

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DA INDÚSTRIA,
COMÉRCIO E MINERAÇÃO



**PROGRAMA
LEVANTAMENTOS
GEOLÓGICOS BÁSICOS
DO BRASIL**

LITOGEOQUÍMICA

**PROJETO
EXTREMO SUL DA BAHIA**

Estado da Bahia

Salvador
2002



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
CPRM- *Serviço Geológico do Brasil*

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA
SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO
CBPM- *Companhia Baiana de Pesquisa Mineral*

PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL

PROJETO EXTREMO SUL DA BAHIA
RELATÓRIO TEMÁTICO DE LITOGEOQUÍMICA

Autor
Léo Rodrigues Teixeira

SALVADOR, 2002

Sumário

1 Introdução.....	1
2 Complexo Jequitinhonha	2
2.1 Introdução	2
2.2 Caracterização geoquímica	2
<i>Elementos Maiores</i>	2
<i>Elementos Traços</i>	3
2.2.1 Discussão	3
2.3 Conclusões	5
3 Granitóides	7
3.1 Introdução	7
3.2 Magmatismo intra-faixa de dobramentos	8
3.2.1 Granitóides I	8
3.2.1.1 Caracterização geoquímica	9
<i>Elementos Maiores</i>	9
<i>Elementos Traços</i>	10
3.2.1.2 Conclusões	11
3.2.2 Granitóides S	11
3.2.2.1 Caracterização geoquímica	11
<i>Elementos Maiores</i>	11
<i>Elementos Traços</i>	12
3.2.2.2 Conclusões.....	12
3.2.3 Interação entre os granitos I e S.....	13
3.2.4 Interação entre os granitos I e as encaixantes.....	15
3.3 Magmatismo externo	15
3.3.1 Caracterização geoquímica.....	16
<i>Elementos Maiores</i>	16
<i>Elementos Traços</i>	16
3.3.2 Conclusões.....	17
4 Diques	22
5 Referências bibliográficas	23

Apêndice Resultados analíticos

A litogeoquímica visou definir os aspectos petrológicos mais relevantes das principais unidades da área: os kinzigitos do Complexo Jequitinhonha e os granitóides amplamente presentes. Da mesma forma, procurou caracterizar os efeitos das possíveis interações entre as várias unidades, pois a geologia da área é marcada pela presença extensiva, de rochas submetidas a algum tipo de fusão parcial, ou que são produtos de fusões de material crustal.

Um trabalho aprofundado, que definisse razoavelmente bem todas as unidades presentes, demandaria um tempo muito grande, além de custos incompatíveis com a escala do trabalho. Então a opção foi amostrar as litologias mais frequentes e nos locais mais característicos, assumindo-se o risco de que alguma parte ficasse sem o conhecimento adequado.

A amostragem é uma fase crucial de qualquer trabalho geoquímico. Neste projeto tornou-se crítica, pois devido à exiguidade de tempo, a mesma teve que ser feita quando o conhecimento geológico da área ainda não estava perfeitamente sedimentado. Há que se agradecer a geóloga Vania Borges, que apesar das restrições acima citadas, conseguiu re-alizar uma amostragem cujo padrão está refletido na alta representatividade dos dados analíticos aqui tratados. O tempo também não permitiu um estudo que extraísse o máximo dos dados obtidos; sobretudo a pesquisa bibliográfica, necessária para consubstanciar melhor as afirmações e conclusões, não foi a ideal.

Foram coletadas 87 amostras cujos dados estão citados ao longo do relatório, recalculados para 100% de óxidos, em peso. Um apêndice, ao final do texto, contém todos os dados analíticos na forma em que foram fornecidos pelo Laboratório Lakefield Geosol Ltda. A interpretação procurou sempre enfatizar os amplos processos de fusão parcial presentes na área e as relações entre os produtos. Ao longo dos capítulos serão abordados os principais fatores e efeitos destes processos.

Como se trata de um relatório temático, é suposto que o leitor tenha acesso ao texto e mapas do relatório final. Assim a geologia será abordada de uma forma bastante simplificada, apenas para caracterizar e situar as unidades estudadas.

2.1 — Introdução

O complexo Jequitinhonha é a unidade mais extensa presente na área do projeto. É composta por rochas genericamente chamadas de kinzigitos, submetidas, em muitos casos, a processos de fusão parcial incipiente levando a constituição de migmatitos, que na maioria das vezes não permitem a amostragem individual dos mesossomas, melanossomas ou leucossomas.

São rochas de mineralogia compatível com rochas sedimentares e em muitos aspectos análogas aos metassedimentos do Grupo Macaúbas, que ocorre no norte do Projeto sobre o embasamento da faixa de dobramentos Araçuai, elevados à fácies anfibolito alto/granulito. Sua idade também permite correlacioná-lo ao Grupo Macaúbas (Pedrosa-Soares *et al.*, 2001). A composição química também é análoga a dos metassedimentos descritos no cinturão de Damara, na Namíbia (Jung *et al.*, 2000) em ambiente geotectônico correlato ao cinturão de dobramento de Araçuai.

Através do quimismo e da petrografia, procurou-se definir se a variação composicional verificada nas amostras refletia a presença de: (i) produtos de diferentes taxas de fusão parcial; (ii) diferentes composições dos sedimentos originais, submetidas a recristalização metamórfica de fácies anfibolito alto/granulito; (iii) separação incompleta de produtos residuais e líquidos das fusões parciais, causando a mistura entre ambos, em variadas proporções.

No Projeto Extremo-Sul da Bahia os kinzigitos foram individualizados em três unidades (NP_{j1}, NP_{j2} e NP_{j3}). Tal divisão, contudo, é desnecessária na caracterização a seguir, pois as unidades são geoquimicamente iguais.

2.2 — Caracterização geoquímica

Foram coletadas 12 amostras do Complexo Jequitinhonha e três do Grupo Macaúbas, cujas localizações aproximadas estão na figura fig. 2.1. Os dados químicos constituem a tabela 2.1, colocada no final do capítulo. As três amostras do Grupo Macaúbas servem como parâmetro comparativo entre os metassedimentos não submetidos a metamorfismo de alto grau e os kinzigitos. Seus dados serão sempre colocados junto aos dos kinzigitos, assumindo-se que representem a composição original dos metassedimentos da área. Uma rápida observação da tabela 2.1 permite constatar a notável semelhança entre as médias dos elementos nos kinzigitos e no Grupo Macaúbas. Ao longo do texto estas semelhanças serão reforçadas.

Elementos maiores

Caracteristicamente são ricos em Al₂O₃ (média = 15,12%). Os teores de SiO₂ são variáveis, mas podem chegar a 75% nas amostras de rochas submetidas a processos de migmatização e ricas em leucossoma. Nas demais amostras os valores oscilam entre 57 e 70%.

Os teores de K₂O variam muito e tem média de 2,37%. O Na₂O tem média de 1,94%. O único elemento maior cuja distribuição é errática é o CaO, cujos teores em algumas amostras são superiores a 4%, muito elevados para esta litologia. Os teores dos demais óxidos variam de forma bastante regular, sugerindo até que poderiam es-

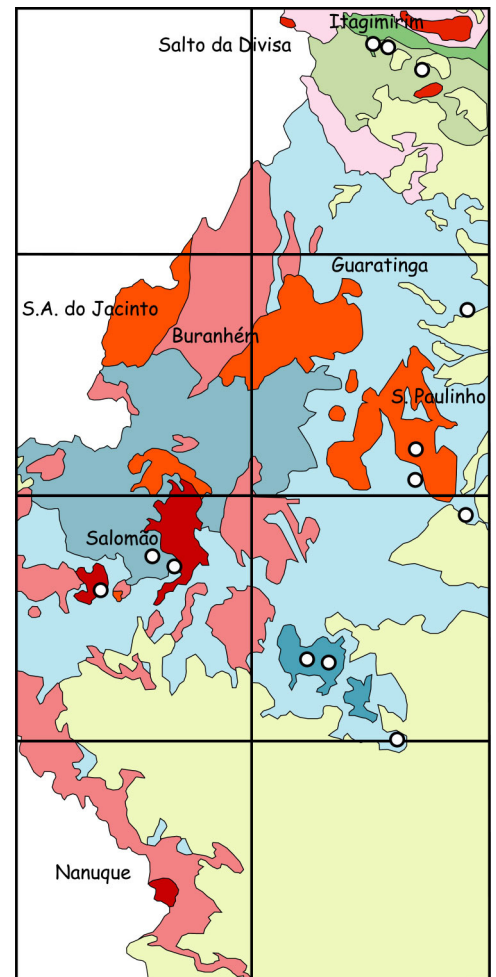


Fig. 2.1 — Geologia simplificada e estações de amostragem (círculos brancos) dos kinzigitos e xistos. Algumas estações contêm mais de uma amostra.

tar refletindo algum mecanismo de diferenciação magmática (por exemplo, MgO e Na₂O+K₂O x SiO₂ na fig. 2.2).

Elementos traços

Os teores dos elementos traços nos kinzigitos são semelhantes aos dos xistos Macaúbas (tabela 2.1). Algumas variações mais acentuadas, como as que ocorrem com V, Ba e Sr, por exemplo, podem ter sido causadas simplesmente pelo pequeno número de amostras analisadas no Macaúbas.

Os Elementos Terras Raras (ETR) exibem espectros fracionados com teores baixos (fig. 2.3), e anomalias negativas de Eu, pouco acentuadas. O envelope composicional dos kinzigitos comparados aos espectros dos xistos Macaúbas é mais regular e mais enriquecido em ETR pesados. No segmento dos ETR leves os espectros são idênticos. No mesmo diagrama foram destacados os espectros de três amostras de um mesmo afloramento que representam um provável mesossoma (VB-30B) um melanossoma (VB-30A) e um leucossoma (VB-30C). As três amostras são mais empobrecidas em ETR que os demais kinzigitos. O melanossoma têm espectro muito parecido com o mesossoma e o leucossoma mostra composição trondhjemítica, com pequena anomalia positiva de Eu. Estas características são muito parecidas ao que foi constatado por (Jung *et al.*, 2000) em migmatitos de Damara. A composição de ETR no leucossoma, se comparado com os espectros dos granitos S (capítulo 3), é muito diferente, apesar dos granitos serem produtos da fusão parcial dos kinzigitos. Fato semelhante foi reportado por Harris & Inger (1992) em leucogranitos do Himalaia.

2.2.1 — Discussão

A variação composicional dos kinzigitos foi a primeira característica à ser definida. Tal variação seria o reflexo de processos de diferenciação magmática, ou alternativamente, refletiria variações na composição dos sedimentos originais? Nas rochas ígneas os elementos (ou seus óxidos) refletem o comportamento dos minerais que os contém ao longo da diferenciação magmática. Um exemplo é o Al₂O₃, cuja evolução é função da variação dos plagioclásios e dos K-feldspatos. Como estes minerais tendem a se fracionar mais tardiamente durante a diferenciação magmática, o Al₂O₃ permanece mais tempo na fase líquida e assim exibe comportamento **indiferente** ou **incompatível** (com o sólido); isto é, *seus teores se mantêm estáveis ao longo da diferenciação ou sobem de forma regular*.

Quando o plagioclásio e /ou o K-feldspato começam a se fracionar mais rapidamente, o líquido tende a ficar mais empobrecido nos elementos retidos nestes minerais. Quando *os elementos se empobrecem regularmente no líquido*, eles são chamados de **compatíveis** com os sólidos, pois estão saindo do líquido magmático para os sólidos minerais que estão em equilíbrio com a fase líquida. Como *as amostras representam o teor do líquido*, seus teores refletem isto desde as amostras mais pobres em SiO₂ (que são os líquidos menos diferenciados) até as mais ricas em SiO₂ (mais diferenciados). Outros elementos como Na e K tendem a ter o mesmo comportamento, pois são fracionados nos mesmos minerais que o Al.

Elementos, como Mg, Ti, Fe, têm sua variação definida pela variação no conteúdo de minerais máficos ao longo da diferenciação. Assim são classicamente tidos como compatíveis *com os sólidos*, isto é, tendem a

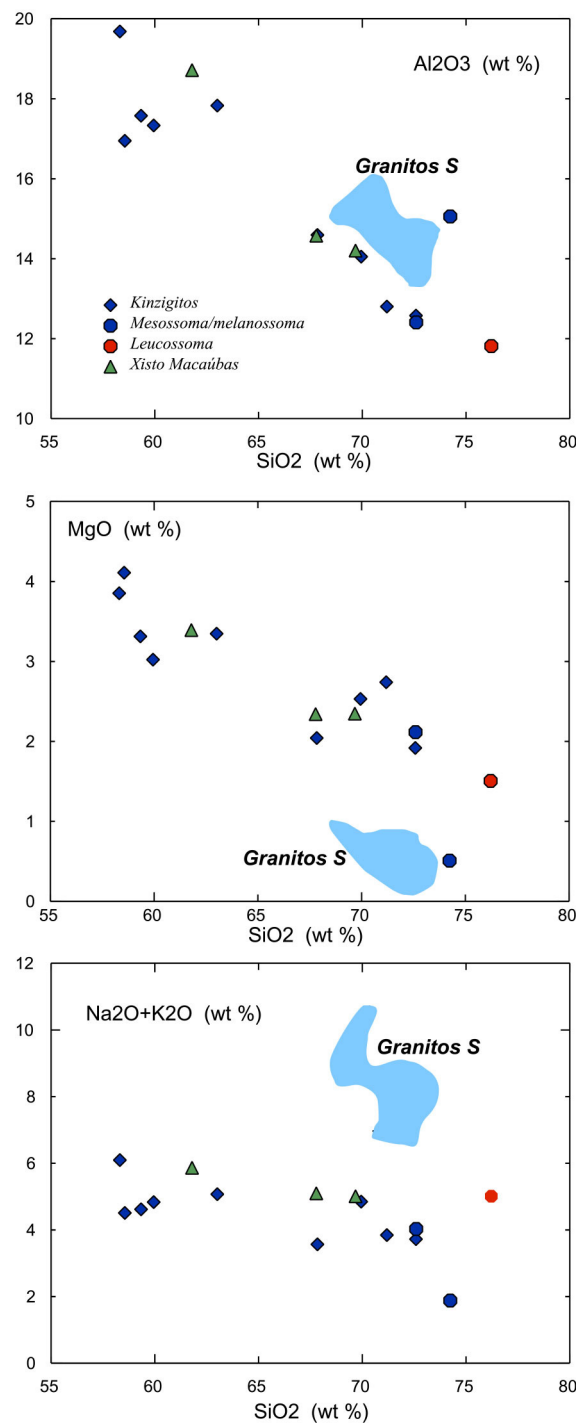


Fig. 2.2 — Diagramas de Harker mostrando a distribuição linear dos elementos nos kinzigitos e o campo composicional dos granitos S.

se concentrar nos minerais ferromagnesianos, como piroxênios, anfibólios, biotita, óxidos de Fe-Ti, etc. que se formam no início da diferenciação e como consequência o líquido tende a ficar empobrecido nestes elementos, já no início da diferenciação. Este comportamento também é verificado para vários elementos traços, como Cr, V e Ni.

Como os minerais máficos e os feldspatos têm evoluções diferentes, os elementos contidos em cada um deles (por exemplo, Al e Mg), se forem comparados em diagramas binários mostrarão padrões dispersos ou mesmo correlações negativas entre si. Este seria o padrão ígneo normal, isto é, o padrão evolutivo definido pelos minerais oriundos de um líquido magmático. Este padrão não depende da fonte do magma, o qual pode ter se formado até mesmo através da fusão parcial de um sedimento.

Se uma rocha metamórfica não foi submetida a fusão parcial, sua análise química refletirá a composição do protólito, seja ele ígneo ou sedimentar. Nos sedimentos os minerais que retêm vários dos elementos que foram citados acima, são as argilas. Elas contem Al, Mg, Ti, Fe, K, além de elementos traços como Cr, Ni e V. Sendo assim, os conteúdos destes elementos nas amostras refletirão a porcentagem de argila no sedimento original. Aqueles mais argilosos serão mais enriquecidos em Al, Mg, Fe, etc. Os mais pobres terão mais Si e menos estes elementos. Em diagramas binários utilizando-se SiO_2 como fator de diferenciação (no eixo x), os pontos representativos das amostras deverão mostrar padrões “compatíveis” ou “incompatíveis” que nada terão a ver com diferenciação magmática. Esta característica é mostrada nos diagramas de Harker da fig. 2.2. Nos três diagramas os *trends* mostrados estão refletindo a presença maior ou menor de argila nas amostras. Para mostrar isto, nos mesmos diagramas estão lançados os campos das composições dos granitos S da área. Nota-se que a variação mostrada pelos kinzigitos não conduz até o campo dos granitos S, como seria de se esperar caso o padrão mostrado fosse ígneo, uma vez que os granitos são tidos como produtos da fusão parcial de material análogo aos kinzigitos. Este fato descarta também a possibilidade das amostras estarem mostrando a variação composicional de uma mistura, causada pela separação imperfeita de líquidos (granitos S) e sólido residual (restitos), pois, numa mistura de dois componentes, os teores obtidos estarão *sempre* ao longo de uma linha imaginária que une estes dois componentes.

Os diagramas da fig. 2.4 mostram o comportamento de elementos que têm evoluções diferentes nas rochas ígneas, conforme discutido acima. Foram utilizados os teores de MgO e V em função da variação de Al_2O_3 . A

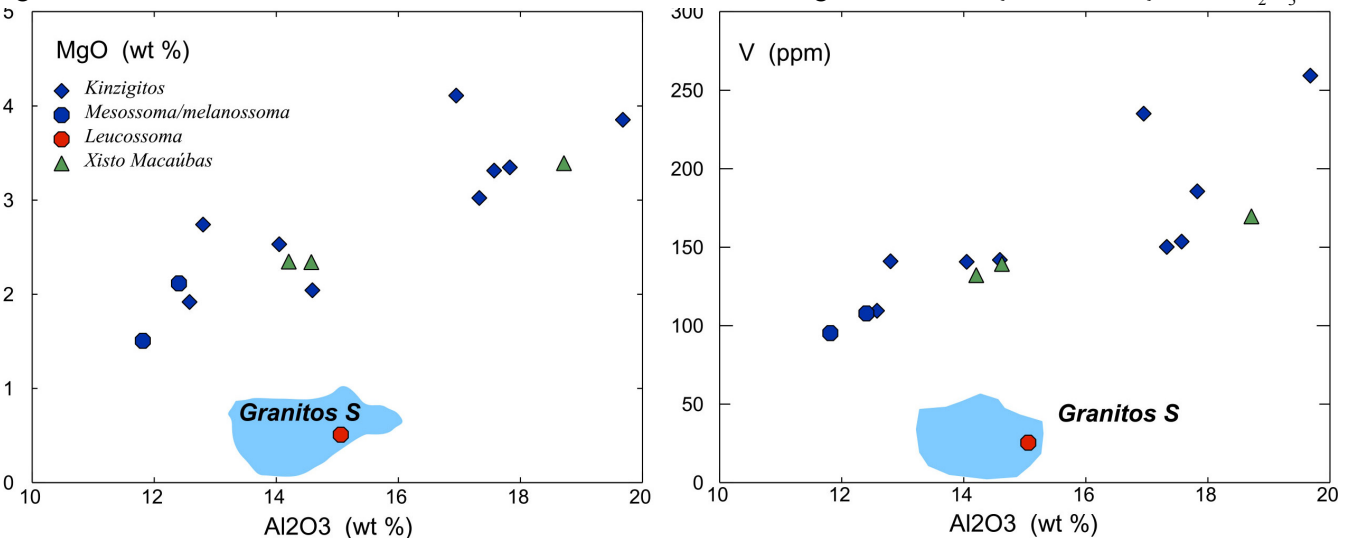


Fig. 2.4 — Diagramas de MgO e de V x Al_2O_3 . Distribuição de pontos exibindo uma correlação positiva entre os elementos considerados, indicando que a variação se dá em função da maior ou menor presença de argila nas amostras.

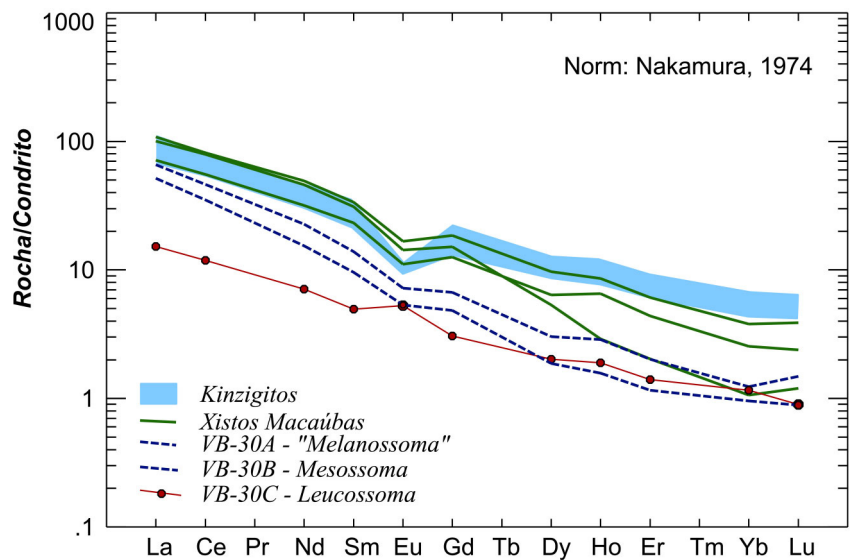


Fig. 2.3 — Espectros de ETR

correlação positiva verificada não é típica das rochas ígneas. Pelo contrário é mais uma evidência de que as amostras representam uma variação composicional no teor de argila original. As amostras com mais argila são mais aluminosas e mais magnesianas do que aquelas menos argilosas. A melhor maneira para justificar esta acentuada variação composicional (Al_2O_3 entre 12 e 19%, MgO entre 1 e 4%) é considerar que ocorreu uma mistura entre sedimentos pelíticos e psamíticos em porcentagens variadas.

2.3 — Conclusões

Apesar da forte presença de mobilizados e de migmatização, o quimismo dos gnaisses kinzigíticos reflete mais fielmente seus protólitos sedimentares. Isto ficou evidente não só pela semelhança com os xistos Macaúbas, como também pelo comportamento dos mais variados elementos maiores e traços estudados.

Assim, os kinzigitos devem ser considerados como representantes metamórficos de um pacote sedimentar pelítico/arenoso, onde os processos de fusão parcial incipientes (migmatização) não chegaram a alterar de maneira significativa suas características originais, pois os líquidos gerados em pequena quantidade permaneceram no local original, mantendo o sistema fechado. A sua mineralogia atual deve, portanto, ser considerada como a sedimentar original submetida a recristalização causada por reequilíbrio metamórfico.

<i>Gnaisses kinzigíticos</i>													<i>Macaúbas</i>				
ID	VB-42	VB-15	VB-48	VB-47B	VB-24B	VB-32	VB-30A	VB-23	VB-30B	VB-30C	JB-09	JB-12	Média	VB-62	VB-65	VB-63	Média
SiO2	57,82	58,56	62,49	67,46	69,64	70,69	72,09	72,30	73,02	75,93	59,75	59,25	66,58	60,83	66,60	68,53	65,32
TiO2	1,21	1,30	0,94	0,76	0,88	1,01	0,70	0,63	0,05	0,49	0,82	0,92	0,81	0,78	1,10	0,86	0,92
Al2O3	19,51	16,95	17,68	14,51	13,99	12,71	12,32	12,53	14,81	11,77	17,35	17,65	15,15	18,42	14,32	13,97	15,57
Fe2O3	2,72	2,11	1,91	0,01	0,01	0,30	0,01	0,88	0,31	1,20	1,50	2,70	1,14	1,52	0,01	0,01	0,51
FeO	7,44	7,02	6,83	6,19	6,44	7,16	6,21	4,71	0,42	2,99	6,55	4,60	5,55	6,88	7,41	7,03	7,11
MnO	0,09	0,13	0,14	0,22	0,08	0,09	0,10	0,19	0,02	0,06	0,14	0,15	0,12	0,14	0,13	0,10	0,12
MgO	3,82	4,11	3,32	2,03	2,52	2,72	2,10	1,91	0,50	1,50	3,00	3,30	2,57	3,34	2,30	2,31	2,65
CaO	0,42	5,01	0,74	4,46	1,11	0,74	1,70	2,61	6,85	0,59	5,80	6,50	3,04	0,62	1,20	0,51	0,78
Na2O	1,11	2,91	1,51	2,03	1,71	1,00	2,10	2,41	1,61	1,50	2,75	2,70	1,94	1,72	1,40	1,61	1,58
K2O	4,93	1,60	3,52	1,52	3,12	2,82	1,90	1,30	0,24	3,49	2,15	1,90	2,38	4,05	3,61	3,32	3,66
P2O5	0,07	0,29	0,09	0,24	0,06	0,05	0,06	0,13	0,52	0,10	0,19	0,23	0,17	0,13	0,16	0,10	0,13
Total	100	100,0	100	100	100	100	100	100,0	100	100	100	100		100	100	100	
P.F.	0,87	0,01	0,83	0,58	0,45	0,72	0,71	0,40	1,64	0,39	0,00	0,10	0,56	1,57	1,76	1,66	1,66
Cr	131	84	120	71	89	96	71	67	12	51	35	91	77	103	126	83	104
Ni	58	33	48	25	39	37	28	37	5	24	13	15	30	48	25	27	33
Co	33	25	22	22	19	20	19	18	7	17	16	16	20	22	15	15	17
V	257	235	184	141	140	140	107	109	25	95	149	153	145	167	519	130	272
Cu	34	34	39	10	45	27	19	53	5	14	21	18	27	51	37	20	36
Pb	19	< 5	< 5	11	16	13	10	16	9	27	< 5	< 5	15	< 5	12	15	14
Zn	245	120	44	131	134	129	114	95	20	79	122	91	110	74	120	109	101
Rb	305	43	131	113	142	131	112	88	< 5	87	62	66	116	170	133	130	144
Ba	411	695	629	89	511	497	256	254	72	645	426	522	417	562	668	579	603
Sr	71	471	89	209	138	112	126	233	685	111	256	292	233	100	146	103	116
Ta	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	26	103	< 5	340	< 5	< 5	156	< 5	< 5	5	5
Nb	30	15	16	12	19	19	17	37	< 5	74	11	9	24	11	19	12	14
Hf	< 8	8	< 8	< 8	< 8	10	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	9	< 8	< 8	< 8	
Zr	201	272	189	201	222	340	279	195	56	134	176	203	206	158	240	245	214
Y	38	28	34	58	37	50	26	36	12	25	20	19	32	40	42	40	41
Th	9	< 5	< 5	< 5	6	7	< 5	< 5	< 5	< 5	17	13	10	6	< 5	< 5	6
La	35,96			28,33			21,57	22,87	4,93	16,99		22,33	21,85	23,15	35,11	32,68	30,31
Ce	69,78			55,68			39,81	45,51	10,09	30,10		39,19	41,45	47,18	69,35	67,43	61,32
Nd	28,97			21,67			14,20	19,20	4,38	9,65		12,93	15,86	19,68	30,43	28,53	26,21
Sm	6,96			5,16			2,80	4,35	0,99	1,94		2,23	3,49	4,64	6,70	6,19	5,84
Eu	0,71			0,84			0,55	0,77	0,40	0,41		0,63	0,62	0,84	1,26	1,08	1,06
Gd	5,99			4,47			1,83	3,61	0,83	1,33		1,72	2,82	3,42	5,02	4,11	4,18
Dy	4,41			3,75			1,03	2,96	0,68	0,64		0,87	2,05	2,16	3,26	1,80	2,41
Ho	0,84			0,68			0,20	0,54	0,13	0,11		0,13	0,37	0,45	0,59	0,20	0,41
Er	2,07			1,69			0,45	1,34	0,31	0,26		0,27	0,91	0,97	1,35	0,45	0,93
Yb	1,49			1,24			0,27	0,94	0,25	0,21		0,18	0,65	0,55	0,82	0,23	0,53
Lu	0,22			0,18			0,05	0,14	0,03	0,03		0,03	0,10	0,08	0,13	0,04	0,08
F	1150	860	620	1000	740	700	660	800	230	220	640	700	693	700	860	640	733
Mo	10	10	11	10	10	10	9	9	8	9			10	12	11	9	11
Li	18	17	< 5	8	8	12	8	< 5	< 5	6	7	< 5	11	13	10	16	13
Cl	1699	543	< 20	517	439	559	1504	334	390	228	34	129	580	< 20	< 20	< 20	
S	643	1979	1763	165	1074	850	301	1169	< 50	211	196	159	774	< 50	1014	< 50	1014

Obs.: VB-42=JB-107; VB-15=MM-259; VB-47=JB-86; VB-24=MM-134; VB-32=JB-95; VB-30=JB-70; VB-23=LH-40; VB-62=JM-66; VB-63=JM-31; VB-65=JM-76

Tabela 2.1- Dados químicos dos kinzigitos do Complexo Jequitinhonha e dos metassedimentos do Grupo Macaúbas

3.1 — Introdução

A área do Projeto Extremo-Sul da Bahia é caracterizada por um ambiente tectônico marcado pela presença de tipos litológicos peculiares, que tornam necessário lembrar os conceitos para alguns termos que serão utilizados. A principal litologia da área são os gnaisses kinzigíticos que ocorrem na interface entre as fácies anfibolito alto/ granulito. Os gnaisses kinzigíticos são intrudidos por um grande número de corpos graníticos, a maioria deles sem deformação tectônica, considerados de colocação pós tectônica.

Se um material metassedimentar, originalmente pelítico, for submetido a um processo de migmatização muito intenso, tal fusão parcial irá produzir líquidos magmáticos ricos em sílica e alumina. A cristalização deste magma produzirá, portanto, granitóides com altos teores de SiO_2 (acima de 70%) peraluminosos, isto é, com razões A/CNK ($=\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ molar) maiores que um. Estes granitos são denominados, freqüentemente, granitos tipo S (Chapell & White, 1974). Os ambientes mais propícios para a sua formação são aqueles associados à colisões continentais, onde o espessamento crustal e a elevação de temperatura favorecem a presença de fusões. Assim os granitos S quase sempre são sintectônicos.

Em contraposição aos granitos S existem os granitos tipo I (Chapell & White, 1974), que são produtos originados do manto, através da fusão parcial e diferenciação magmática, por cristalização fracionada. O processo é o seguinte: o manto ao se fundir produz um líquido (magma) com baixo teor de sílica (em geral em torno de 48% de SiO_2) e alta temperatura. O magma durante sua ascensão irá sofrer cristalização fracionada que se inicia pelos minerais máficos, como olivina e piroxênios. Como estes minerais são ricos em ferro e magnésio, e pobres em sílica, o líquido vai cada vez mais se enriquecendo em SiO_2 e empobrecendo em Mg e Fe. Quando a cristalização de plagioclásios se inicia, começa a haver empobrecimento de Ca e Na. Assim o líquido vai dando origem aos diversos tipos litológicos: gabro, diorito, tonalito/granodiorito até granito. Portanto os granitóides tipo I exibem, caracteristicamente, uma variação composicional acentuada, típica das séries magmáticas (toleítica, cálcio-alcalina, etc.) ditas *expandidas*, diferentes daquelas das litologias produzidas pela simples fusão parcial de material crustal, como os granitos S, por exemplo, cuja variação é pequena.

Contudo apenas a fusão parcial do manto, não seria suficiente para produzir a grande quantidade de granitóides I verificadas na maioria dos ambientes, inclusive aqui, na área do Projeto. Um modelo mais completo de produção dos granitóides I é o seguinte, com dois eventos de fusão parcial, tido como o mais viável para gerar os granitos pós tectônicos (Pitcher, 1983), como os agora enfocados:

a. Fusão parcial do manto sublitosférico, em resposta a processos de alívio de pressão originados na crosta continental. Os líquidos gerados podem ser toleíticos ou alcalinos em função da natureza do manto;

b. O material mantélico começa ascender através de grandes fraturamentos. Durante a ascensão tem início a cristalização fracionada, que causa considerável aumento na temperatura do líquido. As altas temperaturas provocam a fusão parcial de material crustal, que em geral é ígneo (p.e. TTG) na crosta inferior. O líquido produzido acaba sendo misturado ao mantélico original e então o processo de cristalização fracionada prossegue de forma ininterrupta, crosta acima, sob a forma de diápiros. Este mecanismo gera extensas zonas de convecção, as quais aliadas ao alívio de pressão provocam novas fusões do material encaixante, gerando as intrusões múltiplas ou “aninhadas” (Weinberg, 1997). *As rochas assim formadas manterão a assinatura I, já que foram produzidas por material mantélico novo misturado a produtos mantélicos mais antigos (crosta ígnea)*. Como já possuem material crustal em sua composição, não se deve, portanto, chamá-los de granitos puramente mantélicos.

O mecanismo de produção dos granitos, em sua forma mais simples, é este. Porém pode haver complicações, sobretudo se ocorrem fusões parciais de material metassedimentar e contaminações ao longo do trajeto do

líquido, até sua completa cristalização. Este é o caso da granitogênese que ocorreu na faixa Araçuaí, como será visto a seguir.

A presença de intrusões tanto de granitos I como S, em material sedimentar fértil como o Complexo Jequitinhonha, induzem a uma série de contaminações e outras fusões parciais que acabam por produzir um sem número de litologias híbridas que tornam difícil a definição dos tipos fundamentais. Os diversos corpos graníticos mapeados na área têm dimensões distintas como Nanuque, Guaratinga, Santo Antônio do Jacinto, Salomão, etc. Pedrosa-Soares *et al.* (2001) consideram a maioria destes corpos como de idade tardi a pós colisional, dividindo-os em duas suítes denominadas G3I, que contem os granitos de tipo I com idades entre 585-570 ma (Dussin *et al.*, 1998) e suíte G3S, englobando os granitos S, com idades entre 580 e 560 ma (Siga Jr., 1986). Outros granitos foram também individualizados com a denominação suíte G2. São granitos do tipo S (denominações locais de Nanuque, São Paulinho, Buranhém) com idades entre 591 e 575 ma (Sollner *et al.*, 1991, apud Pedrosa-Soares *et al.*, 2001). Na área do Projeto os corpos graníticos datados foram Santo Antônio do Jacinto (575 ma por Rb-Sr, Siga Jr., 1986) e Guaratinga (582 ma por Rb-Sr, Faria, 1997). Noce *et al.* (2000) limitaram a faixa de idades dos granitos G2 e G3 entre 594 e 570 Ma.

Neste Projeto os granitóides foram agrupados em várias idades desde sintectônicos, até pós-tectônicos. Contudo na área do Projeto as únicas datações disponíveis são as duas citadas no parágrafo anterior. Existem apenas inúmeras idades modelo por Sm-Nd definidas em Celino *et al.* (2000) e também no próprio projeto.

Outros cinturões de dobramentos tiveram seu desenvolvimento na mesma época que o Araçuaí, como por exemplo, West Congo, Ribeira, Dom Feliciano, Kaoko, Damara e Gariep. Nestes cinturões sempre ocorrem granitóides, que, como no Araçuaí, são freqüentemente pós tectônicos com assinaturas I, S ou A (alcalinos), colocados em períodos que vão desde 590 até 500 ma (p. ex.: Jung *et al.*, 2000 e Rozendaal *et al.*, 1999). O que se observa, nos vários cinturões em foco, é que o magmatismo félsico se desenvolveu — como sugerido por Bilal *et al.* (2000) — em resposta à uma colisão continental (granitóides pré e sintectônicos) e ao alívio que se seguiu (granitóides tardi e pós-tectônicos). Os granitóides tardi ou pós tectônicos que ocorrem na área do Projeto, têm sempre as mesmas características químicas, razão pela qual serão enfatizados os mecanismos de sua gênese, que aparentemente foram os mesmos, independentemente da variação de idade que pode ocorrer entre eles.

Como não foi possível uma distinção clara entre os vários tipos de granitos I, nem tão pouco entre os de assinatura S, a caracterização geoquímica será efetuada considerando-se dois conjuntos: (i) **magmatismo intra-faixa de dobramentos** composto pelos granitos intrusivos na faixa dobrada Araçuaí (Complexo Jequitinhonha) e (ii) **magmatismo externo** composto pelos granitos intrusivos nos gnaisses localizados fora da faixa Araçuaí (granitos de Salto da Divisa e de Itagimirim), que são aparentemente mais velhos que os do interior da faixa.

3.2 — Magmatismo intra-faixa de dobramentos

A maioria dos corpos intrusivos que foram estudados quimicamente está contida neste segmento crustal (fig. 3.1). São maciços, tanto do tipo I quanto S, cujas principais características serão vistas a seguir.

3.2.1 — Granitóides I

Granitóides definidos como Tardi a Pós-tectônicos e Pós-tectônicos no mapa geológico. Ocorrem sob a forma de corpos de dimensões e formas diversas, ao longo de toda a área, e serão separados em três “fácies” distintas. Tais fácies foram definidas apenas para efeito descritivo e não têm equivalentes no mapa geológico. Seu uso visa apenas simplificar a caracterização geoquímica:

a — Fácies **Guaratinga**. Denominada, pelo menos em parte como Suíte Itagimirim por Celino (1999). Constitui a fácies mais comum entre as estudadas. São monzodioritos, granodioritos e granitos de cor cinza, via de regra isotrópicos, de granulação média. Ocorre em toda a área, porém as maiores exposições estão na região de Guaratinga (fig.3.1). Como se verá a seguir estes granitóides podem ser considerados como a fácies mais tipicamente “I” deste contexto.

b — Fácies **Morro do Pescoço**. Ocorre formando grandes plutões e seus principais maciços estão localizados em São Paulinho /Itamarajú (BA) e em Santo Antônio do Jacinto (MG) (fig. 3.1). São quartzo-monzonitos,

granodioritos, monzogranitos, etc., caracterizados pela textura porfírica com grandes fenocristais de k-feldspato róseo.

c — Fácies **Salomão**. Denominada como Suíte Salomão por Celino (1999). Esta fácies é de distribuição mais restrita e sua maior ocorrência fica na região de Salomão, próximo das cidades de Medeiros Neto e Itanhém (BA). São rochas de composição predominantemente monzonítica ou quartzo monzonítica, porfíricas como os granitóides de Morro do Pesçoço, porém contém opx em sua composição modal. Sua colocação foi considerada pós-tectônica.

3.2.1.1 — Caracterização geoquímica

Foram coletadas 35 amostras, cujos dados analíticos estão relacionados na tabela 3.1. Além das três fácies relacionadas acima, existe um conjunto denominado **granitos contaminados**, que foi coletado como se fosse kinzigito, porém seu comportamento geoquímico revelou se tratar, na realidade, de granitóides de composição semelhante à fácies Guaratinga com desvios composicionais causados pela assimilação de kinzigitos encaixantes.

Uma rápida inspeção na tabela já evidencia a forte semelhança existente entre as três fácies. Portanto as fácies são puramente petrográficas, não havendo qualquer evidência química que sugira tratar-se de magmas de fontes diferentes. Sua colocação também foi concomitante, como é comprovado pela presença de *mingling* entre as fácies Guaratinga (isotrópica) e Morro do Pesçoço (porfíroide), na região de São Paulinho. Em termos médios é quase impossível distinguir uma fácies da outra, motivo pelo qual, nas considerações a seguir, os dados serão tratados em conjunto, embora nos diagramas as amostras tenham pontos representativos com simbologia diferente.

Elementos maiores

Caracterizam um amplo leque composicional, que varia desde 57 até 72 % de SiO_2 . No diagrama AFM (fig. 3.2A) definem um *trend* retilíneo contínuo desde os termos intermediários até os mais diferenciados da linha-gem cálcio-alcálica. No diagrama R1R2 (De la Roche *et al*, 1980) (fig. 3.2B), as amostras ficam caracterizadas como monzodioritos, granodioritos e granitos posicionadas junto ao campo evolutivo sub-alcálico, equivalente a série cálcio-alcálica de alto K (e a shoshonítica). Sua localização um pouco acima da linha de diferenciação típica, sugere o efeito de uma mistura entre um magma mantélico (alcálico) com líquidos produzidos por fusão crustal. Este mecanismo é comum nas séries cálcio-alcálicas de alto K e caracterizam os granitóides pós - colisionais na conceituação de Batchelor & Bowden (1985).

Os teores de K_2O em torno de 5% e as razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ em torno de 2, evidenciam o caráter potássico do conjunto. Os índices A/CNK (= $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, molar) variam desde valores inferiores a 1 até valores acima de um, nos termos mais evoluídos, o que equivale dizer que os granitóides são metaluminosos no início da diferenciação e passam a peraluminosos e fortemente peraluminosos no final da diferenciação. Esta característica é um reflexo direto do enriquecimento de Al_2O_3 cuja média é superior a 15%. A norma CIPW mostra a presença de corindon (indicativo de excesso de alumina) já nas amostras com pouco mais de 65% SiO_2 . Este enriquecimento muito precoce deve ser atribuído, ou à composição original da fonte do magma, ou a assimilação de material enriquecido em Al_2O_3 , que se acentuou a partir deste patamar de SiO_2 .

Em diagramas de Harker (não apresentados neste relatório) os *trends* dos elementos pouco influenciados por processos de assimilação, como CaO e MgO, cujos teores são baixos nas encaixantes (vide tabela 2.1), são lineares e mostram caráter compatível. Isto aponta o processo de cristalização fracionada como o mecanismo

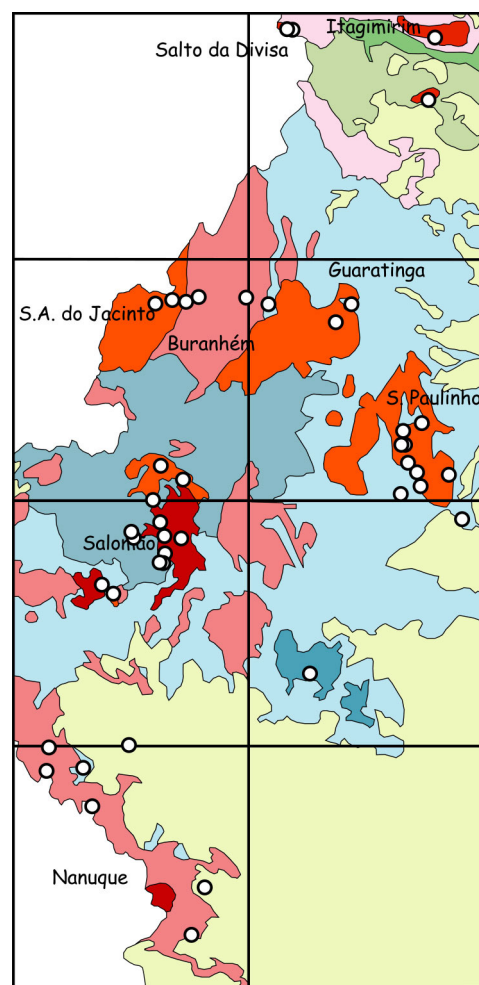


Fig. 3.1 — Geologia simplificada e estações de amostragem (círculos brancos) de todos os granitóides.

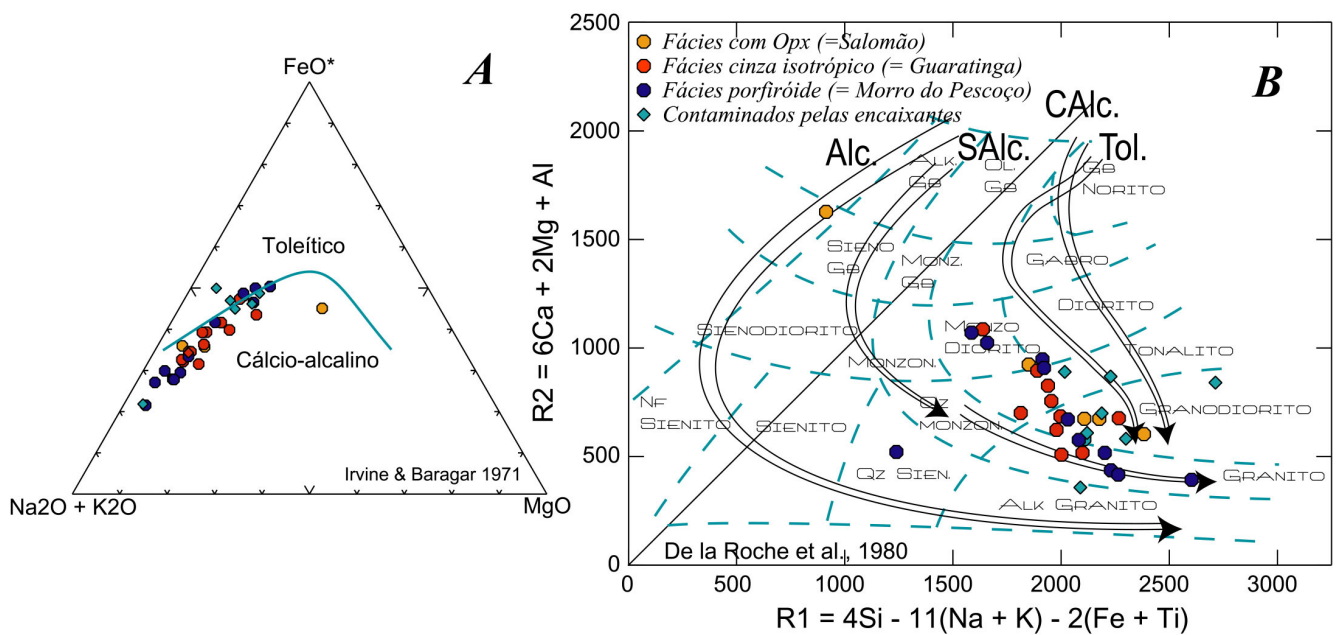


Fig. 3.2 — Diagramas (A): AFM; (B): R1R2. Granitóides I do interior da faixa Araçuaí.

petrogenético predominante, apesar dos fortes indícios de assimilação considerados nos parágrafos anteriores. A variação dos teores de TiO_2 e P_2O_5 , ambos compatíveis — que estão relativamente elevados para estes tipos litológicos — levam a supor que a cristalização fracionada se deu a partir de um magma alcalino, ou com forte tendência alcalina no início da diferenciação.

Elementos traços

Assim como os elementos maiores, os elementos traços também exibem um extenso leque composicional ao longo da diferenciação. A semelhança de comportamento entre as várias fácies estudadas também é notável, porém algumas pequenas diferenças parecem significativas.

Alguns elementos traços mostram notável enriquecimento (tabela 3.1), como por exemplo, Ba (médias acima de 1400 ppm), Sr (médias acima de 400 ppm) e Zr (médias acima de 560 ppm), sugestivos de uma importante contribuição alcalina na origem dos litótipos em estudo. O enriquecimento destes elementos através de uma fusão parcial crustal seria muito difícil de ser justificada.

Nos diagramas da fig. 3.3, é mostrada de forma compacta a distribuição dos elementos traços e elementos terras raras (ETR) nos diversos granitóides e também nos kinzigitos encaixantes. No diagrama multielementar (fig. 3.3A) observam-se algumas pequenas diferenças entre os granitóides. Assim o espectro médio da fácies Guaratinga mostra maior enriquecimento em Ba, Th, ETR, Sr, que as demais fácies. No mesmo diagrama o espectro dos kinzigitos é mais plano — isto é, sem anomalias, sobretudo as negativas, freqüentemente provocadas por processos de cristalização fracionada — e mais empobrecido que os dos granitos. Como sugerido através dos elementos maiores, a presença de contaminação/assimilação de material da encaixante, via interação com os granitos S, serve também para explicar as pequenas diferenças faciológicas observadas. A variação de teores de alguns elementos como Th, Sr e Zr, em posições intermediárias entre o espectro de Guaratinga e o dos kinzigitos, dá a dimensão da assimilação de material crustal pelo magma original. Assim a Guaratinga pode ser considerada como a menos contaminada, enquanto as fácies Morro do Pescoço e Salomão mostram, através da queda nos teores de alguns elementos como Th e ETR, contaminação bem mais acentuada. Para completar o raciocínio, os *granitóides contaminados*, que já apresentam, em afloramento, aspecto gnáissico, ocupam o espaço mais próximo ao espectro dos kinzigitos, mostrando que foram os mais modificados pelos processos de assimilação, que atuaram durante a intrusão dos granitos.

Os espectros de ETR (fig. 3.3B) são típicos de rochas alcalinas, mostrando forte fracionamento e altos teores de ETR leves. As anomalias negativas de Eu são pouco acentuadas. Aqui também foi colocado o envelope composicional típico dos kinzigitos da área, que é pouco fracionado e muito semelhante à média dos pelitos (Taylor & McLennan, 1985). Neste diagrama os efeitos da assimilação das encaixantes estão mais facilmente visíveis e a posição intermediária dos espectros das fácies Morro do Pescoço, Salomão e dos granitos contaminados se apresentam de forma bastante didática. Notar que o espectro dos granitos contaminados fica o tempo todo

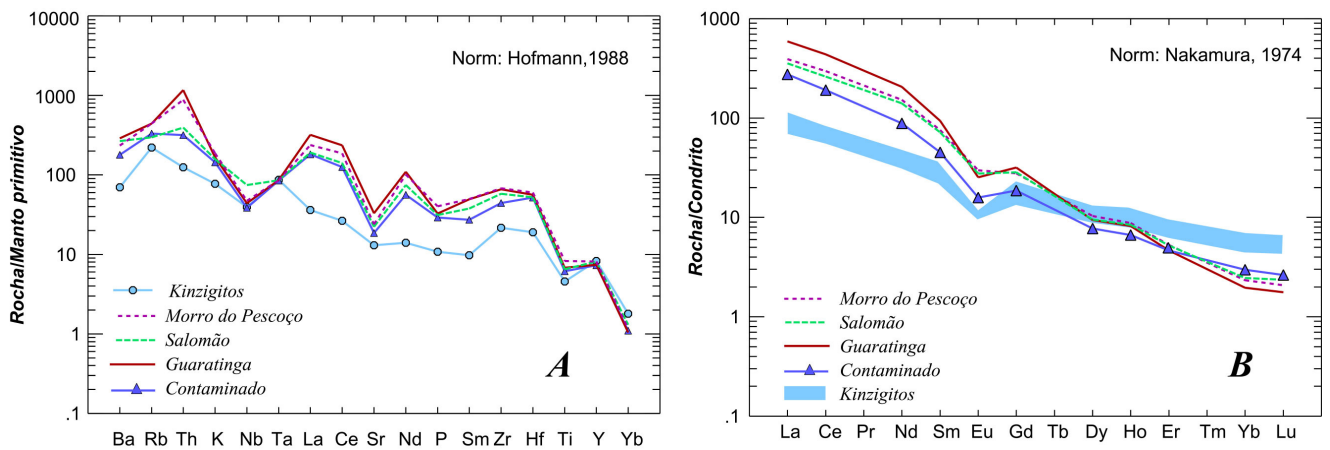


Fig. 3.3 — (A): Diagrama multielementar; (B): Espectros de ETR. Os diagramas destacam a notável seme-lhança entre as composições dos granitos de assinatura I e também o efeito da contaminação dos mesmos pela assimilação de rochas encaixantes.

entre os espectros de Guaratinga e dos kinzigitos, sugerindo que os kinzigitos provocaram uma queda nos teores de ETR leves e um ligeiro aumento nos ETR pesados destas amostras.

3.2.1.2 - Conclusões

Os granitos considerados como do tipo I, ocorrem sob a forma de três fácies petrográficas principais, informalmente denominadas Guaratinga, Morro do Pesçoço e Salomão. Estes granitos são cálcio-alcálicos de alto K e precocemente peraluminosos. Sua origem deve estar ligada a um magma mantélico alcalino, que ao subir até as partes superiores da crosta continental, acabou assimilando grandes proporções de material da encaixante metassedimentar sob a forma de líquidos de composição granítica S. Das fácies estudadas a Guaratinga se apresenta mais preservada quanto a sua origem alcalina, seguida pela Morro do Pesçoço e Salomão, nesta ordem, que se mostram mais contaminadas.

3.2.2 - Granitóides S

Os granitóides produzidos pela fusão parcial de material sedimentar, têm ampla distribuição ao longo de toda a área do Projeto. Ocorrem como extensos maciços intrusivos, ou como corpos autóctones ou para-autóctones, cuja principal característica é a presença de minerais aluminossilicáticos, como cordierita e granada em porcentagens as vezes muito elevadas. São sempre ricos em quartzo e raramente contêm duas micas.

Ocorrem de dois modos:

- a. Deformados, como as suites Nanuque e Rio Mucuri, classificadas como Sin a Tardi Tectônicas neste projeto.
- b. Isotrópicos ou levemente foliados e neste caso ocorrem quase sempre associados aos granitos I.

Na tabela 3.2 as amostras estão organizadas em três conjuntos definidos em função da região onde foram coletadas: (i) Nanuque, oriundas da parte sul da área (foliados); (ii) Salomão, da região a norte de Medeiros Neto e proximidades de Salomão (BA) e (iii) Buranhém (BA), próximo à cidade do mesmo nome e de Santo Antônio do Jacinto (MG).

3.2.2.1 — Caracterização geoquímica

Elementos maiores

De uma maneira geral os três conjuntos de granitóides S apresentam composições análogas de elementos maiores, e os teores médios para os vários óxidos são muito semelhantes. São granitóides muito evoluídos, com teores de SiO_2 acima de 70%, médias de Al_2O_3 em torno de 14%, K_2O acima de 5% e MgO inferior a 1%. São peraluminosos, com elevados conteúdos de corindon normativo (CIPW).

No diagrama AFM (fig3.4A) os pontos representativos se posicionam na parte final do *trend* evolutivo

das séries cálcio-alcálicas, próximas do polo A ($=\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$). No diagrama R1R2 (fig 3.4B) são caracterizados como granitos *sensu stricto* de filiação cálcio-alcálica de alto K. Compõem uma série curta, pois só existem termos com altos teores de SiO_2 .

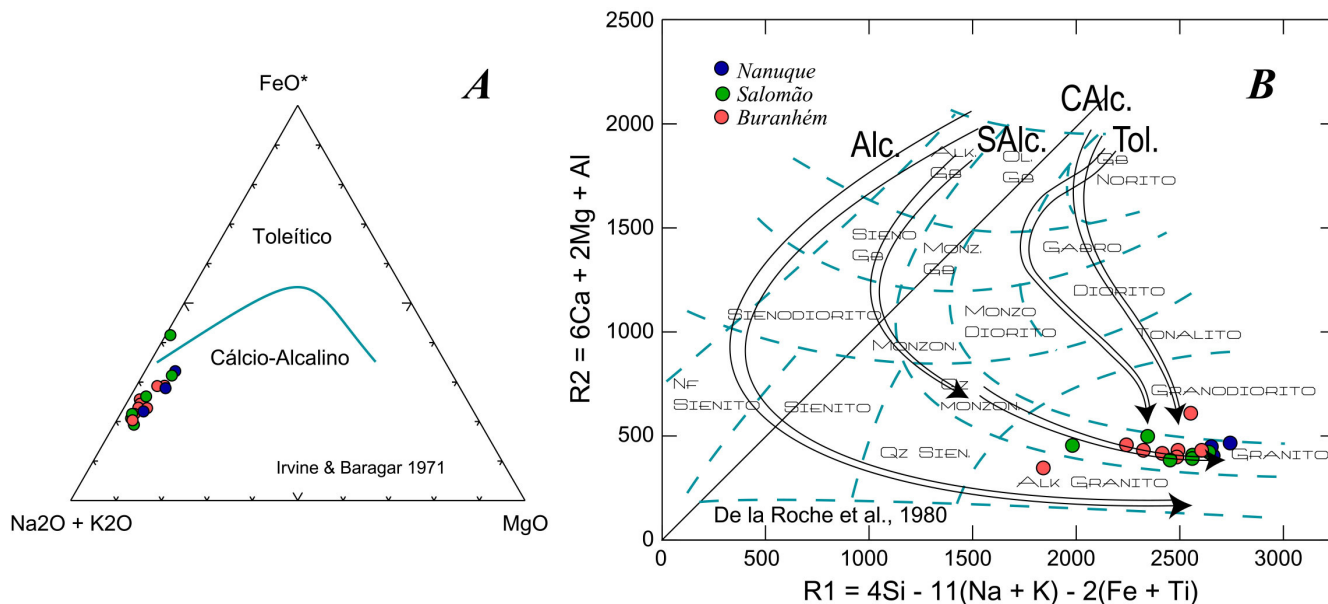


Fig. 3.4 — (A): diagrama AFM; (B): diagrama R1R2 para os granitóides tipo S.

Elementos traços

Ao contrário dos elementos maiores, que apresentam comportamento quase idêntico nas várias fácies, nos granitóides S os elementos traços mostram algumas diferenças relevantes. O Ba e o Sr nos granitóides de Nanuque e Salomão têm teores médios muito inferiores aos observados no granito de Buranhém (tabela 3.2). Os espectros (fig 3.5A) dos granitóides de Nanuque e Salomão mostram oscilações muito semelhantes entre si e uma configuração geral muito parecida com o espectro dos kinzigitos. Já os granitóides de Buranhém, talvez por terem maior interação com os granitos I de Santo Antônio do Jacinto, mostram espectro paralelo ao de Guaratinga em sua maior parte. É de se supor que, não só os granitos I sofreram influência dos granitos S, mas também estes acabaram adquirindo material dos I. Assim o espectro do Buranhém em posição intermediária entre os S de Salomão e Nanuque e os granitóides I (Guaratinga) está mostrando na verdade uma mistura simples de dois magmas com assinaturas diferentes.

No diagrama de ETR da fig. 3.5 B, os espectros do S de Salomão e de Nanuque mostram uma pequena diferença, caracterizada pela ausência de anomalia negativa nos primeiros. Para os demais elementos os espectros são praticamente coincidentes e guardam acentuada semelhança com os kinzigitos. O espectro de Buranhém retrata uma mistura entre os granitos S não associados a granitos I (como o de Nanuque) e os granitos I (como a fácies Guaratinga).

3.2.2.2 — Conclusões

Os granitos S ocorrem na área sob diversas formas. Os corpos mais “difusos” e de menor porte como os de Nanuque e S-Salomão mantêm características mais marcantes de sua fonte metassedimentar. Já os corpos de grandes dimensões, como Buranhém, que ocorrem associados aos granitóides I mostram composições que indicam a presença marcante de mistura entre ambos, a ponto de não se saber ao certo, tanto em afloramento quanto composicionalmente, qual o tipo presente.

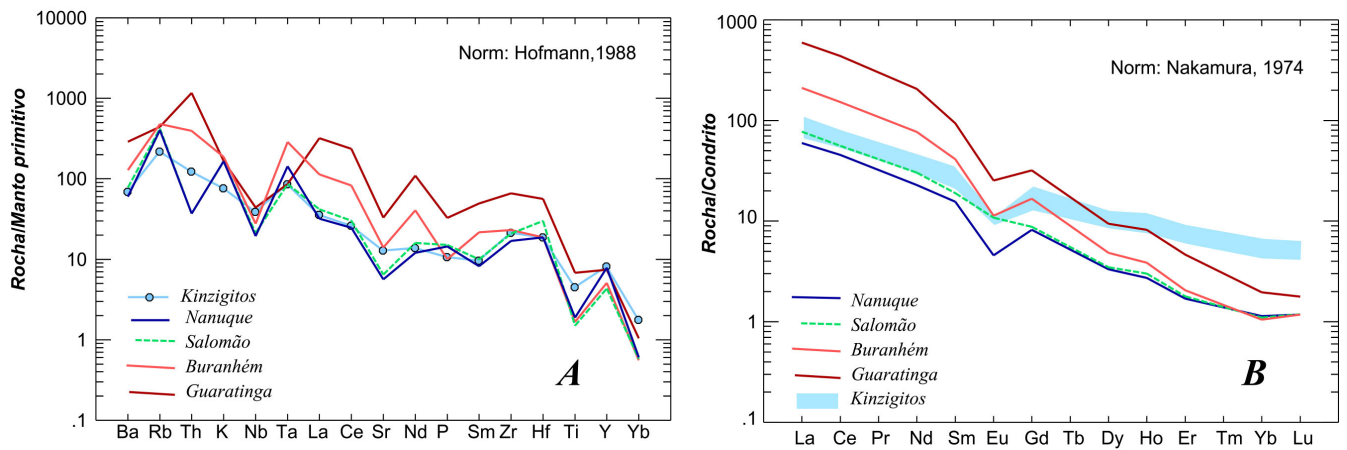


Fig. 3.5 — (A): diagrama multielementar; (B): espectros de ETR. Granitos S. As figuras destacam a semelhança entre os espectros dos granitóides de Nanuque e Salomão (S) com os kinzigitos. Mostram também o deslocamento dos teores do granitóide de Buranhém na direção dos granitos I (Guaratinga), caracterizando a mistura entre magmas do tipo S (como o de Nanuque) com magmas do tipo I.

3.2.3 — Interação entre os granitos I e S

Ao longo deste texto, várias vezes foi aventada a presença de interação entre magmas de assinatura I e S para justificar o quimismo dos granitóides da área. Contudo alguns pressupostos devem ser assumidos, para que o raciocínio seja válido.

Inicialmente deve se considerar que o magmatismo alcalino, suposta fonte mantélica dos granitóides I, é de alta temperatura, e os dados como, teor de Zr e P_2O_5 (Watson & Harison, 1984) comprovam isto. Temperaturas elevadas favorecem a presença de contaminação do magma original pelo material da encaixante. Isto fica bem evidente em derrames komatiíticos (Huppert & Sparks, 1985), mas nada impede que possa ocorrer, ainda que em intensidade desconhecida, com magmas básicos à félsicos. O segundo pressuposto é que haja evidências da presença de magmatismo I e S de mesma idade. Como foi visto anteriormente (item 3.1) as idades dos diversos granitos são muito parecidas e a interação entre eles, portanto, pode ter ocorrido.

O magma mantélico interagiu, tanto com líquidos produzidos pela fusão parcial de crosta ígnea (TTG?), como também aqueles produzidos pela fusão parcial dos metassedimentos (kinzigitos). Grandes volumes de líquidos I e S devem então ter ascendido juntos até as regiões crustais mais elevadas. No início de diferenciação, provavelmente já em nível de câmara magmática, houve a primeira mistura entre os dois líquidos e a evidência mais clara são os elevados teores de Al_2O_3 , nos granitóides I. Mesmo com o avanço da diferenciação, a temperatura ainda permaneceu suficientemente elevada para facilitar a mistura entre os líquidos como está caracterizada nos diagramas da fig. 3.6.

Nos diagramas da fig. 3.6 são inicialmente mostrados os *trends* evolutivos dos granitos I (fácies Guaratinga) e os componentes de um modelo de fusão parcial de um sedimento, com a composição dos xistos do Grupo Macaúbas (semelhante à dos kinzigitos), assim definidos: Co = composição inicial; Cs = composição do sólido residual, com a seguinte composição modal: cordierita (40,35%), biotita (21,78%), quartzo (26,88), hiperstênio (8,77%) e ilmenita (2,12%). O líquido produzido por uma taxa de fusão (f) igual a 0,56 é análogo a média dos granitos S de Salomão cujos pontos representativos estão também mostrados. Em todos os diagramas o *trend* de diferenciação ígneo sofre uma inflexão muito acentuada na direção da composição dos granitos S. Como a inflexão ocorre, com todos os elementos, em torno de 65% de SiO_2 , o granito I a partir deste patamar passa a ter cada vez mais as características dos granitos S, até se confundirem com eles quando os teores de SiO_2 atingem valores superiores a 70%. No diagrama R1R2 (fig. 3.7), onde estão todas as amostras das fácies Guaratinga e Morro do Pescoço além das amostras dos granitos de Buranhém, a presença do desvio composicional causado pela mistura está muito clara: o *trend* ígneo (I) normal é bruscamente desviado e os teores se deslocam até se juntarem e se confundirem com os dos granitóides S, no final da diferenciação.

As inflexões de *trend* também podem significar alteração nas proporções dos minerais que estão sendo fracionados, mas no presente caso, como todos os diagramas mostram flexões em 65% de SiO_2 , isto deve ser considerado como um padrão de mistura entre os dois magmas, já que é pouco provável que tenha havido uma alteração na taxa de cristalização para todos os minerais a partir de um mesmo ponto. Esta seria, portanto, a razão porque as amostras I, cujos teores estão no segmento acima de 65%, são peraluminosas e semelhantes aos granitos

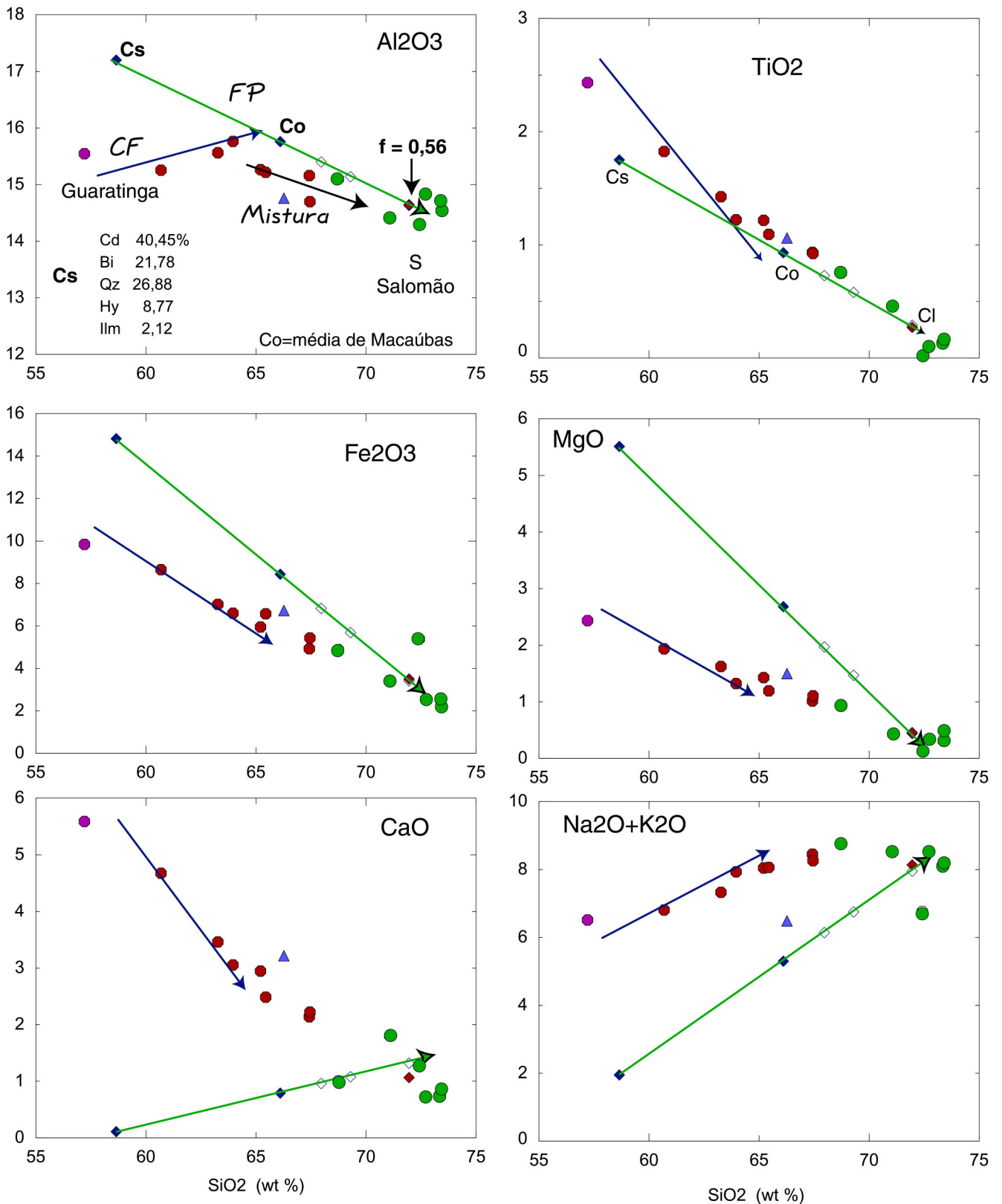


Fig. 3.6 — Modelo de fusão parcial de material análogo aos kinzigitos. Os diagramas ilustram o desvio composicional dos granitos I (Guaratinga) devido a mistura com material de assinatura S (Sa-lomão). Os trends mostram que não só a cristalização fracionada (CF) se deslocou na direção das composições S, como também algumas amostras do S mostram desvios na direção dos granitos I. Os losangos vazados sobre a reta de fusão parcial (FP) representam as taxas de fusão (f) de 0,80, 0,70 e 0,60 respectivamente; o losango vermelho representa a composição média dos granitóides S de Salomão.

S. Isto também justifica a semelhança entre os padrões de ETR nos granitos S de Buranhém e os dos granitos I, comentada no item anterior.

3.2.4 - Interação entre os granitos I e as encaixantes

Outro tipo de contaminação é a que ocorre através da assimilação, pelos granitóides, da encaixante kinzigítica nas zonas de contato, formando rochas com composições híbridas, que preservam a assinatura I. Nestas zonas são freqüentes os restos kinzigíticos dentro da massa granítica e o acentuado desenvolvimento de minerais aluminossilicáticos. Os granitos adquirem aspecto semelhante ao dos kinzigitos encaixantes, tornando difícil sua identificação. Na tabela 3.1 estão relacionados sete amostras coletadas como sendo kinzigitos cujos dados químicos, no entanto, revelaram se tratar de granitóides.

Esta contaminação gera produtos um pouco diferentes daqueles descritos no item anterior. Aqui o magma granítico “digere” quase totalmente pedaços da encaixante. Isto altera a composição original, gerando um líquido cuja composição acaba sendo desviada na direção da média dos kinzigitos encaixantes.

A figura 3.7 também é bastante didática para mostrar este aspecto da interação granitos-encaixantes. O posicionamento dos pontos representativos dos granitos contaminados, à meia distância, entre o *trend* I e a zona onde se posicionam os kinzigitos, mostra que o processo é diferente da mistura entre magmas I e S, também mostrado no diagrama. Esta feição é a mesma exibida nos diagramas da fig. 3A onde o processo de mistura também fica bem caracterizado.

Para esclarecer melhor os processos aqui descritos, foi elaborado um desenho esquemático (fig. 3.8) onde são mostradas de forma bastante simplificada as interações que podem ocorrer entre líquidos graníticos de natureza I e S, e deles com as encaixantes.

3.3 – Magmatismo externo

No extremo norte da área do projeto — intrusivos na infra-estrutura da faixa, composta por hornblenda biotita gnaisses — estão os granitóides denominados de Itagimirim e de Salto da Divisa (figura 3.1).

Os autores de trabalhos anteriores na região, como Pedrosa-Soares *et al.*(2001), Celino (1999) e Celino *et al.* (2000) consideraram que este magmatismo seria uma ex-

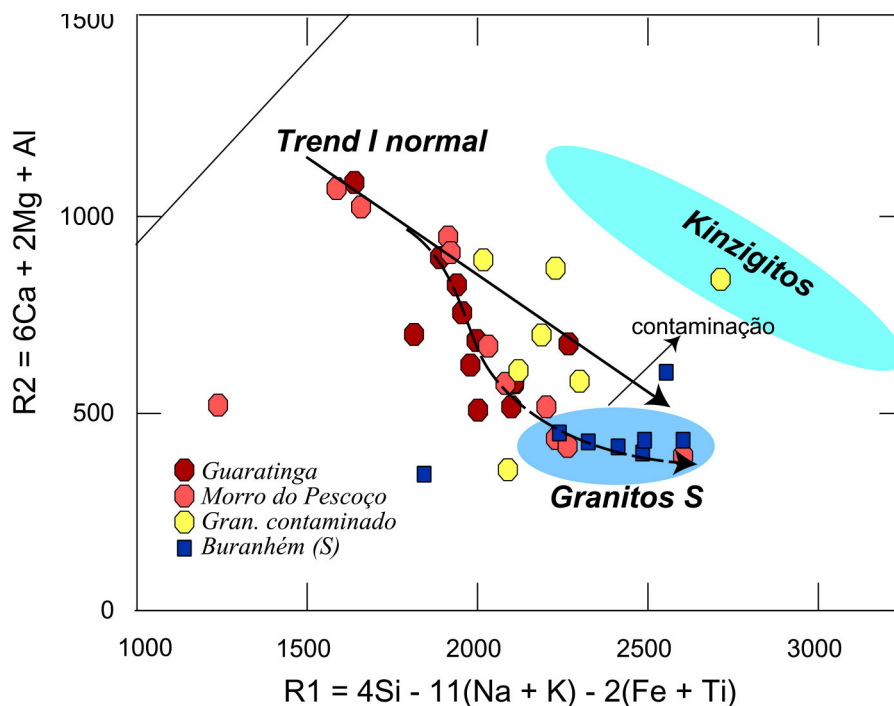


Fig. 3.7 — Diagrama R1R2. Diagrama ilustrando o deslocamento do trend evolutivo dos granitos I em função da mistura com os S. A contaminação com as encaixantes, ao contrário, provoca um deslocamento perpendicular ao trend normal conforme indicado pela pequena seta.

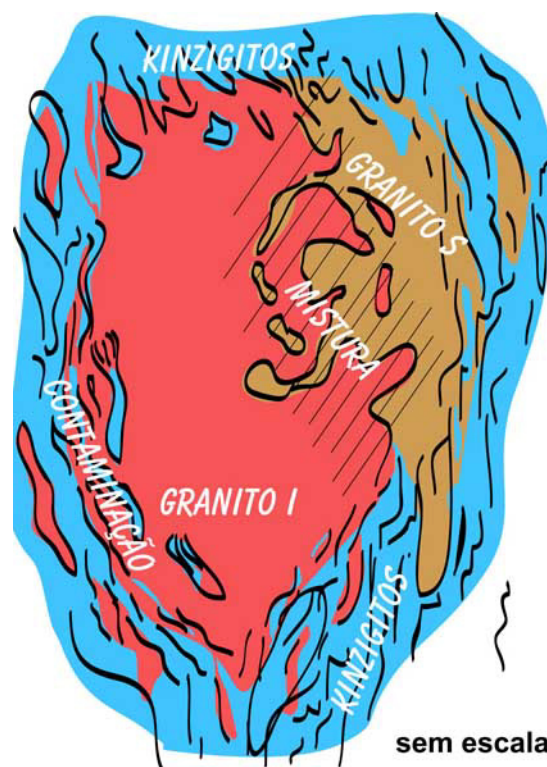


Fig 3.8 — Interação entre granitos e entre eles e as encaixantes.

tensão do que ocorreu no interior da faixa. Contudo as características químicas peculiares, aliadas a um contexto geotectônico diferente apontam para uma origem diferente, razão pela qual ele será considerado separadamente.

Os granitos da pedreira de Itagimirim (próxima da BR-101) são de cor predominantemente cinzenta, as vezes rosados. Os granitóides de Salto da Divisa são róseos e foliados, de granulação média. Os dados químicos estão na tabela 3.3 ao final deste capítulo. Na mesma tabela estão as amostras dos diques localizados no mesmo contexto e que serão considerados no capítulo seguinte.

3.3.1 — Caracterização geoquímica

Elementos maiores

Caracterizam um conjunto composto por rochas ricas em SiO_2 (média = 72%) e ao contrário dos granitos vistos anteriormente, têm caráter predominantemente metaluminoso. Seus pontos representativos no diagrama AFM (fig. 3.9A) ocupam posição peculiar junto ao eixo A-F, no segmento final das séries cálcio-alcálicas e toleíticas, diferente do que ocorre com os granitos intra-faixa (comparar com fig. 3.2A). No diagrama R1R2 (fig. 3.9B) são definidos como granitos e alcaligranitos da série cálcio-alcálica de alto K (=subalcalina), com acentuado desvio composicional na direção do *trend* alcalino.

Exibem teores de Al_2O_3 (média = 13%) inferiores aos dos granitos intra-faixa. São potássicos, razões $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ em torno de 1,5 e teores de K_2O em geral acima de 4%. Os teores de Na_2O , apesar dos granitos serem muito evoluídos, são os mais altos entre os estudados, com média acima de 3,3%. Um aspecto importante são as razões $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ (molar) muito elevadas em função dos elevados teores de Fe, em relação aos teores de Mg.

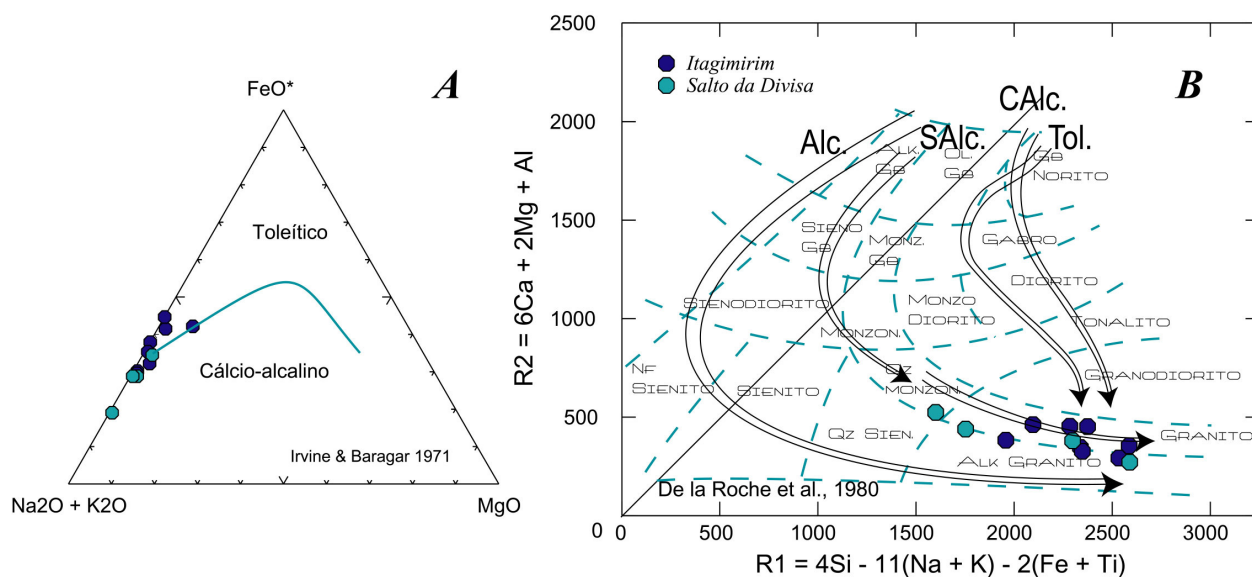


Fig. 3.9 — (A): diagrama AFM; (B): diagrama R1R2 para os granitóides de Itagimirim e Salto da Divisa.

Elementos traços

Os elementos traços, caracterizados inicialmente no diagrama multielementar da fig. 3.10A, mostram distribuição totalmente distintas das observadas nos granitos do interior da faixa (comparar tabelas 3.1 e 3.2). Inicialmente, chamam a atenção os teores elevados de Y (até 120 ppm), Zr (até mais de 500 ppm) e Hf (até 25 ppm) que provocam acentuadas anomalias positivas no espectro. Já os baixos valores de Sr, P e Ti, causam fortes anomalias negativas. Alguns elementos sobretudo Nb, La e Ce são mais enriquecidos nos granitos de Salto da Divisa do que em Itagimirim. Estas discrepâncias podem estar indicando alguma variação composicional na fonte de ambos, difícil de ser caracterizada com o atual grau de conhecimento da área.

No diagrama de ETR (fig. 3.10B) estão os espectros das amostras dos dois granitos. A única amostra discrepante é a VB-111C de Salto da Divisa, que se mostra fortemente fracionada e com acentuado empobrecimento de ETR pesados.

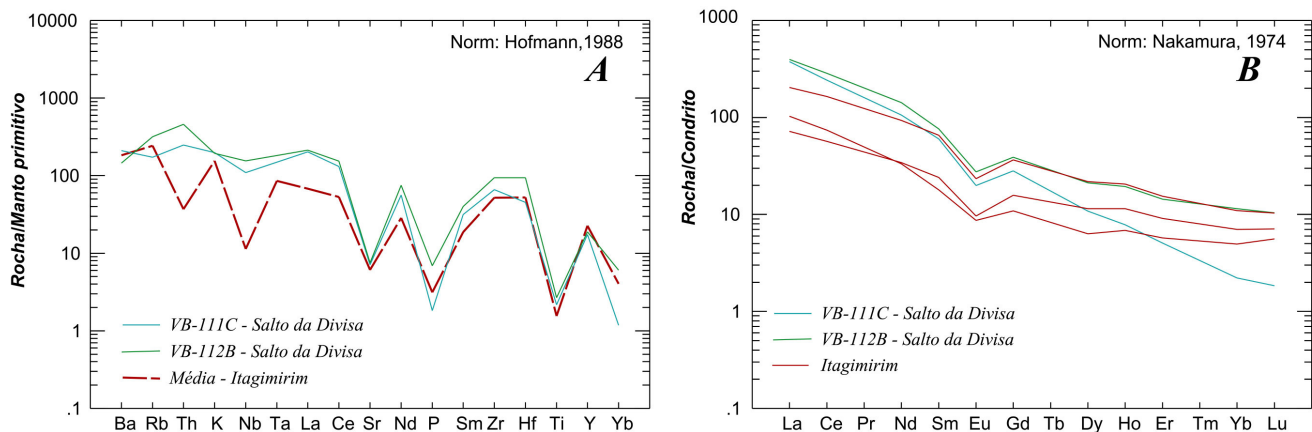


Fig. 3.10 — (A): diagrama multielementar; (B): espectros de ETR. Granitóides de Itagimirim e Salto da Divisa.

3.3.2 Conclusões

Emslie (1991) caracterizou duas grandes suites graníticas que ocorrem predominantemente no Mesoproterozóico. Uma, de espectro longo, denominou de AMCG (referindo-se aos anortosito-mangerito-charnoquito-granito rapakivi que a compõem) e a outra, de espectro composicional curto, chamou de LPA (*late, pos and anorogenic granites*), ambas produzidas pela fusão parcial de crosta ígnea, porém a participação, ou não, de material mantélico é ainda uma questão controversa.

Muitos aspectos químicos dos granitos de Itagimirim e Salto da Divisa são compatíveis, sobretudo, com a suite LPA. As características sugerem uma origem a partir de fusão crustal ígnea (granitos I, portanto) e a presença de material mantélico não é clara pois os tipos amostrados são todos muito evoluídos, com mais de 70% de SiO_2 . Nestas circunstâncias os indicativos mantélicos não são facilmente detectados. Saliente-se ainda que os granitos em estudo têm muitas características químicas análogas às dos granitóides da Suíte Lagoa Real, caracterizados por Teixeira (2000), durante a execução do Projeto Vale do Paramirim (Arcanjo *et al.*, 2000), como prováveis granitóides LPA ou AMCG, com idades superiores a 1500 ma.

A partir do conjunto de evidências acima, pode-se supor que os granitóides de Itagimirim e Salto da Divisa tenham idade mais próxima do Mesoproterozóico, ao contrário da granitogênese intra-faixa que é do Brasileiro.

Granito Salomão

Granito de Guaratinga

ID	Granito Salomão											Granito de Guaratinga											Média
	VB-26	VB-09	VB-25	VB-10	VB-27	Média	VB-60	VB-49	VB-58	VB-37	VB-45	VB-33	MM-50	VB-86	MM-01	MM-17	MM-176*	MM-248*	Média				
SiO2	47,3	59,52	65,69	66,96	68,75	65,23	60,52	63,06	63,87	64,85	65,29	67,13	67,15	67,70	68,3	67,25	62,75	67,3	64,35				
TiO2	1,6	2,01	1,11	0,75	0,84	1,18	1,82	1,42	1,22	1,21	1,09	0,93	0,92	0,74	0,89	2,4	0,76	0,55	1,22				
Al2O3	14,3	15,08	15,28	15,64	14,48	15,12	15,21	15,51	15,74	15,18	15,18	15,09	14,63	15,10	14,8	15,4	16,75	15,6	15,33				
Fe2O3	3	7,14	0,01	0,01	0,01	1,79	0,94	0,19	1,00	0,24	0,01	0,01	0,01	1,75	0,58	3	1,8	1,4	0,87				
FeO	9,2	1,61	5,06	4,71	4,49	3,97	6,99	6,18	5,08	5,16	5,95	4,45	4,91	3,10	3,3	4,7	4,5	2,8	4,94				
MnO	0,19	0,12	0,07	0,08	0,07	0,09	0,11	0,09	0,10	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	0,03	0,14	0,09	0,12	0,07				
MgO	7,9	2,01	1,42	0,69	0,95	1,27	1,93	1,62	1,32	1,42	1,19	1,01	1,10	0,94	1	2,9	2,1	1,4	1,50				
CaO	8,8	4,93	2,83	3,11	2,55	3,35	4,66	3,45	3,05	2,93	2,48	2,13	2,21	1,70	1,6	5,9	3,7	2,8	3,07				
Na2O	2,8	2,41	2,53	2,71	2,35	2,50	2,43	2,74	3,25	2,33	2,48	2,13	2,41	2,65	2,8	2,8	3,22	2,9	2,66				
K2O	3,76	4,22	5,16	5,01	5,20	4,90	4,36	4,56	4,67	5,67	5,56	6,28	5,81	5,90	6,3	3,9	3,9	4,5	5,17				
P2O5	0,27	0,80	0,58	0,30	0,31	0,50	0,75	0,84	0,56	0,40	0,47	0,35	0,34	0,27	0,34	1	0,43	0,4	0,52				
Total	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
P.F.	0,88	0,14	0,26	0,04	0,02	0,12	0,27	0,33	0,15	0,56	0,25	0,47	0,46	0,10	0,06	0,61	0	0,23	0,30				
Cr	287	33	23	19	32	27	14	25	26	28	121	21	24	10	8	79	24	107	35				
Ni	122	13	8	8	9	10	5	8	6	4	8	7	8	7	4	13	12	12	7				
Co	47	18	15	11	13	14	22	20	11	10	16	6	9	9	7	17	13	9	13				
V	248	119	97	45	62	81	147	132	81	58	87	37	58	42	45	173	118	76	89				
Cu	6	20	10	12	10	13	12	12	12	8	8	14	11	30	9	17	15	9	13				
Pb	<5	27	34	34	40	34	36	29	26	17	43	45	45	20	35	36	12	9	31				
Zn	157	209	143	114	135	150	218	132	105	141	176	140	169	88	116	177	79	38	140				
Rb	130	133	218	114	170	159	159	141	107	325	262	279	356	380	330	89	167	170	236				
Ba	583	1644	1610	1875	1332	1615	1924	4169	4014	1090	1395	1097	592	600	522	2648	1078	867	1739				
Sr	276	403	594	367	257	405	604	1178	1342	285	348	229	180	162	114	1647	470	373	596				
Ta	<5	<5	418	<5	22	220	<5	<5	<5	<5	<5	30	5	<5	<5	<5	<5	<5	18				
Nb	23	40	92	22	28	46	36	37	35	14	26	28	10	15	14	21	22	9	27				
Hf	<8	20	15	10	10	14	20	13	16	15	15	15	15	14	11	15	<8	<8	15				
Zr	104	789	552	511	399	563	815	532	756	864	717	687	612	511	579	669	264	203	637				
Y	29	48	26	24	28	32	44	32	22	24	35	28	26	26	28	35	20	17	29				
Th	10	<5	49	<5	14	32	6	5	9	137	108	151	141	206	244	14	18	12	94				
La	118,80	135,90	102,20	111,70	117,15	117,15	166,70	166,60	202,40	265,10	172,60	184,5	35,70	192,98									
Ce	233,80	260,40	182,00	226,50	225,68	225,68	369,10	277,60	353,00	503,30	378,60	332,9	69,38	369,08									
Nd	92,14	109,70	68,16	83,41	88,35	88,35	147,50	94,38	98,82	157,80	147,10	114,7	27,05	126,72									
Sm	16,78	15,82	10,54	15,18	14,58	14,58	24,90	13,27	13,67	21,56	21,34	17,32	4,79	18,95									
Eu	2,28	2,00	2,19	2,05	2,13	2,13	3,68	2,26	1,04	1,35	1,39	3,86	1,30	1,94									
Gd	9,23	7,91	5,56	8,68	7,84	7,84	14,10	7,39	5,39	8,09	8,79	9,24	3,22	8,83									
Dy	4,25	2,87	2,00	3,98	3,27	3,27	5,86	3,28	1,54	2,89	2,46	3,73	1,61	3,29									
Ho	0,79	0,50	0,35	0,72	0,59	0,59	1,09	0,58	0,27	0,44	0,48	0,66	0,22	0,59									
Er	1,53	0,97	0,70	1,47	1,17	1,17	2,14	1,04	0,51	0,69	0,81	1,39	0,44	1,10									
Yb	0,73	0,39	0,33	0,70	0,54	0,54	0,89	0,45	0,22	0,30	0,28	0,66	0,38	0,47									
Lu	0,11	0,06	0,05	0,11	0,08	0,08	0,12	0,07	0,03	0,05	0,05	0,10	0,07	0,07									
F	2500	3100	2600	720	1600	2005	3900	2400	1700	4200	2100	2400	3500	2400	2700	2500	940	640	2886				
Mo	9	8	8	8	8	8	9	9	9	11	11	9	9	16	12	10	16	<5	10				
Li	25	8	12	5	9	9	10	11	7	14	11	10	11	16	12	10	16	<5	11				
Cl	116	665	1485	67	300	629	1370	776	264	1505	1634	1699	850	976	691	1631	1230	566	1157				
S	<50	454	133	235	135	239	315	546	445	113	169	56	345	<50	<50	380	<50	<50	284				

Obs.: VB-09=MM-46; VB-10=LH-35; VB-27=MM-231; VB-60=JB-94; VB-37=JB-145; VB-45=JB-109; VB-33=JB-42; VB-86=JB-150

Tabela 3.1- Dados químicos dos granitóides de Salomão e de Guaratinga

Granito de Morro do Pesçoço

ID	Granito de Morro do Pesçoço											Granitos Contaminados											Média
	VB-31	VB-41	VB-44A	VB-38A	VB-34B	JB-113	JB-90	JM-227	HL-94*	HL-97*	HL-98*	Média	VB-38B	HL-15	VB-47A	VB-47C	VB-24A	VB-04B	VB-04A	Média			
SiO2	57,12	59,42	62,98	66,98	68,70	71,1	64,6	59,9	70,6	55,6	72,9	63,04	60,89	66,75	61,77	66,85	64,49	66,83	71,11	65,53			
TiO2	2,43	2,04	1,12	0,98	0,87	0,37	1,4	1,9	0,48	2,9	0,3	1,49	2,01	0,94	1,94	0,90	1,32	0,45	0,25	1,12			
Al2O3	15,52	15,80	15,67	14,98	15,01	14,74	14,7	14,85	14,4	14,7	13,5	15,40	15,07	13,84	15,32	15,28	14,70	16,38	13,84	14,92			
Fe2O3	2,13	1,22	0,78	0,01	0,01	0,89	2,35	3,35	0,31	2,8	0,6	0,83	1,61	0,22	0,12	0,01	2,33	0,01	0,01	0,62			
FeO	7,00	6,52	4,48	4,73	3,63	1,8	4,3	5,3	3,6	7,3	2,7	5,27	6,03	7,47	7,45	4,72	5,17	5,29	3,01	5,59			
MnO	0,13	0,10	0,05	0,04	0,03	0,14	0,08	0,12	0,08	0,25	0,07	0,07	0,10	0,12	0,07	0,07	0,11	0,09	0,03	0,09			
MgO	2,43	2,45	1,42	1,11	0,99	0,57	1,4	1,9	0,59	3,1	0,48	1,68	2,41	0,83	2,35	1,01	1,52	1,40	0,55	1,44			
CaO	5,58	4,79	1,32	2,11	1,61	1,1	3	4,96	1	5,85	1	3,08	4,42	2,52	4,19	2,41	3,14	4,20	0,55	3,06			
Na2O	2,64	2,55	1,83	2,31	2,32	2,8	2,95	2,74	2,8	2,7	2,4	2,33	2,51	2,52	2,65	2,51	2,54	3,20	1,40	2,48			
K2O	3,86	3,77	9,16	6,03	6,14	6,1	4,63	3,9	5,84	3,5	5,8	5,79	3,82	4,34	2,96	5,53	4,16	1,90	8,83	4,50			
P2O5	0,99	0,96	0,61	0,36	0,27	0,19	0,55	0,94	0,24	1,3	0,2	0,64	0,86	0,40	0,82	0,39	0,52	0,13	0,20	0,48			
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			
P.F.	0,16	0,38	0,57	0,37	0,43	0,2	0,04	0,14	0,06	0	0,05	0,38	0,27	0,03	0,36	0,32	0,01	0,14	0,22	0,19			
Cr	32	33	26	15	17	91	15	12	19	188	11	25	49	22	45	15	28	26	18	29			
Ni	16	11	6	8	6	15	4	4	5	12	4	9	8	7	15	10	13	9	7	10			
Co	24	22	11	14	8	16	10	12	4	19	3	16	18	11	24	17	18	10	5	15			
V	138	171	74	73	33	150	88	148	30	184	18	98	136	49	155	78	98	73	18	87			
Cu	22	14	10	4	5	15	17	13	8	18	18	11	17	18	26	13	20	15	6	16			
Pb	25	16	46	49	45	<5	20	30	32	23	31	36	12	22	19	42	27	17	49	27			
Zn	218	205	141	128	107	91	161	192	75	183	44	160	206	151	216	155	151	107	49	148			
Rb	116	168	347	280	269	314	226	83	309	97	249	236	161	148	196	247	138	73	289	179			
Ba	1655	1664	1869	925	944	537	1542	4201	750	2198	624	1411	1609	869	1607	1395	1235	290	660	1095			
Sr	475	708	510	248	228	194	448	1060	188	930	197	434	558	202	491	489	283	188	168	340			
Ta	90	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	90	<5	<5	<5	<5	33	<5	<5	33			
Nb	65	30	19	15	18	13	35	32	25	34	7	29	31	22	36	15	35	18	12	24			
Hf	25	12	15	11	16	<8	17	<8	8	17	<8	16	16	13	16	10	15	<8	<8	14			
Zr	908	614	555	554	647	250	723	472	341	610	231	656	646	490	634	471	604	163	32	434			
Y	45	34	29	30	22	19	40	43	33	43	30	32	42	36	31	19	44	16	15	29			
Th	8	10	35	117	183	75	114	45	112	25	68	71	26	6	13	77	10	<5	<5	26			
La	108,60	147,30	178,10	185,10	150,30	73,10	127,80	2800	1200	3200	860	144,67	3800	1050	3200	2300	1500	720	360	112,74			
Ce	250,40	258,20	385,10	167,70	53,07	150,30	237,50	2800	1200	3200	860	297,90	11	11	10	9	9	12	11	202,83			
Nd	112,90	77,85	167,70	26,81	8,77	0,80	91,68	2800	1200	3200	860	119,48	10	10	9	9	9	12	11	67,41			
Sm	20,18	10,32	26,81	1,76	0,80	0,80	15,41	2800	1200	3200	860	19,10	6	6	5	5	5	13	8	10,62			
Eu	2,92	1,63	1,76	11,49	4,34	4,34	2,73	2800	1200	3200	860	2,10	7	7	7	7	7	8	9	1,36			
Gd	10,98	4,27	11,49	3,92	1,44	1,44	8,89	2800	1200	3200	860	8,91	7	7	7	7	7	8	9	5,43			
Dy	5,38	1,64	3,92	0,64	0,22	0,22	4,09	2800	1200	3200	860	3,65	7	7	7	7	7	8	9	2,31			
Ho	0,93	0,30	0,64	1,08	0,32	0,32	0,70	2800	1200	3200	860	0,62	7	7	7	7	7	8	9	0,41			
Er	1,86	0,51	1,08	0,42	0,21	0,21	1,35	2800	1200	3200	860	1,15	7	7	7	7	7	8	9	0,84			
Yb	0,83	0,20	0,42	0,07	0,04	0,04	0,70	2800	1200	3200	860	0,48	7	7	7	7	7	8	9	0,46			
Lu	0,12	0,03	0,07	0,04	0,04	0,04	0,10	2800	1200	3200	860	0,07	7	7	7	7	7	8	9	0,07			
F	2700	4200	2700	1600	1500	900	3400	2800	1200	3200	860	2540	3800	1050	3200	2300	1500	720	360	1847			
Mo	9	9	14	10	9	<5	15	8	10	7	7	10	11	11	10	9	9	12	11	10			
Li	7	17	10	14	7	<5	15	8	10	7	7	11	6	9	11	12	5	13	8	9			
Cl	585	2051	1465	1377	1193	441	1565	1316	579	1425	244	1334	1979	70	3152	1335	673	106	<20	1219			
S	372	195	51	71	<50	<50	72	341	<50	424	136	172	472	239	329	<50	329	136	74	263			

VB-31=JB-96; VB-41=JB-106; VB-44=JB-109; VB-38=JB-98; VB-47=JB-86; VB-24=MM-134; VB-04=HL-42

* Granitoides de Santo Antônio do Jacinto

Tabela 3.1-(cont.) Dados químicos dos granitoides de Morro do Pesçoço e Contaminados

ID	Nanuque				S de Salomão				Buranhém				Média							
	VB-05	VB-01A	VB-06	Média	VB-14A	VB-13A	VB-19	VB-22	VB-11	VB-20A	Média	VB-52C		VB-34C	VB-52D	VB-53	JM-20I	VB-56	VB-50	VB-54A
SiO2	72,08	72,35	73,10	72,51	68,43	70,96	71,66	72,48	73,04	73,26	71,64	70,09	70,26	70,42	71,79	71,8	72,46	72,73	72,97	71,57
TiO2	0,37	0,41	0,25	0,34	0,75	0,46	0,02	0,10	0,14	0,16	0,27	0,39	0,20	0,46	0,27	0,27	0,26	0,28	0,29	0,30
Al2O3	13,87	13,38	14,56	13,94	15,03	14,39	14,14	14,78	14,65	14,51	14,58	14,65	15,88	14,29	14,78	14,7	14,39	13,54	14,19	14,55
Fe2O3	2,21	0,01	1,70	1,31	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,88	0,01	0,63	0,01	0,20
FeO	1,31	3,85	0,85	2,00	4,41	3,10	4,84	2,30	2,29	2,02	3,16	3,03	3,02	3,72	2,30	2	2,62	2,42	2,42	2,69
MnO	0,06	0,05	0,06	0,06	0,03	0,04	0,09	0,03	0,05	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,12	0,02	0,03	0,02	0,04
MgO	0,82	0,79	0,51	0,71	0,94	0,43	0,13	0,34	0,31	0,49	0,44	0,48	0,65	0,59	0,40	0,39	0,39	0,29	0,48	0,46
CaO	1,21	1,52	0,87	1,20	1,00	1,80	1,26	0,72	0,73	0,85	1,06	0,33	2,41	1,31	1,10	1	1,21	1,11	1,21	1,21
Na2O	2,21	2,13	2,89	2,41	3,31	2,50	3,78	2,70	2,99	2,92	3,03	2,12	3,72	2,62	2,80	2,7	2,72	2,22	2,72	2,70
K2O	5,43	5,17	4,79	5,13	5,41	6,00	2,91	5,79	5,08	5,24	5,07	8,48	3,12	6,04	5,99	5,7	5,54	6,36	5,23	5,81
P2O5	0,18	0,20	0,31	0,23	0,22	0,14	0,11	0,42	0,25	0,28	0,24	0,20	0,11	0,18	0,14	0,16	0,17	0,16	0,19	0,16
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
P.F.	0,24	0,16	0,13	0,18	0,47	0,18	1,08	0,35	0,47	0,23	0,46	0,18	0,59	0,33	0,41	0	0,22	0,21	0,27	0,28
Cr	31	28	18	26	19	14	101	21	18	19	32	14	21	16	11	105	14	19	14	27
Ni	11	8	7	9	6	5	88	7	9	5	20	8	12	7	7	6	8	7	9	8
Co	8	7	6	7	6	8	26	4	7	5	9	13	11	14	12	5	13	5	13	11
V	45	42	27	38	34	33	86	10	20	<10	37	38	43	50	34	13	33	12	36	32
Cu	7	11	2	7	7	4	57	6	13	4	15	6	14	7	4	9	5	11	6	8
Pb	33	29	19	27	23	33	8	44	25	19	25	51	33	39	36	9	42	36	39	36
Zn	55	59	47	54	104	89	118	53	22	35	70	115	66	83	36	28	47	88	42	63
Rb	193	190	263	215	328	286	57	235	191	246	224	374	121	326	302	234	201	287	202	256
Ba	392	430	268	363	355	1460	45	404	276	271	469	998	271	887	596	814	928	637	1051	773
Sr	107	118	81	102	83	281	41	108	107	81	117	197	183	266	195	244	328	255	367	254
Nb	11	8	17	12	17	11	19	6	12	14	13	29	<5	19	11	9	11	25	12	17
Ta	<5	<5	18	18	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	12	15	<5	<5	<5	<5	<5	8	12
Hf	<8	<8	<8	<8	10	8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	8	<8	<8	<8	<8	<8	8
Zr	184	189	119	164	432	371	165	74	73	93	201	256	192	332	149	190	162	302	201	223
Y	38	37	19	31	21	22	7	22	11	19	17	30	19	20	15	23	12	21	18	20
Th	<5	5	<5	5	218	<5	<5	<5	<5	<5	<5	36	<5	54	9	46	18	52	8	32
La	26,08	13,19	19,64	19,64	56,43	12,79	7,12	14,12	14,12	14,12	25,45	95,84	47,19	111,70	53,29	58,28	30,76	77,55	67,80	
Ce	50,61	27,93	39,27	39,27	103,50	26,89	14,12	4,43	4,43	4,43	48,17	186,80	94,58	212,30	109,61	111,30	46,76	139,20	128,65	
Nd	17,42	11,25	14,34	14,34	41,33	11,08	2,63	0,89	0,89	0,89	18,95	64,99	39,83	86,02	41,12	37,32	10,90	46,89	46,72	
Sm	4,01	2,31	3,16	3,16	7,96	2,63	0,29	0,20	0,20	0,20	3,83	12,19	7,58	12,41	7,63	6,96	1,74	8,32	8,12	
Eu	0,42	0,27	0,35	0,35	2,02	0,29	0,09	0,09	0,09	0,09	0,83	0,92	0,95	1,19	0,87	0,70	0,20	1,09	0,85	
Gd	2,86	1,65	2,26	2,26	4,50	2,09	0,63	0,63	0,63	0,63	2,41	6,56	4,92	5,88	4,07	4,05	0,97	5,15	4,51	
Dy	1,47	0,81	1,14	1,14	2,06	1,15	0,35	0,35	0,35	0,35	1,19	2,34	1,74	2,00	1,54	1,90	0,25	2,02	1,69	
Ho	0,24	0,14	0,19	0,19	0,37	0,18	0,07	0,07	0,07	0,07	0,21	0,38	0,26	0,36	0,23	0,25	0,04	0,36	0,27	
Er	0,49	0,27	0,38	0,38	0,74	0,31	0,17	0,17	0,17	0,17	0,40	0,60	0,47	0,61	0,41	0,45	0,06	0,62	0,46	
Yb	0,30	0,21	0,25	0,25	0,33	0,28	0,12	0,12	0,12	0,12	0,24	0,25	0,29	0,25	0,22	0,33	0,04	0,32	0,24	
Lu	0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06	0,01	0,05	0,04	
F	370	540	430	447	1550	1600	250	280	130	350	693	1100	220	1250	640	270	360	880	450	646
Mo	9	11	6	9	8	7	9	10	8	10	9	12	8	9	11	9	9	11	9	10
Li	10	10	<5	10	17	11	45	10	7	11	17	9	<5	11	9	<5	7	7	6	8
Cl	<20	82	<20	82	631	339	304	65	<20	43	276	694	271	879	248	268	336	946	370	502
S	295	179	157	210	<50	131	1945	<50	578	<50	885	<50	230	<50	<50	<50	50	<50	<50	140

VB-05=HL-05; VB-01=HL-09; VB-06=HL-43; VB-14A=MM-252; VB-22=HL-39; VB-11=HL-36; VB-20A=MM-02; VB-52=HL-89; VB-34=IB-98; VB-56=JM-47; VB-54=HL-76

Tabela 3.2 - Dados químicos dos granitóides S

ID	Diques							Itagimirim							Salto da Divisa						
	JM-174 B	JM263B	VB-61A	VB-61G	Média	VB-67	VB-61N	VB-61E	VB-61D	VB-61H	VB-61L	VB-61C	Média	JM-7B	VB11C	VB11D	VB112B	VB112D	Média		
SiO2	47,4	44	48,29	49,92	47,40	71,09	70,37	70,13	73,44	73,55	72,23	75,17	72,28	71,20	69,10	72,70	66,50	76,00	71,10		
TiO2	4,1	0,97	1,70	1,89	2,16	0,53	0,43	0,24	0,16	0,26	0,24	0,13	0,28	0,30	0,39	0,28	0,48	0,03	0,30		
Al2O3	13,4	18,5	15,26	17,34	16,13	12,38	13,95	13,12	12,71	12,59	11,78	11,02	12,51	13,10	14,10	12,60	14,80	12,30	13,38		
Fe2O3	1,6	11	3,39	7,07	5,77	0,60	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	1,40	0,73	1,70	1,70	1,10	1,33		
FeO	11,6	3	7,98	3,59	6,54	5,22	4,29	6,31	3,80	4,70	6,52	4,58	5,06	2,80	3,40	2,10	3,70	1,10	2,62		
MnO	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19	0,09	0,07	0,04	0,05	0,07	0,06	0,03	0,06	0,09	0,12	0,06	0,15	0,03	0,09		
MgO	5,7	6,4	8,38	4,68	6,29	0,26	0,37	1,18	0,12	0,01	0,01	0,10	0,29	0,16	0,22	<0,10	0,34	<0,10	0,24		
CaO	8	12,6	9,48	9,37	9,86	1,84	1,59	1,28	0,85	1,00	0,89	0,67	1,16	1,10	1,40	1,20	2,00	0,25	1,19		
Na2O	2,3	2	2,49	3,69	2,62	2,86	3,59	3,75	3,40	3,10	3,21	3,32	3,32	3,70	3,70	3,00	3,60	3,00	3,40		
K2O	1,8	0,51	2,10	1,49	1,48	5,01	5,08	3,75	5,30	4,60	4,87	4,97	4,80	5,80	6,10	5,90	6,00	5,80	5,92		
P2O5	2,2	0,089	0,28	0,31	0,72	0,11	0,11	0,03	0,03	0,03	0,05	0,01	0,05	0,08	0,03	0,03	0,11	0,02	0,05		
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
P.F.	0,26	0,37	0,46	0,47	0,39	0,01	0,15	0,18	0,14	0,10	0,16	0,01	0,11	0,29	0,18	0,06	0,40	0,00	0,19		
Cr	76	110	418	144	187	17	15	11	23	19	13	22	17	11	81	13	53	6	33		
Ni	48	62	118	50	70	4	3	5	6	4	6	6	5	3	5	3	5	4	4		
Co	37	34	55	32	40	7	8	13	5	5	4	13	8	2	5	3	6	3	4		
V	182	281	303	257	256	10	16	33	<10	<10	10	31	20	10	<10	11	<10	<10	11		
Cu	29	7	29	43	27	10	5	4	7	4	5	6	6	5	6	5	7	6	6		
Pb	14	15	9	6	11	22	25	15	28	23	22	31	24	11	5	21	11	29	15		
Zn	281	113	134	97	156	170	97	47	71	134	126	40	98	126	45	94	46	29	68		
Rb	17	<5	44	22	28	83	120	125	207	86	181	107	130	102	92	121	168	208	138		
Ba	1156	203	620	386	591	1889	1289	604	870	1220	1139	696	1101	495	1264	638	871	62	666		
Sr	532	1107	336	534	627	148	194	57	113	66	71	128	111	63	128	78	136	39	89		
Ta	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	7	<5	<5	<5	<5	7	<5	<5	<5	<5	<5	<5		
Nb	31	<5	14	28	24	42	45	70	28	66	57	19	47	182	67	108	95	169	124		
Hf	15	<8	<8	<8	15	13	10	18	8	18	15	<8	14	19	12	15	25	11	16		
Zr	732	96	106	153	272	641	374	687	298	742	557	214	502	697	634	547	904	274	611		
Y	43	19	20	27	27	103	79	97	76	120	113	38	89	98	68	104	74	92	87		
Th	8	8	<5	<5	8	<5	<5	14	14	7	<5	<5	11	33	20	43	37	43	35		
La	14,59	17,87	20,94	17,80	17,80	23,66	23,66	67,07	33,92	67,07	67,07	33,92	41,55	122,90	122,90	129,90	129,90	126,40	126,40		
Ce	30,14	37,47	42,00	36,54	36,54	49,02	49,02	142,10	64,00	142,10	142,10	64,00	85,04	208,20	208,20	244,10	244,10	226,15	226,15		
Nd	10,6	17,17	19,69	15,82	15,82	21,50	21,50	58,73	20,96	58,73	58,73	20,96	33,73	66,25	66,25	88,96	88,96	77,61	77,61		
Sm	2,31	4,08	4,69	3,69	3,69	4,87	4,87	13,24	3,64	13,24	13,24	3,64	7,25	12,09	12,09	15,38	15,38	13,74	13,74		
Eu	0,715	1,21	1,39	1,11	1,11	0,74	0,74	1,80	0,67	1,80	1,80	0,67	1,07	1,52	1,52	2,10	2,10	1,81	1,81		
Gd	2,261	3,35	3,56	3,06	3,06	4,35	4,35	10,06	3,01	10,06	10,06	3,01	5,81	7,69	7,69	10,64	10,64	9,16	9,16		
Dy	1,838	2,40	2,30	2,18	2,18	3,92	3,92	7,47	2,17	7,47	7,47	2,17	4,52	3,68	3,68	7,23	7,23	5,45	5,45		
Ho	0,288	0,43	0,34	0,35	0,35	0,80	0,80	1,44	0,48	1,44	1,44	0,48	0,91	0,54	0,54	1,35	1,35	0,95	0,95		
Er	0,788	1,01	1,03	0,94	0,94	2,04	2,04	3,46	1,29	3,46	3,46	1,29	2,26	1,13	1,13	3,21	3,21	2,17	2,17		
Yb	0,648	0,59	0,58	0,61	0,61	1,54	1,54	2,40	1,09	2,40	2,40	1,09	1,67	0,48	0,48	2,50	2,50	1,49	1,49		
Lu	0,1	0,09	0,10	0,10	0,10	0,24	0,24	0,35	0,19	0,35	0,35	0,19	0,26	0,06	0,06	0,35	0,35	0,21	0,21		
F	2000	800	800	540	1035	980	1350	1800	1800	1450	2300	1050	1533	1300	560	1600	1000	110	914		
Mo	10	9	10	9	10	13	11	9	12	10	10	11	11	<5	<5	<5	<5	<5	<5		
Li	12	<5	9	6	9	6	11	14	11	7	7	5	9	<5	<5	<5	<5	<5	<5		
Cl	389	<20	175	254	273	306	130	66	61	57	59	25	101	415	197	340	371	<20	331		
S	487	<50	445	1157	696	140	77	<50	<50	118	50	70	91	<50	<50	<50	79	<50	79		

VB-61=JM+174; VB-67=JM+65

Tabela 3.3 – Dados químicos dos diques e dos granitóides intrusivos nas litologias fora da faixa de dobramentos

Foram coletadas quatro amostras de alguns diques que cortam as litologias presentes fora da faixa de dobramento Araçuaí. Os dados químicos estão lançados na tabela 3.3.

Os elementos maiores apresentam uma forte variação composicional, sobretudo em relação ao TiO_2 , FeO^* e Al_2O_3 . Os teores de SiO_2 , inferiores a 50%, não condizem por exemplo, com teores de Al_2O_3 de 18% e teores de K_2O de mais de 2%, indicando uma composição anormal para as rochas ígneas. No diagrama AFM duas das amostras são caracterizadas como toleíticas e duas como cálcio-alcálicas. No diagrama R1R2 se posicionam no setor dos basaltos alcalinos (figura 4.1).

Os espectros de ETR são típicos de basaltos toleíticos continentais levemente enriquecidos em ERT leves

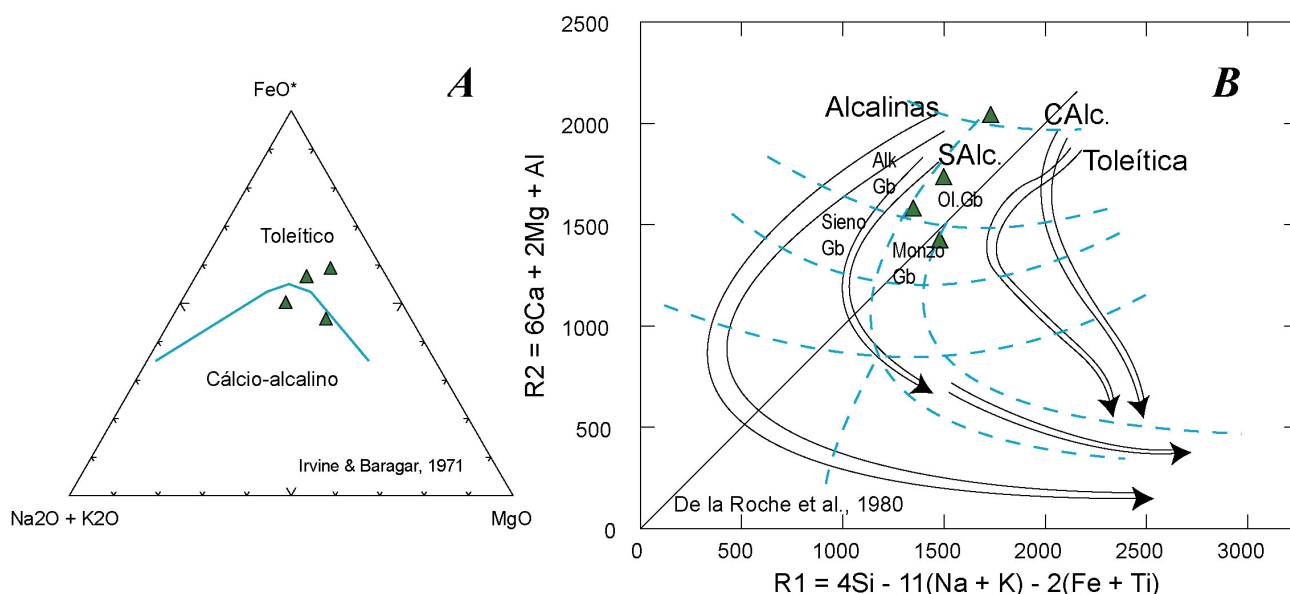


Fig. 4.1— (A): diagrama AFM; (B): diagrama R1R2 para os diques básicos da região de Itagimirim.

(até 80 x o condrito) e forte empobrecimento de pesados (2 x o condrito). Quanto aos demais elementos traços, merecem destaque os baixos teores de Cr (média de 187 ppm) e Ni (média de 70 ppm), totalmente diferentes do que seria de se esperar para rochas com os teores de SiO_2 destes diques.

Provavelmente estes diques têm uma história de cristalização fracionada bastante complexa, com a interferência marcante não só de contaminação crustal como da separação óxidos de Fe-Ti. Assim a composição ora vista representa na realidade uma mistura entre líquido e sólidos cumuláticos com importante assimilação de material crustal, daí sua linhagem petrogenética não estar muito clara.

- Arcanjo, J. B. A.; Varella, P. H. L.; Martins, A. A. M.; Loureiro, H. S. C.; Neves, J. P., 2000** - *Projeto Vale do Paramirim*. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Convênio CBPM - CPRM. 105 pp.
- Batchelor, R. A. & Bowden, P., 1985** - Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. *Chemical Geology*. v. 43. pp.: 43-55.
- Bilal, E.; Horn, A. H.; Nalini Jr, H. A.; Mello, F. M.; Correia-Neves, J. M.; Giret, A. D.; Moutte, J.; Fuzikawa, K.; Fernandes, M. L. S., 2000** - Neoproterozoic granitoid suites in Southeastern Brazil. *Rev. Bras. Geoc.* 30 (1). pp: 51-54.
- Celino, J. J. 1999** - *Variação composicional em suites de granitóides neoproterozóicos e sua implicação na evolução do Orógeno Araçuai (Brasil) - Oeste Congolês (África)*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília.. 265 p.
- Celino, J. J.; Botelho, N. F.; Pimentel, M. M.; 2000** - Genesis of neoproterozoic granitoid magmatism in the Eastern Araçuai Fold Belt, Eastern Brazil: field, geochemical and Sr-Nd isotopic evidence. *Rev. Bras. Geoc.* 30 (1). pp: 135-139
- Chappel, B. W. & White, A. J. R., 1974** - Two contrasting granite types. *Pacific Geol.*, 8. pp.: 173-174
- De la Roche, H.; Leterrier, J.; Grandcloude, P.; Marchal, M., 1980** - A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2 diagram major-elements analyses its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, v.29. pp: 183-210.
- Dussin, I. A.; Dussin, T. M.; Vieira, V. S.; Macambira, M. J. B., 1998** - Idade do Maciço de Lagoa Preta (Suite Aimorés, MG-ES): Determinação de ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb sobre zircões de hiperstênio granito. *40 Congresso Brasileiro de Geologia*, 1998. *Anais*, SBG, p: 34. Belo Horizonte.
- Emslie, R. F., 1991** - Granitoids of rapakivi granite-anorthosite and related associations. *Precambrian Research*, 51. pp:173-192.
- Faria, L. F., 1997** - *Controle e tipologia de mineralizações de grafita flake do nordeste de Minas Gerais e sul da Bahia: uma abordagem regional*. Dissertação de mestrado. UFMG, Belo Horizonte, MG.
- Harris, N. B. W. & Inger, S., 1992** - Trace element modelling of pelite-derived granites. *Contr. Mineral Petrol.* v. 110. pp.: 46 -56.
- Hofmann, A. W., 1988** - Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust. *Earth and Planet. Sci. Letters*, 90. pp: 297-314
- Huppert, H. & Sparks, R. S., 1985** - Cooling and contamination of mafic and ultramafic magmas during ascent through continental crust. *Earth and Planet. Sci. Letters*, 74. pp: 371-386
- Irvine, T. N. & Baragar, W. R. A., 1971** - A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8. pp.: 523-548
- Jung, S., Hoernes, S., Mezger, K., 2000** - Geochronology and petrology from the Proterozoic Damara Belt- importance of episodic fluid-present disequilibrium melting and consequences for granites petrology. *Lithos*, 51. pp.: 153-179
- Nakamura, N., 1974** - Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geoch. et Cosmoch. Acta*. 38. pp.: 757-775.

- Noce, C. M.; Macambira, M. B.; Pedrosa-Soares, A. C., 2000** - Chronology of Late Proterozoic-Cambrian granitic magmatism in the Araçuaí belt, Eastern Brazil, based on single zircon evaporation dating. *Rev. Bras. Geoc.* 30 (1). pp: 25-29
- Pedrosa-Soares, A. C.; Noce, C. M.; Wiedemann, C. M.; Pinto, C. P., 2001** - The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brazil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precam. Reserch*, 110. pp:307-323.
- Pitcher, W. S. 1983** - *Granite type and tectonic environment*. In: HSU, K. J. Org. Moutain Building Proces. New York. Academic Press. pp: 19-40.
- Rozendaal, A.; Gresse, P. G.; Scheepers, R.; Le Roux, J. P. 1999** - Neoproterozoic to Early Cambrian Crustal Evolution of the Pan-African Saldania Belt, South Africa. *Precam. Reserch*, v. 97 (3-4). pp.: 303-323.
- Siga Jr, O., 1986** - A evolução geocronológica da porção nordeste de Minas Gerais, com base em interpretações geocronológicas. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, SP.
- Taylor, S. R. & McLennan, S. M., 1985** - *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell, Oxford.
- Teixeira, L. R., 2000** - *Relatório Temático de Litogeoquímica* - Projeto Vale do Paramirim. Convênio CBPM/CPRM.
- Watson, E. B. & Harrison, T. M., 1984** - Accessory minerals and the geochemical evolution of crustal magmatic systems: a summary and prospectus of experimental approaches. *Phys. Earth Planet. Inter.*, v. 35. pp: 19-30.
- Weinberg, R. F., 1997** - Diapir-driven crustal convection: decompression melting, renewal of the magma source and the origin of nested plutons. *Tectonophycs*, v. 271 (3-4). pp: 217-229.

Métodos analíticos utilizados:

1 - Química Agrupada: SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, Cr₂O₃, F, Cl, S e PF.

Na e K :Digestão multiácida/Absorção C2;
FeO: Titulometria,
Cl e S: Fluorescência de Raios-X, Pó Prensado;
PF: Calcinação a 1000°C até peso constante.

2 - Absorção Atômica: Cr, Ni, Cu, Co, V, Pb, Mo, Li

3 - Fluorescência de Raio X: Rb, Sr, Ba, Ga, Cs, Nb, Y, Zr, Hf, Ta, Th, U, Sn, W.

4 - ICP: Elementos Terras Raras.

Todas as análises foram realizadas na *Lakefield Geosol Ltda.* Belo Horizonte, MG

* Meridiano central :39° W

ID	HL-015	HL-094	HL-097	HL-098	JB-009	JB-012	JB-090	JB-113	JM-007B	JM-174B	JM-201	JM-227	JM-263B
Long	383783	370677	362967	362441	411128	406466	436937	438055	397904	435000	396004	409605	430740
Lati	8032643	8164707	8164100	8162175	8081704	8082543	8119848	8127481	8231415	8226280	8163522	8153726	8186720
SiO2	66,10	70,60	55,20	72,60	59,50	59,10	64,40	70,90	71,20	47,40	71,80	59,60	44,00
TiO2	0,93	0,48	2,80	0,26	0,82	0,91	1,30	0,37	0,30	4,10	0,27	1,90	0,97
Al2O3	13,70	14,20	14,40	13,30	17,20	17,50	14,50	14,70	13,10	13,40	14,70	14,60	18,50
Fe2O3	0,22	0,31	2,70	0,60	1,50	2,70	2,20	0,89	1,40	1,60	0,88	3,20	11,00
FeO	7,40	3,60	7,00	2,60	6,40	4,60	4,30	1,80	2,80	11,60	2,00	5,00	3,00
MnO	0,12	0,08	0,25	0,07	0,14	0,15	0,08	0,14	0,09	0,19	0,12	0,12	0,19
MgO	0,82	0,59	3,10	0,45	3,00	3,30	1,40	0,57	0,16	5,70	0,39	1,90	6,40
CaO	2,50	1,00	5,80	1,00	5,70	6,50	2,90	1,10	1,10	8,00	1,00	4,80	12,60
Na2O	2,50	2,80	2,70	2,40	2,70	2,70	2,80	2,80	3,70	2,30	2,70	2,60	2,00
K2O	4,30	5,70	3,50	5,60	2,10	1,90	4,60	6,10	5,80	1,80	5,70	3,80	0,51
P2O5	0,40	0,24	1,30	0,20	0,19	0,23	0,55	0,19	0,08	2,20	0,16	0,94	0,09
Cr2O3	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	0,01
NiO	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
P.F	0,03	0,06	0,00	0,05	0,00	0,10	0,04	0,20	0,29	0,26	0,00	0,14	0,37
Cr	22	19	188	11	35	91	15	91	11	76	105	12	110
Ni	7	5	12	4	13	15	4	15	3	48	6	4	62
Co	11	4	19	3	16	16	10	16	2	37	5	12	34
V	49	30	184	18	149	153	88	150	10	182	13	148	281
Cu	18	8	18	18	21	18	17	15	5	29	9	13	7
Pb	22	32	23	31	< 5	< 5	20	< 5	11	14	9	30	15
Zn	151	75	183	44	122	91	161	91	126	281	28	192	113
Rb	148	309	97	249	62	66	226	314	102	17	234	83	< 5
Ba	869	750	2198	624	426	522	1542	537	495	1156	814	4201	203
Cs	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sr	202	188	930	197	256	292	448	194	63	532	244	1060	1107
Ta	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Nb	22	25	34	7	11	9	35	13	182	31	9	32	< 5
Hf	13	8	17	< 8	< 8	< 8	17	< 8	19	15	< 8	< 8	< 8
Zr	490	< 10	610	< 10	< 10	203	< 10	250	18	< 10	190	< 10	96
Y	36	341	43	231	176	19	723	19	697	732	23	472	19
Th	6	112	25	68	17	13	114	75	33	8	46	45	8
U	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
La			127,80			22,23		73,10			58,28		14,59
Ce			237,50			39,12		150,30			11,30		30,14
Nd			91,68			12,93		53,07			37,32		10,60
Sm			15,41			2,23		8,77			6,96		2,32
Eu			2,73			0,63		0,80			0,70		0,72
Gd			8,89			1,72		4,34			4,05		2,26
Dy			4,08			0,87		1,44			1,90		1,84
Ho			0,70			0,13		0,22			0,25		0,29
Er			1,35			0,26		0,32			0,45		0,79
Yb			0,70			0,18		0,21			0,33		0,65
Lu			0,10			0,03		0,04			0,06		0,10
F	1050	1200	3200	860	640	700	3400	900	1300	2000	270	2800	800
Sn	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
W	< 10	33	11	30	20	13	40	< 10	98	43	< 10	43	12
Mo	11	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Li	9	10	7	7	7	< 5	15	< 5	< 5	12	< 5	8	< 5
Cd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cl	70	579	1425	244	34	129	1565	441	415	389	268	1316	< 20
S	239	< 50	424	136	196	159	72	< 50	< 50	487	< 50	341	< 50

ID	LH-047	MM-001	MM-017	MM-050	MM-176	MM-248	VB-001A	VB-003	VB-004A	VB-004B	VB-005	VB-006	VB-009
Long	407685	363850	383326	367441	378082	369970	381190	358720	353500	353500	349240	349722	375400
Lati	8081335	8099200	8092990	8064429	8126059	8124318	8021875	8049917	8059030	8059030	8058660	8064250	8108840
SiO2	62,20	68,10	57,00	67,00	62,50	67,00	71,40	66,80	70,90	66,90	71,70	73,30	59,20
TiO2	0,74	0,89	2,40	0,92	0,76	0,55	0,40	0,83	0,25	0,45	0,37	0,25	2,00
Al2O3	17,30	14,50	15,40	14,60	16,60	15,50	13,20	14,50	13,80	16,40	13,80	14,60	15,00
Fe2O3	1,80	0,58	3,00	< 0.01	1,80	1,40	< 0.01	0,99	< 0.01	< 0.01	2,20	1,70	7,10
FeO	4,70	3,30	4,70	4,90	4,40	2,80	3,80	4,50	3,00	5,30	1,30	0,85	1,60
MnO	0,12	0,03	0,14	0,05	0,09	0,12	0,05	0,09	0,03	0,09	0,06	0,06	0,12
MgO	2,80	1,00	2,90	1,10	2,00	1,40	0,78	1,30	0,55	1,40	0,82	0,51	2,00
CaO	6,20	1,60	5,90	2,20	3,70	2,80	1,50	2,40	0,55	4,20	1,20	0,87	4,90
Na2O	2,70	2,80	2,80	2,40	3,20	2,90	2,10	2,60	1,40	3,20	2,20	2,90	2,40
K2O	1,60	6,10	3,90	5,80	3,90	4,50	5,10	4,20	8,80	1,90	5,40	4,80	4,20
P2O5	0,20	0,34	1,00	0,34	0,43	0,40	0,20	0,41	0,20	0,13	0,18	0,31	0,80
Cr2O3	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
NiO	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P.F	0,08	0,06	0,61	0,46	0,00	0,23	0,16	0,22	0,22	0,14	0,24	0,13	0,14
Cr	51	8	79	24	24	107	28	36	18	26	31	18	33
Ni	15	4	13	8	12	12	8	16	7	9	11	7	13
Co	14	7	17	9	13	9	7	12	5	10	8	6	18
V	144	45	173	58	118	76	42	85	18	73	45	27	119
Cu	15	9	17	11	15	9	11	17	6	15	7	2	20
Pb	< 5	35	36	45	12	9	29	25	49	17	33	19	27
Zn	100	116	177	169	79	38	59	97	49	107	55	47	209
Rb	50	330	89	356	167	170	190	162	289	73	193	263	133
Ba	391	522	2648	592	1078	867	430	630	660	290	392	268	1644
Cs	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sr	282	114	1647	180	470	373	118	159	168	188	107	81	403
Ta	< 5	< 5	< 5	5	< 5	< 5	< 5	11	< 5	< 5	< 5	18	< 5
Nb	13	14	21	10	22	9	8	21	12	18	11	17	40
Hf	< 8	11	15	15	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	20
Zr	157	< 10	669	612	< 10	203	189	341	32	163	184	119	789
Y	19	579	35	26	264	17	37	57	15	16	38	19	48
Th	< 5	244	14	141	18	12	5	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
U	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
La			184,50	172,60		35,70					26,08	13,19	118,80
Ce			332,90	378,60		69,38					50,61	27,93	233,80
Nd			114,70	147,10		27,05					17,42	11,25	92,14
Sm			17,32	21,34		4,79					4,01	2,31	16,78
Eu			3,86	1,39		1,30					0,42	0,27	2,28
Gd			9,24	8,79		3,22					2,86	1,65	9,23
Dy			3,73	2,46		1,61					1,47	0,81	4,25
Ho			0,66	0,48		0,22					0,24	0,14	0,79
Er			1,39	0,81		0,44					0,49	0,27	1,53
Yb			0,66	0,28		0,38					0,30	0,21	0,73
Lu			0,10	0,05		0,07					0,05	0,03	0,11
F	560	2700	2500	3500	940	640	540	1050	360	720	370	430	3100
Sn	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	11	14	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
W	< 10	28	10	< 10	20	13	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Mo	8	< 5	< 5	9	< 5	< 5	11	9	11	12	9	6	9
Li	9	12	10	11	16	< 5	10	8	8	13	10	< 5	8
Cd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cl	195	691	1631	850	1230	566	82	291	< 20	106	< 20	< 20	665
S	341	< 50	380	345	< 50	< 50	179	541	74	136	295	157	454

ID	VB-010	VB-011	VB-013A	VB-014A	VB-015	VB-018	VB-019	VB-020A	VB-022	VB-023	VB-024A	VB-024B	VB-025
Long	374649	373123	375190	374700	372165	368285	368886	364639	361626	360610	376585	376585	378800
Lati	8116357	8120265	8107060	8106740	8107164	8113820	8112990	8099617	8101736	8100038	8105004	8105004	8112488
SiO2	66,80	73,30	71,00	68,30	58,40	62,70	72,60	74,00	72,70	72,10	63,60	69,20	64,90
TiO2	0,75	0,14	0,46	0,75	1,30	0,52	0,10	0,02	0,16	0,63	1,30	0,87	1,10
Al2O3	15,60	14,70	14,40	15,00	16,90	22,00	14,80	14,60	14,40	12,50	14,50	13,90	15,10
Fe2O3	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	2,10	5,80	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,88	2,30	< 0.01	< 0.01
FeO	4,70	2,30	3,10	4,40	7,00	1,30	2,30	5,00	2,00	4,70	5,10	6,40	5,00
MnO	0,08	0,05	0,04	0,03	0,13	0,12	0,03	0,09	0,04	0,19	0,11	0,08	0,07
MgO	0,69	0,31	0,43	0,94	4,10	4,50	0,34	0,13	0,49	1,90	1,50	2,50	1,40
CaO	3,10	0,73	1,80	1,00	5,00	0,36	0,72	1,30	0,84	2,60	3,10	1,10	2,80
Na2O	2,70	3,00	2,50	3,30	2,90	1,20	2,70	3,90	2,90	2,40	2,50	1,70	2,50
K2O	5,00	5,10	6,00	5,40	1,60	0,98	5,80	3,00	5,20	1,30	4,10	3,10	5,10
P2O5	0,30	0,25	0,14	0,22	0,29	0,07	0,42	0,11	0,28	0,13	0,51	0,06	0,57
Cr2O3	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,01	< 0.01
NiO	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
P.F	0,04	0,47	0,18	0,47	< 0.01	0,22	0,35	1,12	0,23	0,40	< 0.01	0,45	0,26
Cr	19	18	14	19	84	11	21	101	19	67	28	89	23
Ni	8	9	5	6	33	6	7	88	5	37	13	39	8
Co	11	7	8	6	25	5	4	26	5	18	18	19	15
V	45	20	33	34	235	10	10	86	< 10	109	98	140	97
Cu	12	13	4	7	34	3	6	57	4	53	20	45	10
Pb	34	25	33	23	< 5	22	44	8	19	16	27	16	34
Zn	114	22	89	104	120	25	53	118	35	95	151	134	143
Rb	114	191	286	328	43	84	235	57	246	88	138	142	218
Ba	1875	276	1460	355	695	394	404	45	271	254	1235	511	1610
Cs	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sr	367	107	281	83	471	124	108	41	81	233	283	138	594
Ta	< 5	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	103	33	< 5	418
Nb	22	12	11	17	15	7	6	19	14	37	35	19	92
Hf	10	< 8	8	10	8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	15	< 8	15
Zr	511	73	371	432	272	50	74	165	93	195	604	222	552
Y	24	11	22	21	28	10	22	7	19	36	44	37	26
Th	< 5	< 5	< 5	218	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	10	6	49
U	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
La	102,20	7,12	56,43					12,79		22,87	84,31		135,90
Ce	182,00	14,12	103,50					26,89		45,51	160,70		260,40
Nd	68,16	4,43	41,33					11,08		19,20	60,14		109,70
Sm	10,54	0,89	7,96					2,63		4,35	10,69		15,82
Eu	2,19	0,20	2,02					0,29		0,77	1,62		2,00
Gd	5,56	0,63	4,50					2,09		3,61	6,89		7,91
Dy	2,00	0,35	2,06					1,15		2,96	3,65		2,87
Ho	0,35	0,07	0,37					0,18		0,54	0,69		0,50
Er	0,70	0,17	0,74					0,31		1,34	1,55		0,97
Yb	0,33	0,12	0,33					0,28		0,94	0,89		0,39
Lu	0,05	0,03	0,05					0,04		0,14	0,13		0,06
F	720	130	1600	1550	860	52	280	250	350	800	1500	740	2600
Sn	< 5	< 5	6	< 5	< 5	< 5	5	< 5	< 5	7	< 5	8	148
W	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Mo	8	8	7	8	10	5	10	9	10	9	9	10	8
Li	5	7	11	17	17	< 5	10	45	11	< 5	5	8	12
Cd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cl	67	< 20	339	631	543	< 20	65	304	43	334	673	439	1485
S	235	578	131	< 50	1979	55	< 50	1945	< 50	1169	329	1074	133

ID	VB-026	VB-027	VB-030A	VB-030B	VB-030C	VB-031	VB-032	VB-033	VB-034B	VB-034C	VB-037	VB-038A	VB-038B
Long	377500	375210	426152	426152	426152	433170	430540	428835	432900	432900	427830	431814	431814
Lati	8112400	8112797	8065100	8065100	8065100	8123400	8124200	8136793	8138100	8138100	8122000	8126612	8126612
SiO2	46,90	67,40	72,00	72,50	76,10	56,30	70,10	66,30	68,20	69,90	64,10	66,60	60,60
TiO2	1,60	0,82	0,70	0,05	0,49	2,40	1,00	0,92	0,86	0,20	1,20	0,97	2,00
Al2O3	13,90	14,20	12,30	14,70	11,80	15,30	12,60	14,90	14,90	15,80	15,00	14,90	15,00
Fe2O3	3,00	< 0,01	< 0,01	0,31	1,20	2,10	0,30	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,24	< 0,01	1,60
FeO	9,10	4,40	6,20	0,42	3,00	6,90	7,10	4,40	3,60	3,00	5,10	4,70	6,00
MnO	0,19	0,07	0,10	0,02	0,06	0,13	0,09	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,10
MgO	7,90	0,93	2,10	0,50	1,50	2,40	2,70	1,00	0,98	0,65	1,40	1,10	2,40
CaO	8,70	2,50	1,70	6,80	0,59	5,50	0,73	2,10	1,60	2,40	2,90	2,10	4,40
Na2O	2,80	2,30	2,10	1,60	1,50	2,60	0,99	2,10	2,30	3,70	2,30	2,30	2,50
K2O	3,70	5,10	1,90	0,24	3,50	3,80	2,80	6,20	6,10	3,10	5,60	6,00	3,80
P2O5	0,27	0,30	0,06	0,52	0,10	0,98	0,05	0,35	0,27	0,11	0,40	0,36	0,86
Cr2O3	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
NiO	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
P.F	0,88	0,02	0,71	1,63	0,39	0,16	0,71	0,46	0,43	0,59	0,55	0,37	0,27
Cr	287	32	71	12	51	32	96	21	17	21	28	15	49
Ni	122	9	28	5	24	16	37	7	6	12	4	8	8
Co	47	13	19	7	17	24	20	6	8	11	10	14	18
V	248	62	107	25	95	138	140	37	33	43	58	73	136
Cu	6	10	19	5	14	22	27	14	5	14	8	4	17
Pb	< 5	40	10	9	27	25	13	45	45	33	17	49	12
Zn	157	135	114	20	79	218	129	140	107	66	141	128	206
Rb	130	170	112	< 5	87	116	131	279	269	121	325	280	161
Ba	583	1332	256	72	645	1655	497	1097	944	271	1090	925	1609
Cs	< 5	7	< 5	7	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sr	276	257	126	685	111	475	112	229	228	183	285	248	558
Ta	< 5	22	26	< 5	340	90	< 5	30	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Nb	23	28	17	< 5	74	65	19	28	18	15	14	15	31
Hf	< 8	10	< 8	< 8	< 8	25	10	15	16	< 8	18	11	16
Zr	< 10	399	279	56	134	908	340	687	647	192	864	554	646
Y	104	28	26	12	25	45	50	28	22	19	24	30	42
Th	10	14	< 5	< 5	< 5	8	7	151	183	< 5	137	117	26
U	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
La		111,70	21,57	4,93	16,99	108,60		265,10		47,19		178,10	
Ce		226,50	39,81	10,09	30,10	250,40		503,30		94,58		385,10	
Nd		83,41	14,20	4,38	9,65	112,90		157,80		39,83		167,70	
Sm		15,18	2,80	0,99	1,94	20,18		21,56		7,58		26,81	
Eu		2,05	0,55	0,40	0,41	2,92		1,35		0,95		1,76	
Gd		8,68	1,83	0,83	1,33	10,98		8,09		4,92		11,49	
Dy		3,98	1,03	0,68	0,64	5,38		2,89		1,74		3,92	
Ho		0,72	0,20	0,13	0,11	0,93		0,44		0,26		0,64	
Er		1,47	0,45	0,31	0,26	1,86		0,69		0,47		1,08	
Yb		0,70	0,27	0,25	0,21	0,83		0,30		0,29		0,42	
Lu		0,11	0,05	0,03	0,03	0,12		0,05		0,05		0,07	
F	2500	1600	660	230	220	2700	700	2400	1500	220	4200	1600	3800
Sn	< 5	6	< 5	< 5	6	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
W	29	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Mo	< 5	8	9	8	9	9	10	9	9	8	11	10	11
Li	25	9	8	< 5	6	7	12	10	7	< 5	14	14	6
Cd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cl	116	300	1504	390	228	585	559	1699	1193	271	1505	1377	1979
S	< 50	135	301	< 50	211	372	850	56	< 50	230	113	71	472

ID	VB-041	VB-042	VB-044A	VB-045	VB-047A	VB-047B	VB-047C	VB-048	VB-049	VB-050	VB-052C	VB-052D	VB-053
Long	429800	430460	428745	429356	441557	441557	441557	441940	417090	413670	376790	376790	379600
Lati	8129400	8131570	8133360	8133390	8116850	8116850	8116850	8162800	8165750	8161750	8165840	8165840	8165690
SiO ₂	58,30	57,50	61,90	65,80	60,50	66,50	66,50	62,20	62,20	72,00	69,40	70,00	71,90
TiO ₂	2,00	1,20	1,10	1,10	1,90	0,75	0,90	0,94	1,40	0,28	0,39	0,46	0,27
Al ₂ O ₃	15,50	19,40	15,40	15,30	15,00	14,30	15,20	17,60	15,30	13,40	14,50	14,20	14,80
Fe ₂ O ₃	1,20	2,70	0,77	< 0,01	0,12	< 0,01	< 0,01	1,90	0,19	0,62	< 0,01	< 0,01	< 0,01
FeO	6,40	7,40	4,40	6,00	7,30	6,10	4,70	6,80	6,10	2,40	3,00	3,70	2,30
MnO	0,10	0,09	0,05	0,06	0,07	0,22	0,07	0,14	0,09	0,03	0,03	0,04	0,03
MgO	2,40	3,80	1,40	1,20	2,30	2,00	1,00	3,30	1,60	0,29	0,48	0,59	0,40
CaO	4,70	0,42	1,30	2,50	4,10	4,40	2,40	0,74	3,40	1,10	0,33	1,30	1,10
Na ₂ O	2,50	1,10	1,80	2,50	2,60	2,00	2,50	1,50	2,70	2,20	2,10	2,60	2,80
K ₂ O	3,70	4,90	9,00	5,60	2,90	1,50	5,50	3,50	4,50	6,30	8,40	6,00	6,00
P ₂ O ₅	0,94	0,07	0,60	0,47	0,80	0,24	0,39	0,09	0,83	0,16	0,20	0,18	0,14
Cr ₂ O ₃	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
NiO	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
P.F	0,37	0,87	0,56	0,25	0,35	0,57	0,32	0,83	0,33	0,21	0,18	0,33	0,41
Cr	33	131	26	121	45	71	15	120	25	19	14	16	11
Ni	11	58	6	8	15	25	10	48	8	7	8	7	7
Co	22	33	11	16	24	22	17	22	20	5	13	14	12
V	171	257	74	87	155	141	78	184	132	12	38	50	34
Cu	14	34	10	8	26	10	13	39	12	11	6	7	4
Pb	16	19	46	43	19	11	42	< 5	29	36	51	39	36
Zn	205	245	141	176	216	131	155	44	132	88	115	83	36
Rb	168	305	347	262	196	113	247	131	141	287	374	326	302
Ba	1664	411	1869	1395	1607	89	1395	629	4169	637	998	887	596
Cs	< 5	< 5	7	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sr	708	71	510	348	491	209	489	89	1178	255	197	266	195
Ta	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	12	< 5	< 5
Nb	30	30	19	26	36	12	15	16	37	25	29	19	11
Hf	12	< 8	15	15	16	< 8	10	< 8	13	< 8	< 8	8	< 8
Zr	614	201	555	717	634	201	471	189	532	302	256	332	149
Y	34	38	29	35	31	58	19	34	32	21	30	20	15
Th	10	9	35	108	13	< 5	77	< 5	5	52	36	54	9
U	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	13	< 10
La	147,30	35,96		202,40	105,10	28,33	148,80		166,60		95,84	111,70	53,29
Ce	258,20	69,78		353,00	169,70	55,68	278,10		277,60		186,80	212,30	109,61
Nd	77,85	28,97		98,82	51,91	21,67	90,19		94,38		64,99	86,02	41,12
Sm	10,32	6,96		13,67	7,94	5,16	13,23		13,27		12,19	12,41	7,63
Eu	1,63	0,71		1,04	1,03	0,84	1,43		2,26		0,92	1,19	0,87
Gd	4,27	5,99		5,39	4,00	4,47	5,40		7,39		6,56	5,88	4,07
Dy	1,64	4,41		1,54	1,60	3,75	1,69		3,28		2,34	2,00	1,54
Ho	0,30	0,84		0,27	0,23	0,68	0,29		0,58		0,38	0,36	0,23
Er	0,51	2,07		0,51	0,40	1,69	0,56		1,04		0,60	0,61	0,41
Yb	0,20	1,49		0,22	0,20	1,24	0,31		0,45		0,25	0,25	0,22
Lu	0,03	0,22		0,03	0,02	0,18	0,05		0,07		0,05	0,04	0,04
F	4200	1150	2700	2100	3200	1000	2300	620	2400	880	1100	1250	640
Sn	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	7	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
W	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Mo	9	10	14	11	10	10	9	11	9	11	12	9	11
Li	17	18	10	11	11	8	12	< 5	11	7	9	11	9
Cd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cl	2051	1699	1465	1634	3152	517	1335	< 20	776	946	694	879	248
S	195	643	51	169	329	165	< 50	1763	546	< 50	< 50	< 50	< 50

ID	VB-054A	VB-056	VB-058	VB-060	VB-061A	VB-061C	VB-061D	VB-061E	VB-061G	VB-061H	VB-061L	VB-061M	VB-061N
Long	382250	392850	398460	438580	435000	435000	435000	435000	435000	435000	435000	435000	435000
Lati	8166800	8166800	8165500	8127280	8226280	8226280	8226280	8226280	8226280	8226280	8226280	8226280	8226280
SiO ₂	72,50	72,00	62,90	59,70	48,40	77,10	73,40	71,10	50,10	73,60	74,20	64,20	70,60
TiO ₂	0,29	0,26	1,20	1,80	1,70	0,13	0,16	0,24	1,90	0,26	0,25	0,21	0,43
Al ₂ O ₃	14,10	14,30	15,50	15,00	15,30	11,30	12,70	13,30	17,40	12,60	12,10	20,10	14,00
Fe ₂ O ₃	< 0,01	< 0,01	0,98	0,93	3,40	< 0,01	< 0,01	< 0,01	7,10	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
FeO	2,40	2,60	5,00	6,90	8,00	4,70	3,80	6,40	3,60	4,70	6,70	1,40	4,30
MnO	0,02	0,02	0,10	0,11	0,19	0,03	0,05	0,04	0,18	0,07	0,06	0,02	0,07
MgO	0,48	0,39	1,30	1,90	8,40	0,10	0,12	1,20	4,70	< 0,10	< 0,10	0,29	0,37
CaO	1,20	1,20	3,00	4,60	9,50	0,69	0,85	1,30	9,40	1,00	0,91	0,13	1,60
Na ₂ O	2,70	2,70	3,20	2,40	2,50	3,40	3,40	3,80	3,70	3,10	3,30	4,90	3,60
K ₂ O	5,20	5,50	4,60	4,30	2,10	5,10	5,30	3,80	1,50	4,60	5,00	7,60	5,10
P ₂ O ₅	0,19	0,17	0,55	0,74	0,28	0,01	0,03	0,03	0,31	0,03	0,05	0,04	0,11
Cr ₂ O ₃	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
NiO	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
P.F	0,27	0,22	0,15	0,27	0,46	< 0,01	0,14	0,18	0,47	0,10	0,16	0,66	0,15
Cr	14	14	26	14	418	22	23	11	144	19	13	20	15
Ni	9	8	6	5	118	6	6	5	50	4	6	6	3
Co	13	13	11	22	55	13	5	13	32	5	4	6	8
V	36	33	81	147	303	31	< 10	33	257	< 10	10	17	16
Cu	6	5	12	12	29	6	7	4	43	4	5	3	5
Pb	39	42	26	36	9	31	28	15	6	23	22	8	25
Zn	42	47	105	218	134	40	71	47	97	134	126	14	97
Rb	202	201	107	159	44	107	207	125	22	86	181	238	120
Ba	1051	928	4014	1924	620	696	870	604	386	1220	1139	1409	1289
Cs	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sr	367	328	1342	604	336	128	113	57	534	66	71	137	194
Ta	8	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	7	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Nb	12	11	35	36	14	19	28	70	28	66	57	30	45
Hf	< 8	< 8	16	20	< 8	< 8	8	18	< 8	18	15	9	10
Zr	201	162	756	815	106	214	298	687	153	742	557	387	374
Y	18	12	22	44	20	38	76	97	27	120	113	72	79
Th	8	18	9	6	< 5	< 5	14	< 5	< 5	7	< 5	16	< 5
U	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
La	77,55	30,76		166,70	17,87	33,92		23,66	20,94		67,07		
Ce	139,20	46,76		369,10	37,47	64,00		49,02	42,00		142,10		
Nd	46,89	10,90		147,50	17,17	20,96		21,50	19,69		58,73		
Sm	8,32	1,74		24,90	4,08	3,64		4,87	4,69		13,24		
Eu	1,09	0,20		3,68	1,21	0,67		0,74	1,39		1,80		
Gd	5,15	0,97		14,10	3,35	3,01		4,35	3,56		10,06		
Dy	2,02	0,25		5,86	2,40	2,17		3,92	2,30		7,47		
Ho	0,36	0,04		1,09	0,43	0,48		0,80	0,34		1,44		
Er	0,62	0,06		2,14	1,01	1,29		2,04	1,03		3,46		
Yb	0,32	0,04		0,89	0,59	1,09		1,54	0,58		2,40		
Lu	0,05	0,01		0,12	0,09	0,19		0,24	0,10		0,35		
F	450	360	1700	3900	800	1050	1800	1800	540	1450	2300	1000	1350
Sn	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	9	5	< 5	< 5	6	< 5
W	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	12	< 10
Mo	9	9	9	9	10	11	12	9	9	10	10	9	11
Li	6	7	7	10	9	5	11	14	6	7	7	9	11
Cd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cl	370	336	264	1370	175	25	61	66	254	57	59	41	130
S	< 50	50	445	315	445	70	< 50	< 50	1157	118	50	< 50	77

ID	VB-062	VB-063	VB-065	VB-067	VB-086	VB-111 C	VB-111 D	VB-112 B	VB-112 D
Long	423623	431200	419500	433700	413220	399530	399530	399318	399318
Lati	8222240	8217800	8223260	8211650	8065300	8229068	8229068	8230433	8230433
SiO ₂	60,10	68,20	66,50	69,50	67,50	69,10	72,70	66,50	76,00
TiO ₂	0,77	0,86	1,10	0,52	0,74	0,39	0,28	0,48	0,03
Al ₂ O ₃	18,20	13,90	14,30	12,10	15,10	14,10	12,60	14,80	12,30
Fe ₂ O ₃	1,50	< 0,01	< 0,01	0,59	1,70	0,73	1,70	1,70	1,10
FeO	6,80	7,00	7,40	5,10	3,00	3,40	2,10	3,70	1,10
MnO	0,14	0,10	0,13	0,09	0,05	0,12	0,06	0,15	0,03
MgO	3,30	2,30	2,30	0,25	0,94	0,22	< 0,10	0,34	< 0,10
CaO	0,61	0,51	1,20	1,80	1,60	1,40	1,20	2,00	0,25
Na ₂ O	1,70	1,60	1,40	2,80	2,50	3,70	3,00	3,60	3,00
K ₂ O	4,00	3,30	3,60	4,90	5,90	6,10	5,90	6,00	5,80
P ₂ O ₅	0,13	0,10	0,16	0,11	0,27	0,03	0,03	0,11	0,02
Cr ₂ O ₃	0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
NiO	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PF	1,55	1,65	1,76	< 0,01	0,10	0,18	0,06	0,40	0,00
Cr	103	83	126	17	10	81	13	53	6
Ni	48	27	25	4	7	5	3	5	4
Co	22	15	15	7	9	5	3	6	3
V	167	130	519	10	42	< 10	11	< 10	< 10
Cu	51	20	37	10	30	6	5	7	6
Pb	< 5	15	12	22	20	5	21	11	29
Zn	74	109	120	170	88	45	94	46	29
Rb	170	130	133	83	380	92	121	168	208
Ba	562	579	668	1889	600	1264	638	871	62
Cs	7	10	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sr	100	103	146	148	162	128	78	136	39
Ta	< 5	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Nb	11	12	19	42	15	67	108	95	169
Hf	< 8	< 8	< 8	13	14	12	15	25	11
Zr	158	245	240	641	< 10	634	10	904	16
Y	40	40	42	103	511	68	547	74	274
Th	6	< 5	< 5	< 5	206	20	43	37	43
U	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
La	23,15	32,68	35,11			122,90		129,90	
Ce	47,18	67,43	69,35			208,20		244,10	
Nd	19,68	28,53	30,43			66,25		88,96	
Sm	4,64	6,19	6,70			12,09		15,38	
Eu	0,84	1,08	1,26			1,52		2,10	
Gd	3,42	4,11	5,02			7,69		10,64	
Dy	2,16	1,80	3,26			3,68		7,23	
Ho	0,45	0,20	0,59			0,54		1,35	
Er	0,97	0,45	1,35			1,13		3,21	
Yb	0,55	0,23	0,82			0,48		2,50	
Lu	0,08	0,04	0,13			0,06		0,35	
F	700	640	860	980	2400	560	1600	1000	110
Sn	< 5	< 5	20	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
W	< 10	< 10	< 10	< 10	26	21	104	14	92
Mo	12	9	11	13	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Li	13	16	10	6	16	< 5	< 5	< 5	< 5
Cd	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cl	< 20	< 20	< 20	306	976	197	340	371	< 20
S	< 50	< 50	1014	140	< 50	< 50	< 50	79	< 50