde o segundo apresenta maiores valores de Sr, La, Ce, Zr, Th e Y, além de  $\text{K}_2\text{O}$  em comparação com o primeiro. Os altos valores destes



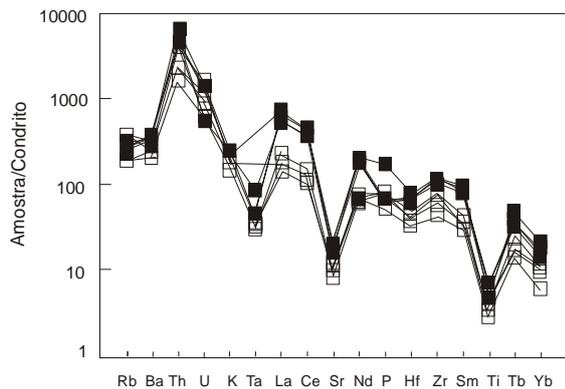
**Figura 6** - Diagrama de  $\text{SiO}_2$  (% em peso) vs. elementos traços (ppm) os granitóides estudados. Símbolos como na figura 4. Campo destacado representa os granitóides do LCJ e do BG.

elementos do maciço de CA se assemelham àqueles obtidos para o magmatismo transamazônico potássico-ultrapotássico do Bloco Guanambi-Correntina, particularmente com as rochas do maciço Cara Suja (Rosa *et al.* 1996).

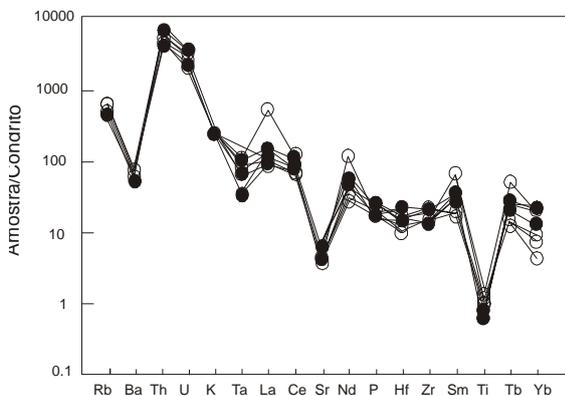
No caso dos monzo-granitos de ES e IG, suas composições totais, em termos de elementos maiores, revelam conteúdos semelhantes de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , Cão,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$  aos de outros granitóides transamazônicos do BG (ex:

Serra da Franga, Lagoa Grande e Lagoinha), enquanto que os valores de Rb, Sr, Zr, Ba, La e Ce de ES e IG são similares aos destes plúton.

Os diagramas multielementares aplicados para as amostras dos granitóides estudados, normalizadas para o manto primordial, apresentam padrões ligeiramente similares entre si, apesar dos granitóides de CA e RP apresentarem valores mais elevados de Ba, Sr, Hf, Zr e menores valores de Rb e U quando comparados com ES e IG (Figuras 7 e 8).



**Figura 7** - Padrão composicional dos elementos traços para os granitóides de RP e CA. Valores normalizados para o manto primordial segundo Taylor & McLennan (1985). Símbolos como na figura 4.



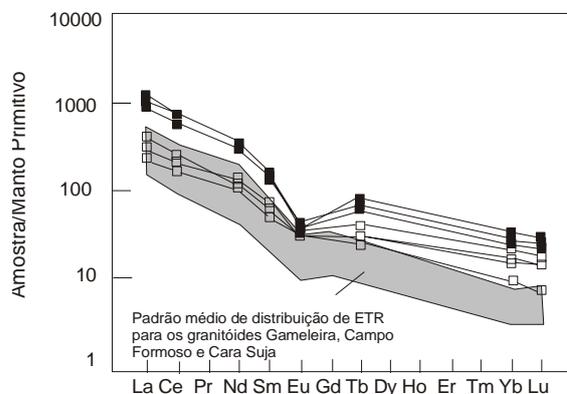
**Figura 8** - Padrão composicional dos elementos traços para os granitóides de ES e IG. Valores normalizados para o manto primordial segundo Taylor & McLennan (1985). Símbolos como na figura 4.

Os maciços do RP e CA apresentam padrão fracionado entre os elementos mais e menos incompatíveis e pronunciadas depressões em Sr, Ta e Ti sugestivas da participação de feldspatos, titanita e ilmenita como fases minerais importantes durante o fracionamento magmático (Figura 7). Soma-se a estas feições, o enriquecimento dos elementos litófilos de

grande raio e de baixa atividade iônica (LILE, ex: K, Rb, Ba e  $ETR_L$ ) comparados aos de alta atividade iônica (HFS, ex: Ti, Zr, Ce e Y) para estes granitóides. Estas feições são típicas de granitos cálcio-alcálicos do tipo-I, formados em ambientes colisionais (Brown *et al.* 1984; Pearce *et al.* 1984; Thompson *et al.* 1984; Harris *et al.* 1986).

Os maciços de ES e IG exibem forte fracionamento entre os elementos mais e menos incompatíveis e expressivas anomalias negativas de Ba, Sr e Ti, sugestivas da participação de feldspatos e ilmenita no fracionamento magmático (Figura 8). Estas características são semelhantes aos padrões observados para granitóides tipo-S formados em ambientes sin-colisionais descritos na literatura (Thompson *et al.* 1984; Pearce *et al.* 1984; Harris *et al.* 1986; Brown & D'Lemos 1991).

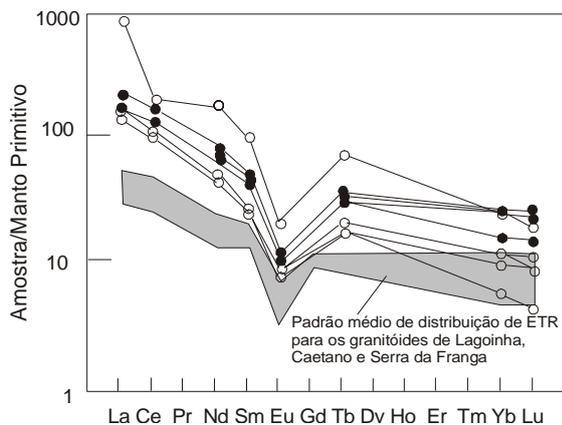
Os granitóides do RP e CA apresentam padrão de distribuição de ETR moderadamente fracionado (RP:  $La_n/Yb_n=10-28$ ) e pouco fracionado para o de CA ( $La_n/Yb_n=6-11$ ), apresentando padrões ligeiramente subparalelos e mais enriquecidos em  $ETR_L$  em relação aos  $ETR_p$ . Estes maciços mostram também anomalias negativas de Eu [RP ( $Eu/Eu^*=0.58$ ) e CA ( $Eu/Eu^*=0.32$ )] (Figura 9). Seus padrões de distribuição de elementos terras raras, embora com valores mais elevados, guardam certa paralelismo com os padrões apresentados para os granitóides alcalinos do fácies Cara Suja presente no Bloco Guanambi-Correntina e



**Figura 9** - Padrão de distribuição dos ETR, normalizados para os condritos para os granitóides de RP e CA. Símbolos como na figura 4. Campo sombreado representa o padrão de ETR dos granitóides Cara Suja, Campo Formoso, Gameleira, normalizados para os condritos. Dados compilados de Cuney *et al.* 1990 e Rosa *et al.* 1996.

aqueles de Campo Formoso e Gameleira situados ao longo do lineamento transamazônico Contendas-Jacobina, a leste do BG (Cuney *et al.* 1990; Rosa *et al.* 1996) (Figura 9).

Por outro lado, os padrões de ETR para os maciços do ES e IG, normalizados para o condrito (Figura 10), mostram semelhanças entre si, exibindo enriquecimento de  $ETR_L$  em relação aos  $ETR_P$ . Apresentam-se moderadamente fracionados [ES ( $La_n/Yb_n=3-47$ ) e IG ( $La_n/Yb_n=13-40$ )] e exibem acentuadas anomalias negativas de Eu [ES ( $Eu/Eu^*=0.25$ ), IG ( $Eu/Eu^*=0.19$ )]. Os padrões de distribuição dos ETR são semelhantes àqueles apresentados para os plutons de Lagoinha, Caetano e Serra da Franga, situados também no BG (Figura 10). Destaca-se que a gênese dos corpos de Lagoinha e Serra da Franga está vinculada à fusão parcial de rochas TTG do BG, durante o evento colisional transamazônico entre os Blocos do Gavião e Jequié (Santos Pinto *et al.* 1998; Teixeira *et al.* 2000).



**Figura 10** - Padrão de distribuição dos ETR, normalizados para os granitóides de ES e IG. Símbolos como na figura 4. Campo sombreado representa o padrão de ETR dos granitóides de Lagoinha, Caetano e Serra da Franga. Dados compilados de Cuney *et al.* (1990) e Santos-Pinto (1996).

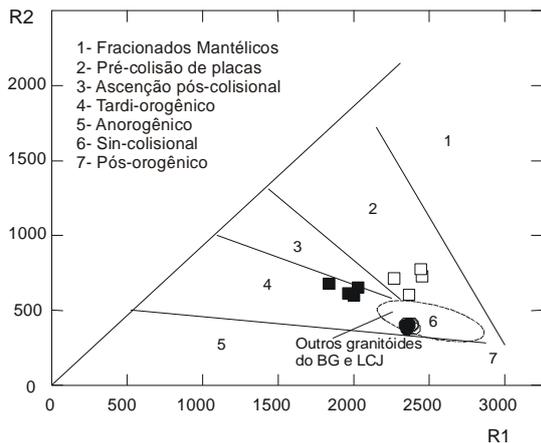
### NATUREZA DA FONTE E AMBIENTE TECTÔNICO

As rochas granitóides dos maciços RP e CA apresentam, respectivamente, razões Rb/Sr (0,8 e 0,5), Rb/Zr (0,28 e 0,16), Rb/Hf (13,2 e 8,3), K/Rb (228,7 e 277,5) Ta/Hf (0,11 e 0,12) e Ta/Zr (0,003 e 0,002). Já os granitóides de ES e IG mostram respectivamente, razões Rb/Sr (4,7 e 3,2), Rb/Zr (2,4 e 1,9), Rb/Hf (94,0 e 60,2), K/Rb (135 e 165), Ta/Hf (0,84 e 0,64) e Ta/Zr (0,03

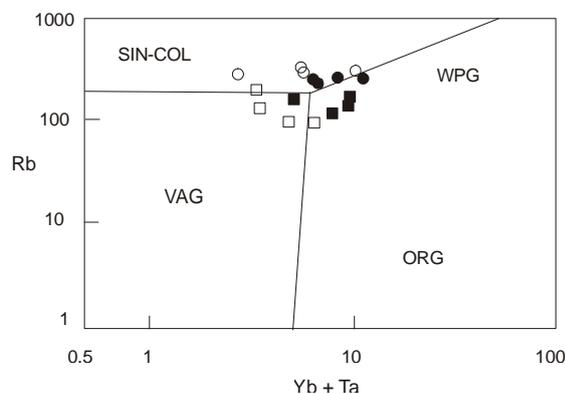
e 0,02). Quando compara-se estas razões com aquelas obtidas para granitóides de diversos ambientes tectônicos (Pearce *et al.* 1984; Harris *et al.* 1986), observa-se que aqueles de RP e CA se assemelham com rochas graníticas formadas a partir da fusão parcial da placa litosférica em subducção em ambientes pré-colisionais. Por outro lado, os granitóides de ES e IG são quimicamente semelhantes às rochas formadas a partir da fusão parcial de materiais da crosta continental em regime tectônico sin-colisional.

No diagrama  $R_1$  vs.  $R_2$  (Batchelor & Bowden, 1985) (Figura 11) as amostras do RP ocupam o campo dos granitóides pré-colisionais com leve tendência ao campo sin-colisional e CA tardi a pós-colisionais. Já os maciços de IG e ES definem uma seqüência típica de granitos com características de ambientes sin-colisionais. Comportamento similar é observado para os maciços de IG e ES no diagrama de discriminação tectônica baseado no conteúdo de Rb vs. (Yb+Ta) (Figura 12) confirmando a ambiência sin-colisional. Por outro lado, as amostras dos maciços de RP e CA estão distribuídas nos campos dos granitos de arco vulcânico (pré-colisional) e intraplaca, respectivamente, denotando a dificuldade da discriminação do ambiente tectônico destes maciços através dos diagramas geoquímicos clássicos. Este comportamento complexo, é frequentemente atribuído às suítes graníticas formadas a partir de fontes mantélicas com assimilação crustal ou da fusão parcial de rochas máficas e/ou de rochas da crosta inferior em zonas de colisão continental (Pearce *et al.* 1984; Harris *et al.* 1986).

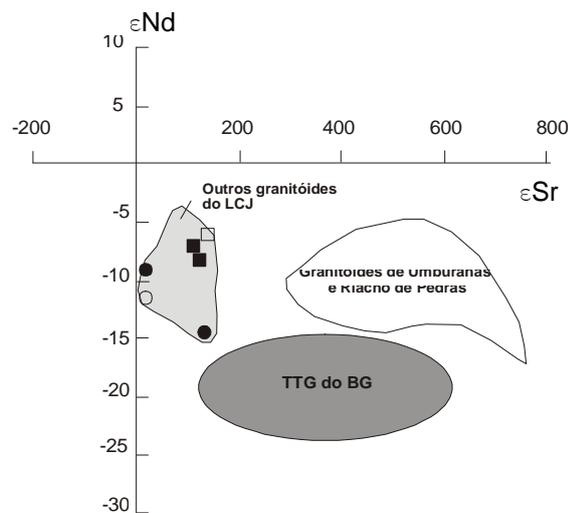
Em adição, o padrão isotópico  $\epsilon Nd(t)$  vs.  $\epsilon Sr(t)$  para as rochas estudadas e os demais granitóides do BG e do LCJ revelam a existência de dois grupos composicionais (Figura 13). O primeiro representado pelos granitóides de Lagoinha-Lagoa Grande, Gameleira, Campo Formoso, RP, CA, ES e IG com  $\epsilon Nd(t)$  entre -4,9 e -14,9 e  $\epsilon Sr(t)$  entre +0,3 e +180, enquanto no segundo grupo representado pelos granitóides de Umburanas e Riacho de Pedras apontam para o envolvimento de uma fonte crustal mais radiogênica com valores de  $\epsilon Nd(t)$  entre -5,7 e -18,9 e  $\epsilon Sr(t)$  entre +150 e +780 (Figura 13). As variações nos valores isotópicos dos granitóides do primeiro grupo podem ser atribuída a



**Figura 11** - Diagrama  $R_1$   $[4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)]$  vs.  $R_2$   $(6Ca+2Mg+Al)$ , em proporção molecular, de De La Roche et al. (1980) com campos de discriminação tectônica de Batchelor & Bowden (1985) para as rochas dos granitóides estudados. Símbolos como na figura 2.



**Figura 12** - Diagrama Rb (ppm) vs. (Yb+Ta) de Pearce et al. (1984) para as rochas dos granitóides estudados. Símbolos como na figura 2. VAG-Arcos vulcânicos, ORG-Dorsais Oceânicas, WPG-Intraplacas, SYN-COL- Sin-colisionais.



**Figura 13** - Diagrama isotópico  $\epsilon Nd(t)$  vs.  $\epsilon Sr(t)$  para os granitóides transamazônicos do Bloco Gavião e demais intrusões associadas ao LCJ (dados modelados para  $t=2,0$  Ga).

heteroneidades da fonte crustal do magma destes granitóides e/ou envolvimento de componentes mantélicos e crustais na gênese destas rochas.

## CONCLUSÕES

As características geológicas e geoquímicas apresentadas para os granitóides paleoproterozóicos de RP, CA, ES e IG indicam que estes maciços podem ser divididos em dois grupos distintos.

O primeiro grupo, formado pelos granitóides de RP e CA, com mineralogia a anfibólio e biotita, caráter metaluminoso, menores razões LIL/HFS, valores de  $SiO_2$  menores que 70%, maiores concentrações de Ba, Sr e Zr, moderadas anomalias negativas de Eu, razões iniciais  $^{87}Sr/^{86}Sr(i)$  variando entre 0.703 e 0.727, valores negativos de  $\epsilon Nd(t)$  (-5,8 a -7,9) e idades modelo Sm/Nd ( $T_{DM} = 2,6-2,7$  Ga), foram formados a partir da fusão parcial da litosfera em subducção, com envolvimento de materiais continentais arqueanos do BG. A indicação de contribuições mantélicas para estes granitóides, revela a ocorrência de processos de geração de crosta continental durante o Paleoproterozóico no BG.

Os granitóides de ES e IG com mineralogia constituída a duas micas (biotita + muscovita), caráter peraluminoso, altas razões LIL/HFS, valores de  $SiO_2$  maiores que 73%, concentrações mais baixas de Ba e Sr, acentuadas anomalias negativas de Eu, altas razões iniciais  $^{87}Sr/^{86}Sr(i)$  (até 0,722), idades modelo Sm/Nd ( $T_{DM} = 3,0-3,4$  Ga) e menores valores de  $\epsilon Nd(t)$  (-11,1 a -13,4), foram formados a partir da fusão da crosta arqueana do BG. Esta granitogênese foi acompanhada pela formação de migmatitos potássicos, fruto da fusão parcial dos terrenos TTG arqueanos, tipicamente relacionados aos processos tectonometamórficos do ciclo Transamazônicos nesta região do Cráton do São Francisco.

A partir das características geoquímicas sugere-se que o magma parental destes granitóides estão relacionados a diferentes fontes e graus de interação entre materiais crustais e mantélicos originados a partir da colisão transamazônica entre os segmentos crustais do

BG e BJ a cerca de 2,0 Ga atrás.

### AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo nº 94/

0999-5) pelo apoio financeiro, a Companhia Baiana de Pesquisa Mineral – CBPM pelo suporte logístico e do CNPq (Processo 300150/2000-8). Aos revisores da RBG pelas sugestões ao manuscrito.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS LEAL, L.R. (1998) Geocronologia U/Pb (Shrimp),  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , Rb/Sr, Sm/Nd e K/Ar dos terrenos granito-greenstone do Bloco Gavião: Implicações para a evolução arqueana e paleoproterozóica do Cráton do São Francisco, Brasil. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 176p.
- BASTOS LEAL, L.R.; TEIXEIRA, W.; CUNHA, J.C.; MENEZES LEAL, A.B.; MACAMBIRA, M.J.B.; ROSA, M.L.S. (2000) Isotopic signature of paleoproterozoic granitoids of the Gavião Block and implications for the evolution of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.* **30**(1):066-069.
- BASTOS LEAL, L.R.; TEIXEIRA, W.; CUNHA, J.C. & MACAMBIRA, M.J.B. (1998) Archean tonalitic-trondhjemitic and granitic plutonism in the Gavião block, São Francisco craton, Bahia, Brazil: geochemical and geochronological characteristics. *Rev. Bras. Geoc.* **28**(2):209-220.
- BASTOS LEAL, L.R.; TEIXEIRA, W.; CUNHA, J.C. & MACAMBIRA, M.J.B. (1997) Crustal evolution of Gavião block of the São Francisco craton: A geochronological study with U-Pb, Pb-Pb, Sm-Nd, Rb-Sr and K-Ar. *In*: South-American Symposium On Isotope Geology. Extend. Abst., Campos do Jordão, Brasil, p.161-162.
- BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. (1985) Petrogenetic interpretation of granitoid series using multicationic parameter. *Chem. Geol.* **48**:43-55.
- BROWN, G.C. & D'LEMOIS, 1991. The Cadonian granites of Macellia, northeast Armorican Massif of France: relationship to the St. Malo migmatite belt, petrogenesis and tectonic setting. *Prec. Res.*, 51: 393-427.
- BROWN, G.C.; THORPE, R.S.; WEBB, P.C. (1984) The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments on magma sources. *Journal Geol. Soc. Lond.* **141**: 413-426.
- CUNEY, M.; SABATÉ, P.; VIDAL, P.; MARINHO, M.M.; CONCEICÃO, H. (1990) The 2 Ga peraluminous magmatism of the Jacobina-Contendas Mirante belt (Bahia, Brazil): major and trace element geochemistry and metalogenetic potential. *J. Vulcan. Geoth. Res.* **44**:123-141.
- CUNHA, J.C. & FRÓES, R.J.B. (1994) Komatiitos com textura spinifex do greenstone belt de Umburanas, Bahia. *Série Arquivos Abertos*. Companhia Baiana de Pesquisa Mineral-CBPM, Salvador, 29p.
- CUNHA, J.C., BASTOS LEAL, L.R., FRÓES, R.J.B., TEIXEIRA, W., MACAMBIRA, M.J.B. (1996) Idade dos greenstone belts e dos terrenos TTG's associados da região de Brumado centro-oeste do Craton do São Francisco (Bahia - Brasil). *In*: Congr. Bras. Geol., 39, Salvador-Ba, SBG, Anais.1:67-70.
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rock using R1-R2 diagram and major element analyses: its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, 29(3/4): 183-210.
- FRÓES, R.J.B., LOPES, G.A.C.; CUNHA, J.C. (1994) Tipologia dos granitóides associados ao greenstone belt de Umburanas e aos terrenos vulcanossedimentares de Ibitira/Brumado - Bahia. *In*: Congr. Bras. Geol. 38, Balneário Camboriú-SC, SBG, Anais. **3**:185- 187.
- HARRIS, N.B.W.; PEARCE, J.A.; TINDLE, A.G. (1986) Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. *Geol. Soc. Spec.* **9**: 67-81.
- LEDRU, P.; MILESI, J.P.; JOHAN, V.; SABATÉ, P.; MALUSKI, H. (1997) Foreland basin and gold-bearing conglomerates, a new model for the Jacobina basin (São Francisco province, Brazil). *Precambrian Research*, 86:155-176.
- LE MAITRE, R.W. (1989) A classification of igneous rocks and glossary of terms. Oxford, 193p.

- MORRISON, G.W. (1980) Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. *Lithos*, **13**(1): 98-108.
- NARDI, L.V.S. (1986) As rochas granitóides da série shoshonítica. *Revista Brasileira de Geociências*, **16**(1): 3-10.
- 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.
- PECCERILLO, A. & TAYLOR, S.R. (1976) Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamoru area, Northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.* **58**:68-81.
- ROSA, M.L.S.; CONCEIÇÃO, H.; PAIM, M.M.; SANTOS, E.B.; ALVES DA SILVA, F.C.; LEAHY, G.S.; BASTOS LEAL, L.R. (1996) Magmatismo potássico/ultrapotássico pós a tardi orogênico associado a subducção no oeste da Bahia: Batólito monzo-sienítico de Guanambi-Urandi e os sienitos de Correntina. *Geoch. Brasil.* **10**(1): 027-042.
- SABATÉ, P.; MARINHO, M.M.; VIDAL, P.; VACHETTE, M. (1990) The 2-Ga peraluminous magmatism of the Jacobina-Contendas Mirante belts (Bahia, Brazil): geologic and isotopic constraints on the sources. *Chem. Geol.* **83**:325-338.
- SANTOS-PINTO, M. (1996) Le recyclage de la croûte continentale archéenne: Exemple du bloc du Gavião – Bahia, Brasil, 193p. Doctor of Philosophy Thesis, Geociências Rennes, França).
- SANTOS-PINTO, M. A. ; PEUCAT, J.; MARTIN, H.; SABATÉ, P. (1998) Recycling of the Archaean continental crust: the case study of the Gavião, state of Bahia, NE Brazil. *J. South Amer. Earth Sci.* **11**: 487-498.
- TAYLOR, S.R. & McLENNAN, S.M. (1985) The continental crust: its composition and evolution. Blackwell Scientific, Oxford, 312 p.
- TEIXEIRA, W.; SABATÉ, P.; BARBOSA, J.S.F.; NOCE, C.M.; CARNEIRO, M. A. (2000) Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton, Brasil. *In*: U.G. Cordani; E.J. Milani; A. Thomaz Filho; D.A. Campos (Eds). Evolution of South America. International Geological Congress 31° Rio de Janeiro, Special Publication, p.101-138.
- THOMPSON, R.N.; MORISSON, M.A.; HENDRY, G.L.; PARRY, S.J. (1984) An assessment of the relative roles of crustal and mantle in magma genesis: an elemental approach. *Phil Trans. Royal Soc. London*, A310: 549-590.