



LITOGEOQUÍMICA DE DIQUES DE DIABÁSIO DA FAIXA COLATINA, ES

S.C. Valente^{1,2*}, T. Dutra^{2**}, M. Heilbron^{2***}, A. Corval^{2,3****}, P. Szatmari^{4*****}

¹Depto. de Geociências, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, BR 465, Km 7, CEP 23.890-000, Seropédica, RJ, Brasil (endereço para correspondência)

²Programa de Pós-graduação, FGEL/UERJ, Campus do Maracanã, R. São Francisco Xavier, 524 – Maracanã, CEP 20.550-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

³Depto. de Engenharia e Ciências Exatas – CEUNES–UFES, R. Humberto de Almeida Francklin, 257 – Bairro Universitário, CEP 29.933-415, São Mateus, ES, Brasil (Sede Provisória)

⁴CENPES-PETROBRAS, Av. Horácio Macedo, 950 – Cidade Universitária – Ilha do Fundão, CEP 21.941-915, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: *sergio@ufrj.br; **geologothiago@yahoo.com.br; ***heilbron@uerj.br;
****arturcorval@ceunes.ufes.br; *****szatmari@petrobras.com.br

Recebido em: 06/08, aprovado para publicação em 01/09

ABSTRACT

This paper presents the results of a lithogeochemical study on the dolerites that crop out within the so-called Colatina Lineament in the State of Espírito Santo, Brazil. Previous work have shown that these dolerites may be associated with the geodynamic processes related with the Gondwana break-up in Lower Cretaceous times. The lithogeochemical data obtained for the Colatina dolerites allow their classification as basalts and andesitic basalts that comprise a low-TiO₂ suite within a subalkaline tholeiitic series. The evolutive process was fractional crystallization without concomitant crustal assimilation. Trace element data for the parental composition indicate that these dolerites are related to mantle sources involving at least a contribution of the subcontinental lithospheric mantle.

RESUMO

Este trabalho apresenta resultados litogeoquímicos preliminares dos diabásios que ocorrem na Faixa Colatina, ES. Dados da literatura mostram que estes diabásios são do Cretáceo Inferior e devem, assim, estar relacionados aos processos geodinâmicos de fragmentação do Gondwana, bem como aos derrames da Província Paraná-Etendeka. Os dados litogeoquímicos permitiram classificar as rochas como basaltos e basaltos andesíticos que integram uma única suíte de baixo-TiO₂ de uma série subalcalina toleítica. Esta suíte está relacionada a processos evolutivos de cristalização fracionada sem assimilação crustal concomitante. Dados de elementos traço da amostra parental indicam que estes diabásios foram gerados a partir de fontes envolvendo pelo menos uma contribuição do manto litosférico subcontinental.

INTRODUÇÃO

A Faixa Colatina é uma feição tectônica originada possivelmente no Proterozóico Superior, que pode ser visualizada na porção sudeste da folha Rio Doce. A Faixa, com cerca de 250 km de extensão, tem uma direção geral N10-25W. Atividades neotectônicas superimpostas à Faixa Colatina já foram relatadas por alguns autores (p.ex. Gallardo et al., 1987). Provavelmente, os primeiros relatos da ocorrência de diabásios na faixa foram feitos por Silva e Ferrari (1976). As intrusões são subparalelas à direção da faixa e dados geocronológicos indicaram estimativas de idades K-Ar em rocha total de ca. 174 Ma (Radambrasil, 1983). Alguns autores registraram a ocorrência de diabásios dentro da Faixa de Colatina a noroeste de Vitória (Teixeira & Rodarte, 2003). Datações Ar-Ar realizadas por estes autores em plagioclásios dos diabásios indicaram idade patamar de $128 \pm 1,4$ Ma, confirmadas por idades isocrônicas de $125,5 \pm 1,5$ Ma; em rocha total foi obtida idade patamar de $136,3 \pm 0,9$ Ma e idade isocrônica de $135,3 \pm 0,9$ Ma; o que confirma serem resultado de atividade magmática do Cretáceo, possivelmente associada à fragmentação do Gondwana e posterior abertura do Oceano Atlântico Sul. Trabalhos anteriores não abordaram a petrogênese dos diabásios da Faixa de Colatina. Este trabalho apresenta dados de campo, petrográficos e litogeoquímicos obtidos para estes diabásios, bem como propostas de modelos evolutivos e tipos de fontes associados aos mesmos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Dados de campo e petrográficos

Trinta e sete diques de diabásio foram mapeados na região correspondente

às cartas planialtimétricas Aracruz (SE-24-Y-D-IV) e Colatina (SE-24-Y-C-VI), na escala de 1:100.000, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Outros três diques de diabásio foram estudados na Pedreira Brasitalia Ltda., na região metropolitana de Vitória. As ocorrências são mostradas na Figura 1 e suas coordenadas estão listadas na Tabela 1.

Bons afloramentos de diabásios são raros, sendo encontrados quase que exclusivamente em pedreiras (Figura 2). Mais frequentemente, os diabásios ocorrem como blocos in situ ou rolados a montante de pequenas drenagens. As rochas encaixantes dos diabásios são rochas metamórficas de alto grau, principalmente biotita-granada gnaisses e kinzigitos, do Complexo Paraíba do Sul, além de charnockitos, e granitóides variados (Figura 1). Os diabásios inalterados têm cor preta esverdeada e são afaníticos a microfaneríticos. Quando alterados, resultam num regolito de cor ocre a avermelhada. Os diabásios ocorrem como intrusões com 1 m a 24 m de espessura (média de 7 m), diaclasadas, com margens resfriadas e sem enclaves. Venulações irregulares e finas de carbonato localizam-se próximo aos contatos. As poucas (dezoito) medidas de atitudes dos diques indicam que os mesmos são inclinados (65° a verticais), têm direções preferenciais NNW (355°), ou seja, subparalelas à Faixa Colatina, e caimentos para ENE (79°). Planos de falhas transcorrentes destrais, com estrias, cortam alguns dos diques estudados (Figura 3). Os planos de falha têm direção de mergulho e inclinações variáveis (p.ex.: $321^\circ/18^\circ$; $170^\circ/86^\circ$; e $075^\circ/88^\circ$), o mesmo ocorrendo com as estrias (p.ex.: $071^\circ/78^\circ$; $257^\circ/17^\circ$; e $340^\circ/5^\circ$). Caolinita e óxido de ferro hidratado preenchem algumas destas falhas transcorrentes.

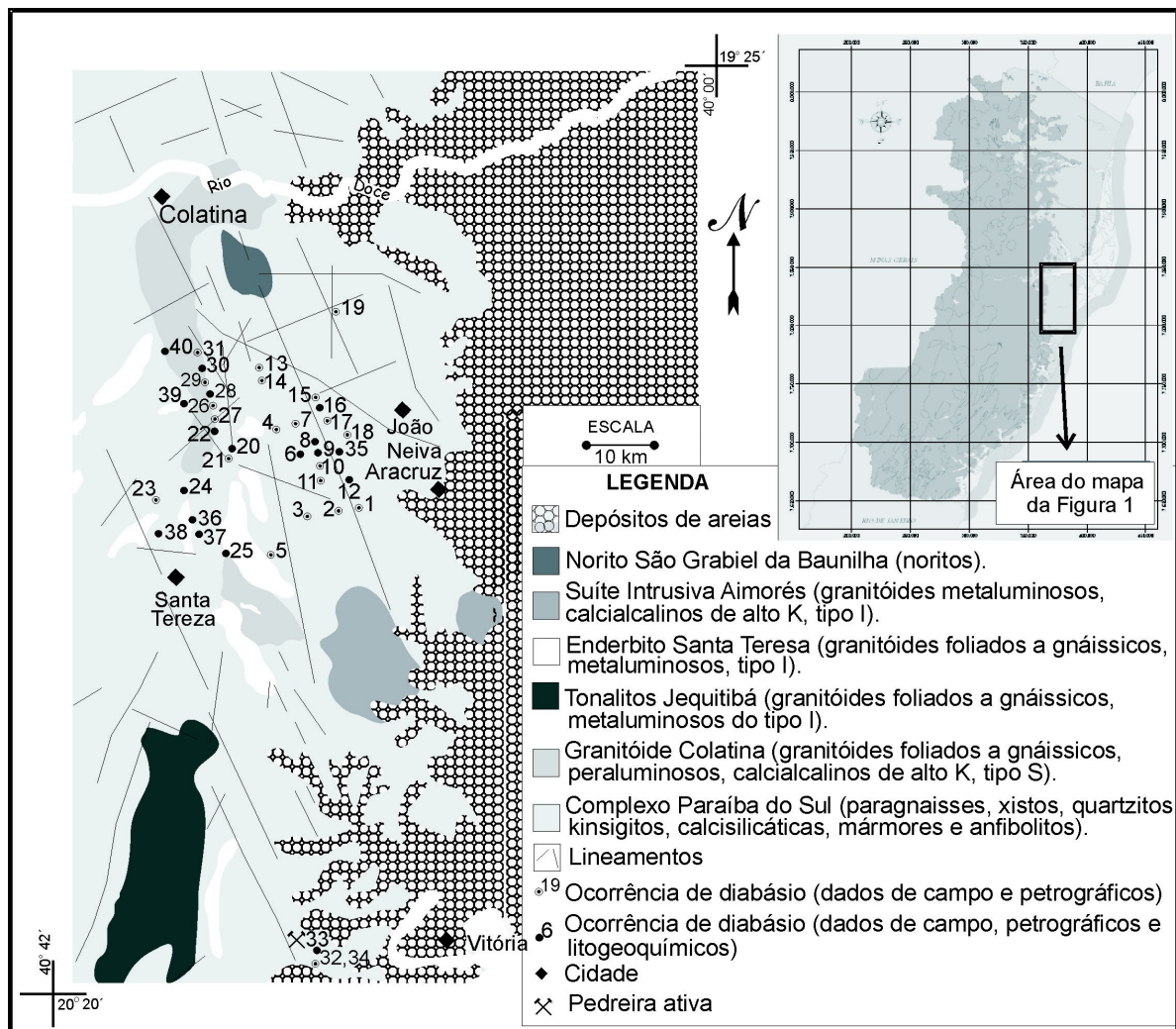


Figura 1: Mapa geológico simplificado de parte do Estado do Espírito Santo (retângulo), modificado da carta geológica ao milionésimo (www.geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico). As ocorrências de diques de diabásio estudadas estão indicadas e os números correspondem aos listados na tabela 1.



Figura 2: Dique de diabásio (db) (VIT-R-03) na Pedreira Brasitalia Ltda., próximo à cidade de Vitória-ES. Visada para norte.

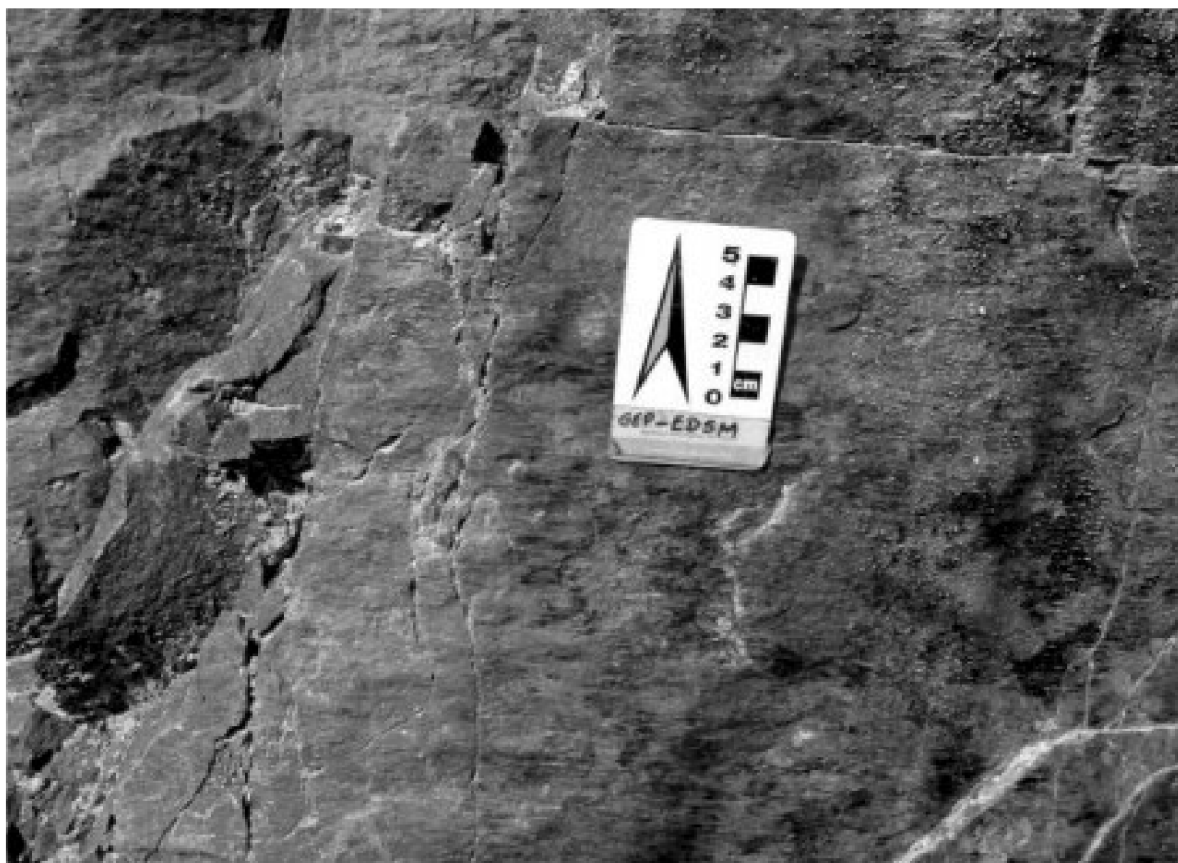


Figura 3: Plano de falha transcorrente destal com estrias e degraus em dique de diabásio na Pedreira Brasitalia Ltda., próximo da cidade de Vitória–ES. Visada para norte.

Os estudos petrográficos mostraram que os diabásios têm textura predominantemente holocristalina, afírica do tipo intergranular fina (< 1mm). Os minerais essenciais são plagioclásio, augita e pigeonita. Minerais acessórios são a apatita e óxidos de ferro e titânio, além de quartzo e granófiro nos diabásios mais evoluídos. Produtos secundários incluem, principalmente, saussurita sobre plagioclásio e uralita nas bordas dos piroxênios, mas os diabásios estão, em geral, pouco alterados. A assembléia de fenocristais é constituída de olivina e plagioclásio, em proporções semelhantes (cerca de 45:55). Os fenocristais de olivina estão comumente alterados, sendo reconhecidos pelo pseudomorfismo dos grãos, enquanto que os fenocristais de plagioclásio são euédricos tabulares e pouco saussuritizados. A ausência de olivina na matriz e presença de dois piroxênios (um rico em cálcio e outro pobre em cálcio) são critérios petrográficos que

permitem classificar os diabásios como basaltos toleíticos.

Dados litogeoquímicos

Dezoito amostras de diabásios do Enxame de Diques de Colatina foram selecionadas para análises litogeoquímicas (Tabela 1). Os valores de perda ao fogo (PF) das amostras do Enxame de Diques de Colatina, selecionadas para este estudo, estão, em geral, abaixo de 2% (média $0,92 \pm 0,29\%$), o que é indicativo do baixo grau de alteração das amostras estudadas. Os valores da soma dos óxidos ficou entre 98,55% e 100,55%. O ferro foi analisado como ferro total sob a forma de ferro férrico (Fe_2O_3t). Os elementos maiores e elementos traço, incluindo os elementos terras-raras, foram analisados por ICP-MS (inductively coupled plasma-mass spectrometry). A tabela 2 apresenta limites de detecção e valores de exatidão e precisão das análises. Valores

Tabela 1: Dados de campo (espessura e forma de exposição), coordenadas geográficas e dados litogeoquímicos para os diabásios do Enxame de Diques da Faixa de Colatina. PF é perda ao fogo. Ferro analisado como ferro total sob a forma de ferro férrico. Latitude (1) e longitude (1) são coordenadas UTM (datum SAD69); Latitude (2) e longitude (2) são coordenadas geográficas (em grau, minuto e segundo).

Amostra	ARA-MG-41a	ARA-MG-43a	ARA-MG-43b	ARA-MG-47	ARA-MH-23	ARA-MH-27
Código do afloramento	ARA-MG-41	ARA-MG-43	ARA-MG-43	ARA-MG-47	ARA-MH-23	ARA-MH-27
Número no mapa	6	8	8	12	16	35
SiO ₂	50,78	50,00	50,16	50,00	51,43	51,53
TiO ₂	1,75	1,51	1,50	1,45	1,54	2,04
Al ₂ O ₃	14,06	13,73	13,74	14,12	13,97	12,93
Fe ₂ O ₃ [†]	12,95	13,54	13,58	13,21	12,73	15,15
MnO	0,19	0,32	0,31	0,24	0,23	0,27
MgO	4,87	6,30	6,34	6,30	5,20	4,43
CaO	8,89	10,41	10,44	10,83	8,93	8,41
Na ₂ O	2,49	2,30	2,24	2,25	2,38	2,52
K ₂ O	1,34	0,62	0,58	0,58	1,00	1,13
P ₂ O ₅	0,36	0,20	0,20	0,19	0,23	0,31
PF	0,96	1,16	1,15	1,26	0,91	1,23
Total	98,66	100,09	100,24	100,43	98,55	99,77
Amostra	COL-CV-16b	COL-CV-18a	COL-JA-12	COL-JA-23	COL-JA-26b	COL-JA-31
Código do afloramento	COL-CV-16	COL-CV-18	COL-JA-12	COL-JA-23	COL-JA-26	COL-JA-31
Número no mapa	20	22	36	24	25	37
SiO ₂	49,96	51,33	50,85	50,35	49,98	50,13
TiO ₂	1,91	1,98	1,69	1,41	1,88	1,30
Al ₂ O ₃	13,45	13,52	15,14	14,79	13,77	14,52
Fe ₂ O ₃ [†]	15,04	14,56	13,55	12,81	14,93	11,95
MnO	0,23	0,23	0,21	0,20	0,23	0,19
MgO	5,59	4,59	5,18	6,28	5,64	6,21
CaO	9,69	9,23	10,31	10,32	9,79	9,91
Na ₂ O	2,25	2,55	2,41	2,23	2,26	2,26
K ₂ O	0,87	1,26	0,78	0,76	0,84	0,93
P ₂ O ₅	0,26	0,37	0,24	0,20	0,25	0,23
PF	0,53	0,58	0,59	0,78	0,64	1,13
Total	99,78	100,20	100,95	100,13	100,20	98,76
Amostra	COL-JA-34	COL-MG-25	COL-MG-33	COL-MG-36	COL-MG-42	VIT-R-02a
Código do afloramento	COL-JA-34	COL-MG-25	COL-MG-33	COL-MG-36	COL-MG-42	VIT-R-02
Número no mapa	38	39	28	30	40	33
SiO ₂	51,38	49,61	51,08	49,95	50,61	51,34
TiO ₂	1,99	1,12	1,88	1,12	1,33	1,98
Al ₂ O ₃	13,22	15,83	14,27	15,13	14,75	13,45
Fe ₂ O ₃ [†]	14,95	10,88	13,68	11,90	12,93	14,69
MnO	0,22	0,19	0,20	0,20	0,21	0,24
MgO	4,81	7,08	5,40	6,71	6,28	4,56
CaO	9,02	11,64	9,06	10,51	10,30	9,20
Na ₂ O	2,47	2,04	2,54	2,22	2,35	2,59
K ₂ O	1,20	0,38	1,30	0,61	0,67	1,21
P ₂ O ₅	0,36	0,14	0,40	0,17	0,20	0,36
PF	0,82	1,57	0,53	0,96	0,97	0,78
Total	100,44	100,48	100,33	99,48	100,60	100,40

Tabela 1: (Continuação)

Amostra	ARA-MG-41a	ARA-MG-43a	ARA-MG-43b	ARA-MG-47	ARA-MH-23	ARA-MH-27
Código do afloramento	ARA-MG-41	ARA-MG-43	ARA-MG-43	ARA-MG-47	ARA-MH-23	ARA-MH-27
Número no mapa	6	8	8	12	16	35
La	35,6	14,3	14,1	12,8	21,4	26,8
Ce	69,4	30,4	30	26,8	43,9	54,7
Pr	8,57	4,04	4,07	3,64	6,16	7,08
Nd	33,7	17,5	17,8	16	22,4	28,4
Sm	7,5	4,9	4,9	4,4	5,7	7,1
Eu	2,06	1,61	1,63	1,46	1,69	2,13
Gd	8	6,3	6,3	5,8	6,5	8,5
Tb	1,3	1,1	1,1	1	1,1	1,4
Dy	7,4	6,5	6,5	6,1	6,3	8,4
Ho	1,5	1,3	1,4	1,3	1,3	1,7
Er	4,2	3,9	4	3,7	3,7	5
Tm	0,64	0,6	0,6	0,57	0,56	0,74
Yb	4	3,8	3,8	3,7	3,5	4,7
Lu	0,58	0,57	0,57	0,53	0,51	0,69
Amostra	COL-CV-16b	COL-CV-18a	COL-JA-12	COL-JA-23	COL-JA-26b	COL-JA-31
Código do afloramento	COL-CV-16	COL-CV-18	COL-JA-12	COL-JA-23	COL-JA-26	COL-JA-31
Número no mapa	20	22	36	24	25	37
La	20,3	31,3	18	16,1	18,5	20,9
Ce	43,1	62,1	37,6	33,8	39,6	42,1
Pr	5,67	7,82	4,95	4,43	5,28	5,23
Nd	24	31,1	20,6	17,7	21,6	20,5
Sm	6,3	7,2	5,4	4,6	5,7	4,9
Eu	1,86	2,08	1,75	1,44	1,75	1,47
Gd	7,5	8,4	6,6	5,6	6,6	5,2
Tb	1,3	1,4	1,1	0,9	1,2	0,9
Dy	7,3	7,9	6,6	5,6	6,6	5,2
Ho	1,5	1,6	1,4	1,1	1,3	1,1
Er	4,3	4,8	3,9	3,3	4	3,1
Tm	0,65	0,73	0,59	0,5	0,6	0,47
Yb	4,1	4,5	3,8	3,2	3,8	3
Amostra	COL-JA-34	COL-MG-25	COL-MG-33	COL-MG-36	COL-MG-42	VIT-R-02a
Código do afloramento	COL-JA-34	COL-MG-25	COL-MG-33	COL-MG-36	COL-MG-42	VIT-R-02
Número no mapa	38	39	28	30	40	33
La	31,9	10,2	32,9	13,9	14,7	31,1
Ce	63,3	21,3	67,3	28,5	30,6	62
Pr	7,92	2,86	8,57	3,65	4,02	7,85
Nd	31,3	11,9	33,6	14,6	16,4	30,5
Sm	7,2	3,3	7,7	3,7	4,2	7,1
Eu	2,1	1,15	2,11	1,23	1,37	2,08
Gd	8,3	4,2	8	4,4	5	8,1
Tb	1,4	0,7	1,3	0,8	0,8	1,3
Dy	8,1	4,3	7,1	4,5	5,1	7,8
Ho	1,6	0,9	1,4	0,9	1	1,6
Er	4,8	2,6	4	2,7	3,1	4,6
Tm	0,71	0,39	0,61	0,4	0,46	0,7
Yb	4,6	2,5	3,9	2,6	2,9	4,5
Lu	0,66	0,36	0,54	0,39	0,43	0,65

Tabela 1: (Continuação)

Amostra	ARA-MG-41a	ARA-MG-43a	ARA-MG-43b	ARA-MG-47	ARA-MH-23	ARA-MH-27
Código do afloramento	ARA-MG-41	ARA-MG-43	ARA-MG-43	ARA-MG-47	ARA-MH-23	ARA-MH-27
Número no mapa	6	8	8	12	16	35
Ni	70	70	70	70	50	50
Cr	100	80	90	110	70	30
Co	39	46	51	51	40	52
Sc	39	46	45	45	40	42
V	346	423	420	410	364	472
Ba	576	490	183	170	313	358
Rb	34	17	19	18	31	37
Sr	253	174	175	176	219	201
Y	38	37	37	34	36	45
Zr	193	117	116	108	171	195
Nb	13	7	8	7	10	14
Hf	4,8	3,1	3,1	2,9	4,2	5,1
Th	4,8	2,3	2,3	2	4,1	4,9
U	0,7	0,4	0,4	0,3	0,7	0,8
Latitude (1)	7809905	7810804	7810804	7804947	7816882	7810357
Longitude (1)	347730	348315	348315	350198	349179	353354
Latitude (2)	19 40 03	19 47 34	19 47 34	19 50 45	19 44 17	19 47 50
Longitude (2)	40 27 15	40 26 55	40 26 55	40 25 52	40 26 24	40 24 00
Exposição	Afloramento	Blocos rolados	Blocos rolados	Blocos rolados	Blocos rolados	Blocos <i>in situ</i>
Espessura (m)	2,5					
Amostra	COL-CV-16b	COL-CV-18A	COL-JA-12	COL-JA-23	COL-JA-26b	COL-JA-31
Código do afloramento	COL-CV-16	COL-CV-18	COL-JA-12	COL-JA-23	COL-JA-26	COL-JA-31
Número no mapa	20	22	36	24	25	37
Ni	60	50	60	80	70	70
Cr	50	50	70	90	50	140
Co	49	46	43	50	54	42
Sc	46	44	42	41	45	39
V	378	427	402	327	372	315
Ba	274	488	295	230	264	343
Rb	27	37	21	21	28	23
Sr	204	219	222	208	211	255
Y	39	45	35	30	38	28
Zr	163	201	140	123	153	128
Nb	11	17	9	10	11	11
Hf	4,2	5	3,7	3,2	3,9	3,3
Th	3,5	4,5	2,4	2,6	3,3	2,7
U	0,5	0,7	0,3	0,4	0,5	0,4
Latitude (1)	7810014	7812607	7801902	7804563	7799276	7800690
Longitude (1)	342035	338357	355911	334637	340871	331327
Latitude (2)	19 47 58	19 46 33	19 52 20	19 50 33	19 53 47	19 52 56
Longitude (2)	40 30 48	40 32 37	40 34 02	40 34 37	40 31 14	46 36 40
Exposição	Blocos rolados	Afloramento	Blocos <i>in situ</i>	Blocos rolados	Blocos <i>in situ</i>	Blocos <i>in situ</i>
Espessura (m)		1				

Tabela 1: (Continuação)

Amostra	COL-JA-34	COL-MG-25	COL-MG-33	COL-MG-36	COL-MG-42	VIT-R-02a
Código do afloramento	COL-JA-34	COL-MG-25	COL-MG-33	COL-MG-36	COL-MG-42	VIT-R-02
Número no mapa	38	39	28	30	40	33
Ni	50	90	70	90	70	50
Cr	60	220	60	90	110	50
Co	43	46	44	45	49	44
Sc	44	40	38	42	43	44
V	432	320	336	325	358	431
Ba	477	150	616	230	234	484
Rb	35	14	34	16	18	38
Sr	213	199	298	229	212	220
Y	44	24	38	24	28	44
Zr	196	84	216	91	106	199
Nb	17	6	13	8	9	17
Hf	5	2,1	5,2	2,3	2,7	4,9
Th	4,6	1,8	3,5	2	2,1	4,6
U	0,7	0,3	0,5	0,3	0,3	0,7
Latitude (1)	7801931	7814807	7818324	7819980	7820525	7752600
Longitude (1)	332479	334831	338973	338970	331429	353446
Latitude (2)	19 52 18	19 45 20	19 43 27	19 42 33	19 42 13	20 19 09
Longitude (2)	40 36 00	40 34 35	40 32 14	40 32 13	40 36 30	40 24 16
Exposição	Blocos <i>in situ</i>	Blocos <i>in situ</i>	Blocos rolados	Blocos rolados	Blocos <i>in situ</i>	Afloramento
Espessura (m)						7
Código do afloramento	ARA-CV-21	ARA-CV-22	ARA-CV-25	ARA-JA-11	ARA-JA-31	ARA-MG-42
Número no mapa	1	2	3	4	5	7
Latitude (1)	7803050	7802788	7802207	7812780	7798682	7813672
Longitude (1)	352475	351186	347797	345342	343241	348573
Latitude (2)	19 51 48	19 51 56	19 52 14	19 46 29	19 54 07	19 46 01
Longitude (2)	40 24 34	40 25 19	40 27 15	40 28 37	40 29 53	40 26 45
Exposição	Blocos <i>in situ</i>	Blocos <i>in situ</i>	Blocos <i>in situ</i>	Blocos <i>in situ</i>	Blocos <i>in situ</i>	Blocos rolados
Espessura (m)	7					
Código do afloramento	ARA-MG-44	ARA-MG-45	ARA-MG-48	ARA-MH-17	ARA-MH-18	ARA-MH-22
Número no mapa	9	10	11	13	14	15
Latitude (1)	7809948	7807980	7806015	7819039	7818699	7816882
Longitude (1)	348453	349164	349508	344245	344205	349030
Latitude (2)	19 48 02	19 49 06	19 50 10	19 43 05	19 43 16	19 44 17
Longitude (2)	40 26 51	40 26 27	40 26 16	40 29 12	40 29 14	40 26 29
Exposição	Afloramento	Blocos <i>in situ</i>	Blocos rolados	Blocos rolados	Blocos rolados	Afloramento
Espessura (m)						10
Código do afloramento	ARA-MH-26	ARA-MH-33	ARA-MH-56	COL-CV-17	COL-JA-20	COL-MG-31
Número no mapa	17	18	19	21	23	26
Latitude (1)	7812035	7810594	7825503	7811727	7802524	7814564
Longitude (1)	349727	353073	350363	341060	330928	338465
Latitude (2)	19 46 55	19 47 43	19 39 37	19 47 02	19 51 59	19 45 29
Longitude (2)	40 26 06	40 24 12	40 25 40	40 31 02	40 36 55	40 32 32
Exposição	Blocos <i>in situ</i>	Afloramento	Afloramento	Blocos rolados	Blocos rolados	Blocos rolados
Espessura (m)		4	2			
Código do afloramento	COL-MG-32	COL-MG-34	COL-MG-37	VIT-R-01	VIT-R-03	
Número no mapa	27	29	31	32	34	
Latitude (1)	7815072	7818461	7820500	7752670	7752522	
Longitude (1)	228904	338653	339217	353562	353622	
Latitude (2)	19 45 13	19 43 23	19 42 16	20 19 06	20 19 11	
Longitude (2)	40 32 17	40 32 25	40 32 05	40 24 12	40 24 10	
Exposição	Blocos rolados	Blocos rolados	Blocos rolados	Blocos <i>in situ</i>	Afloramento	
Espessura (m)				4,5	5	

de exatidão foram obtidos utilizando-se um padrão internacional (BIR-1, icelandic basalt, USGS), enquanto que os valores de

precisão foram obtidos pela análise repetida de um dos diabásios amostrados (COL-MG-33).

Tabela 2: Limites de detecção e valores de exatidão e precisão para óxidos e elementos analisados nos diabásios estudados. Fe₂O₃^t é ferro total analisado sob a forma de ferro férrico. Os valores condriticos referidos para os elementos terras-raras são os de Thompson et al. (1984).

Óxidos ou elementos	Limite de detecção	Exatidão	Precisão
SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ ^t , MgO, CaO, K ₂ O, P ₂ O ₅	0,01% (sendo 0,001% para TiO ₂ , MnO)	< 2% (sendo 5,7% para Na ₂ O)	< 1%, sendo 2% para Na ₂ O, K ₂ O e P ₂ O ₅
Co, Sc, Ni, Cr, V, Ba, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Hf, Th, U	< 4 ppm	Hf, Th, U, Cr e Sc (0%), Nb (0,6%), Co (2%), Sr (3%), Ni (6%), V (7%), Ba (14%), Y e Zr (16%), Rb (não medido)	Co, Sc, Ni, Cr e V (< 7%); Ba, Sr, Rb (< 3%); Hf, Th, U, Zr, Y e Nb (< 4%)
Elementos terras-raras	Menores que valores condriticos	0 a 17% (média: 2,6%)	< 3% (sendo 9% para Ho)

RESULTADOS

Discriminação de séries, suítes e classificações

TAS e AFM (curva de Irvine & Baragar, 1971), plotam nos campos das séries sublacalina (Figura 4) e toleítica (Figura 5), respectivamente.

As amostras dos diabásios de Colatina, quando projetadas em diagrama

O caráter toleítico da série é corroborado pela presença de hiperstênio (e ausência

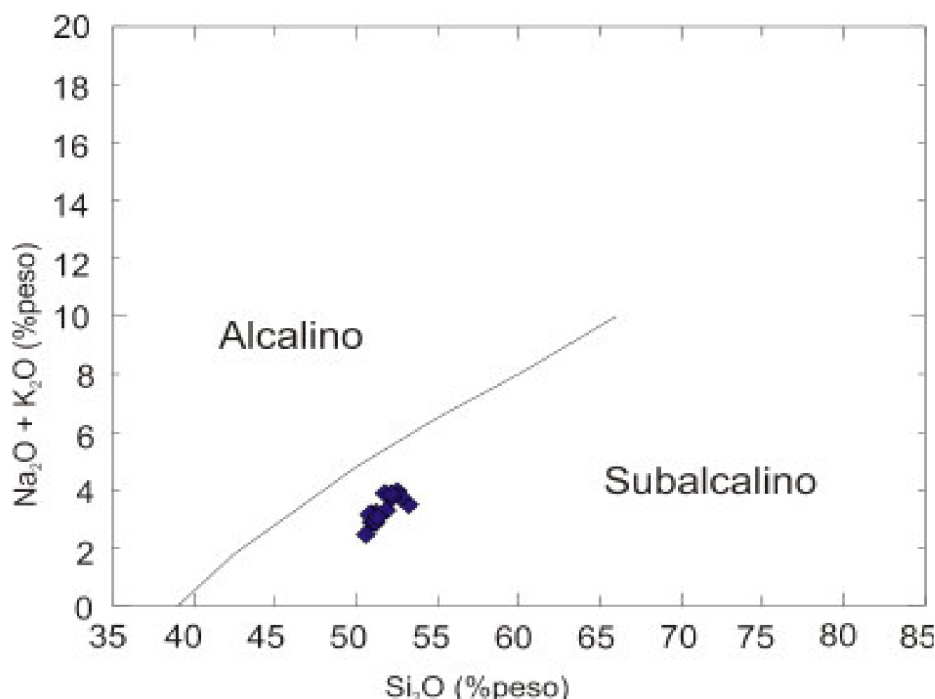


Figura 4: Discriminação de série dos diabásios do Enxame de Diques de Colatina no diagrama TAS (total de álcalis versus sílica) com a curva de Irvine & Baragar (1971). Dados recalculados para 100% em base anídrica.

de nefelina) na norma CIPW em todas as amostras estudadas (Tabela 3). As concentrações de hiperstênio normativo variam de 16,7% a 20,8%, com valor médio

de $18,9 \pm 1,3\%$. As dezoito amostras estudadas são classificadas como quartzo-toleíticos ($0,50 < \text{quartzo normativo} < 8,54\%$).

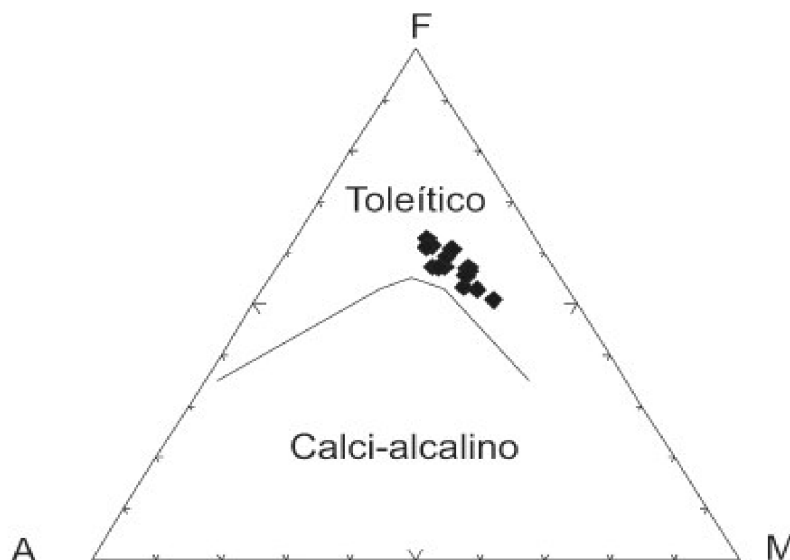


Figura 5: Discriminação de séries magmáticas no diagrama AFM para os diabásios do Enxame de Diques de Colatina. A= Na₂O + K₂O; F= FeO + 0,8998Fe₂O₃; M= MgO (em %peso). Dados recalculados para 100% em base anídrica. Curva de Irvine & Baragar, 1971.

Tabela 3: Valores máximos, mínimos, médias e desvios-padrão da norma CIPW das amostras estudadas. Todos os valores são expressos em %peso. Os minerais normativos são os seguintes: Q= quartzo, Hy= hiperstênio, Ol= olivina, Ne= nefelina, Or= ortoclásio, Ab= albita, An= anortita, Di= diopísídeo, Mt= magnetita, Il= ilmenita e Ap= apatita. A razão FeO/Fe₂O₃ utilizada foi 0,90.

Valores												Total
Máximo	6,17	20,82	0,00	0,00	8,21	22,26	33,59	21,71	4,15	3,99	0,96	100,18
Mínimo	,129	16,64	0,00	0,00	2,30	17,61	21,21	15,80	3,22	2,16	0,34	100,10
Média	3,34	18,91	0,00	0,00	5,40	20,32	25,91	18,42	4,00	3,16	0,63	100,13
Desvio-padrão	1,38	1,25	0,00	0,00	1,78	1,28	3,26	1,73	0,35	0,59	0,19	0,03

Os diabásios estudados foram classificados como basaltos e andesito-basaltos em base química (Figuras 6 e 7). A classificação química e caracterização da série dos diabásios estudados ratificam a classificação destas rochas como basaltos toleíticos, feita em base petrográfica, conforme apresentado anteriormente.

As dezoito amostras de diabásio estudadas neste trabalho apresentam valores de TiO₂ variando entre 1,12% e 2,04% e razões Ti/Y entre 243 ppm e 296

ppm. Estes valores permitem inserir os diabásios estudados numa suíte de baixo-TiO₂, segundo os critérios sugeridos por Peate (1987). A amostra menos evoluída da suíte de baixo-TiO₂ tem valores de SiO₂= 49,61%, MgO= 7,08 %, Ni= 90 ppm e Cr= 220 ppm. Estes valores não caracterizam a amostra parental da suíte como tendo composição basáltica primária (p.ex.: Ni> 500 ppm e Cr> 1000 ppm; Wilson, 1989). A amostra mais evoluída da suíte tem valores de SiO₂= 51,35%, MgO= 4,43%, Ni= 50 ppm e Cr= 30 ppm (Tabela 1).

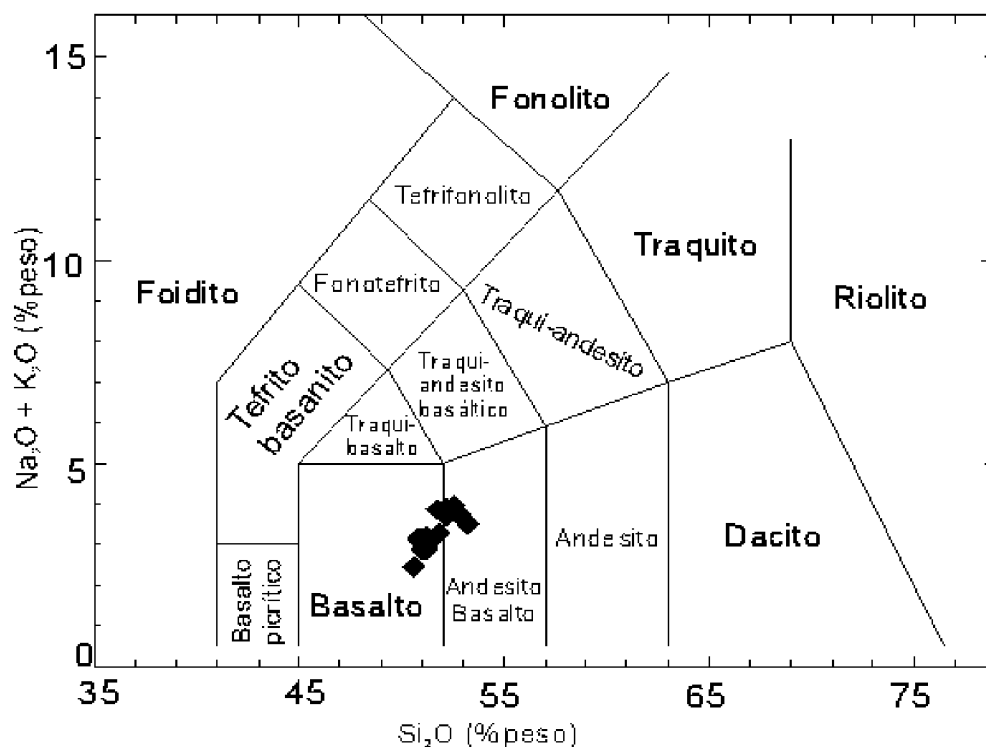


Figura 6: Classificação química dos diabásios do Enxame de Diques de Colatina no diagrama TAS (Total de Álcalis versus Sílica; LeMaitre, 1989). Os dados foram recalculados para 100% em base anídrica.

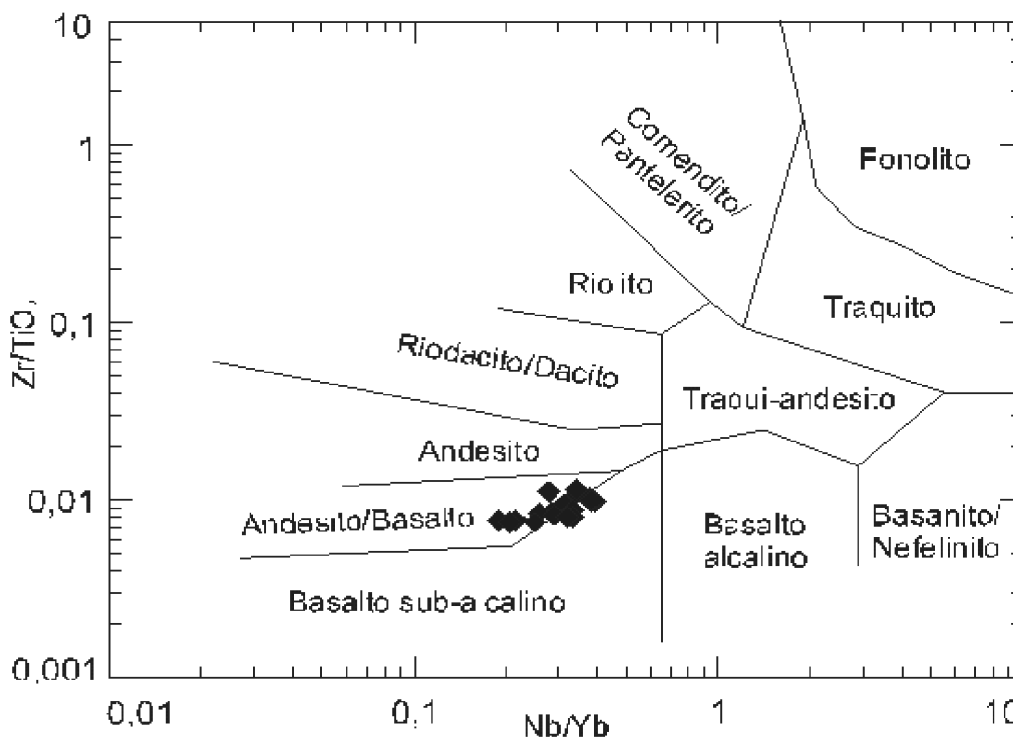


Figura 7: Classificação química dos diabásios do Enxame de Diques de Colatina no diagrama Nb/Y versus Zr/TiO₂ (Winchester & Floyd, 1977). O diagrama utiliza elementos traços imóveis.

Processos evolutivos

Diagramas de variação, tendo MgO como índice de diferenciação, foram elaborados de modo a avaliar possíveis processos evolutivos para os diabásios de baixo-TiO₂ da Faixa de Colatina (Figura 8). As curvas de regressão nos diagramas de variação para os óxidos indicam uma assembléia fracionante constituída de olivina e plagioclásio cálcico. O comportamento incompatível do ferro descarta a participação de piroxênio ou óxidos de ferro no processo de fracionamento. A presença de fenocristais

de olivina e plagioclásio cálcico nestes diabásios, conforme citado na descrição petrográfica apresentada anteriormente, corroboram as características litogeoquímicas aqui citadas. Estes dados somados à ausência de hiato composicional nos diagramas de variação, aos valores dos quadrados dos coeficientes de Pearson para as regressões lineares e às variações dos valores de razões de elementos traços menores que 50% dentro da suíte (Tabela 4) indicam que os diabásios evoluíram por cristalização fracionada sem mudança de assembléia fracionante, sendo esta última constituída de olivina e plagioclásio.

Tabela 4: Valores de razões de elementos traços das amostras parental e mais evoluída dos diabásios de baixo-TiO₂ do Enxame de Diques da Faixa de Colatina.

Amostra	La/Yb	La/Nb	Zr/Nb	Zr/Y	Y/Nb	Ba/Rb
Parental	4,1	1,7	14,0	3,5	4,0	10,7
Evoluída	5,7	1,9	13,9	4,3	3,2	9,7

Discriminação de fontes

A discriminação de prováveis fontes mantélicas relacionadas à suíte de baixo-TiO₂ estudada foi feita com base na composição da amostra representativa do magma parental (COL-MG-25). A composição química desta amostra é aquela que mais deve se aproximar da fonte mantélica geradora, muito embora ela não represente a composição de um líquido basáltico primário, como citado anteriormente.

A discriminação de prováveis fontes foi feita com base na análise do padrão da amostra parental em diagrama de variação multi-elementar (Figura 9). As razões La/Yb(N) (2,7) e La/ b(N) (1,8) da amostra parental indicam que a suíte de baixo-TiO₂ originou-se de fontes enriquecidas, tendo, assim, contribuição do manto litosférico subcontinental. Estes mesmos critérios litogeoquímicos foram citados por vários autores na caracterização deste tipo de fonte para outras províncias basálticas

continentais, como Paraná-Etendeka, por exemplo (Peate, 1997; Marques & Ernesto, 2004).

CONCLUSÕES

Os dados geocronológicos compilados da literatura e apresentados neste trabalho mostram que, de um modo geral, o magmatismo relacionado aos diabásios do Enxame de Diques de Colatina está associado aos processos de fragmentação do Gondwana, à semelhança dos enxames de diques da Serra do Mar (Valente, 1997), de Ponta Grossa (Regelous, 1993) e de Florianópolis (Tomazzoli & Lima, 2006), bem como da Província Paraná-Etendeka (Peate, 1997) e dos basaltos de Pelotas, Santos, Campos e Espírito Santo (Mohriak et al., 2002).

Os dados de campo mostram que a intrusão destes diabásios foi controlada pelas estruturas da Faixa Colatina, haja vista o paralelismo entre ambas. Isto é semelhante ao que ocorre no Enxame de

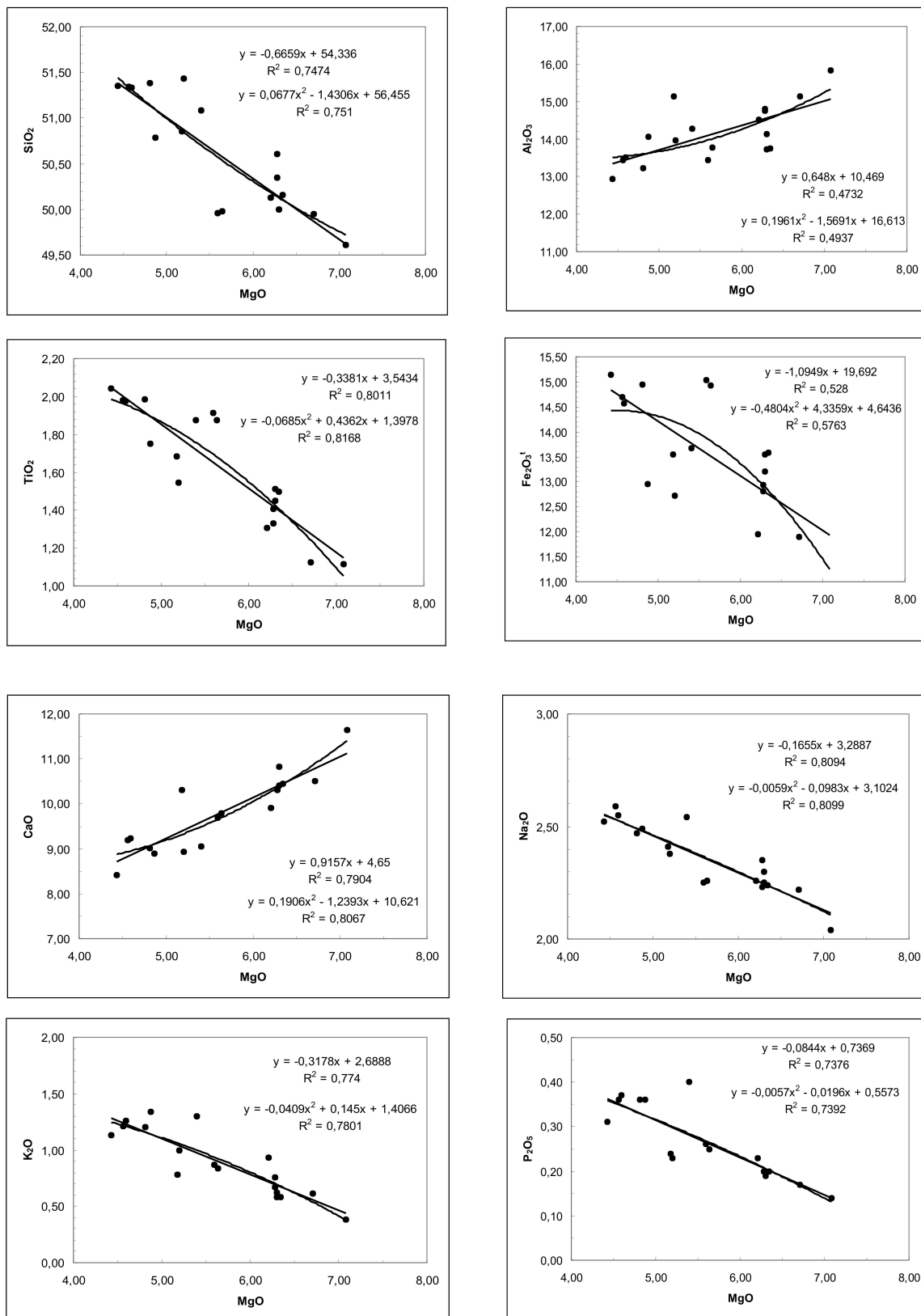


Figura 8: Diagramas de variação, para óxidos selecionados, com as amostras dos diabásios de baixo-TiO₂ do Enxame de Diques da Faixa de Colatina. As equações e respectivos quadrados dos coeficientes de correlação de Pearson (R²) estão indicados.

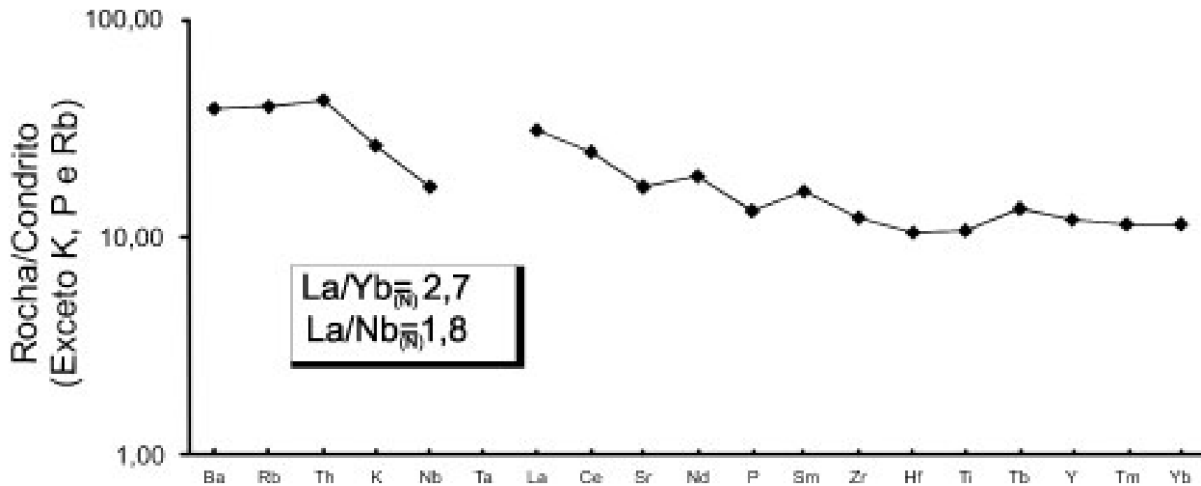


Figura 9: Diagrama multielementar com o padrão da amostra (COL-MG-25) representativa do magma parental da suíte de baixo-TiO₂ do Enxame de Diques de Colatina. Fatores de normalização: Thompson et al., 1984. Os fatores de normalização para K, Rb e P são para o manto primitivo proposto pelo mesmo autor.

como da Província Paraná-Etendeka (Peate, 1997) e dos basaltos de Pelotas, Santos, Campos e Espírito Santo (Mohriak et al., 2002).

Os dados de campo mostram que a intrusão destes diabásios foi controlada pelas estruturas da Faixa Colatina, haja vista o paralelismo entre ambas. Isto é semelhante ao que ocorre no Enxame de Diques da Serra do Mar (Valente, 1997) onde os diabásios, de idade semelhante aos de Colatina, têm direção preferencial NE-SW, paralela, portanto, aos lineamentos que caracterizam as estruturas dúcteis e rúpteis de idade Neoproterozóica do Orógeno Ribeira (Heilbron et al., 2004).

A presença de margens resfriadas e a assembléia fracionante de baixa pressão indicam que as intrusões ocorreram em níveis crustais rasos. A ausência de enclaves indica que estes diabásios não estiveram envolvidos em processos de assimilação crustal. Este fato é corroborado pela análise dos dados litogeoquímicos que indica que a suíte evoluiu por cristalização fracionada, sem assimilação crustal concomitante.

A ocorrência de apenas uma suíte de baixo-TiO₂ distingue o Enxame de

Diques de Colatina do Enxame de Diques da Serra do Mar, mais a sul, onde a provincialidade geoquímica é clara (p.ex.: Corval et al., 2008). Os dois enxames de diques estão relacionados à fusão do manto litosférico subcontinental, considerado por vários autores uma fonte quimicamente heterogênea (p.ex.: Thompson et al., 1984). Isto indica que o manto litosférico sob o Enxame de Colatina pode constituir um reservatório menos heterogêneo comparativamente àquele do Enxame de Diques da Serra do Mar. Alternativamente, o magmatismo em Colatina pode estar relacionado a maiores quantidades de fusão parcial comparativamente àquele da Serra do Mar, talvez como consequência de maiores taxas de estiramento litosférico em latitudes um pouco mais elevadas durante o rifteamento do Gondwana no Cretáceo Inferior. Finalmente, a extensão da Faixa de Colatina para regiões offshore, até a porção norte da Bacia de Campos (Novais et al., 2004), e o paralelismo desta estrutura com os diques estudados no continente, conforme atestado neste trabalho, pode indicar que os diques funcionaram como condutos alimentadores dos basaltos da Formação Cabiúnas na Bacia de Campos, uma vez que estes últimos também inserem-se numa única suíte de baixo-TiO₂ (Misuzaki et al., 1992), à semelhança do Enxame de Colatina.

AGRADECIMENTOS

Os dados deste trabalho foram obtidos como parte do projeto CTPETRO-Magmarifte (UERJ-UFRuralRJ-

PETROBRAS). Artur Corval é bolsista da CAPES e Sérgio Valente e Mônica Heilbron são bolsistas de produtividade em pesquisa do CNPq. Os autores agradecem às sugestões feitas por dois revisores anônimos da revista.

REFERÊNCIAS

- CORVAL, A.; VALENTE, S.C.; DUARTE, B.P.; DUTRA, T.; ELLAM, R.L.; FALLICK, A.E.; MEIGHAN, I.G. (2008) Sr-Nd Isotope data of the high-TiO₂ and low-TiO₂ basalts within the Serra do Mar Dyke Swarm. In: South American Symposium on Isotope Geology, 4, San Carlos de Bariloche. Proceedings. INGEIS-CIG, p. 45-49.
- GALLARDO, C.; SERRÃO, M.; MUNIS, M. (1987) O intemperismo dos gnaisses do sistema montanhoso do litoral sudeste: Um exemplo de atividade tectônica atual no Município de Nova Venécia, ES. In: Simp. Geol. Regional RJ-ES, 1, Rio de Janeiro, SBG. Anais. I: p. 210-217.
- HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROW, R.A.J.; JANASI, V.A. (2004) Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (eds.), Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Editora Beca Ltda., p. 203-234.
- IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, **8**: 523-547.
- LEMAITRE, R.W. (1989) A classification of igneous rocks and glossary of terms. (Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks). Blackwell, Oxford, 193p.
- MARQUES, L.S. & ERNESTO, M. (2004) O magmatismo Toleítico da Bacia do Paraná. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B.B. (eds.), Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Editora Beca Ltda., p. 245-263.
- MIZUSAKI, A.M.P.; PETRINI, R.; BELLINI, G.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; DIAS, J.; DEMIN, A.; PICCIRILLO, E.M. (1992) Basalt magmatism along the passive continental margin of SE Brazil (Campos basin). Contributions to Mineralogy and Petrology, **111**: 143-160.
- MOHRIAK, W. U.; ROSENDAHL, B.R.; TURNER, J.P.; VALENTE, S.C. (2002). Crustal architecture of South Atlantic volcanic margins. In: EBINGER, C.J.; BAKER, J.; MENZIES, M.A.; KLEMPERER, S.L. (eds.). Volcanic rifted margins. Geological Society of America, p. 159-202.
- NOVAIS, L.C.C.; TEIXEIRA, L.B.; NEVES, M.T.; RODARTE, J.B.M.; ALMEIDA, J.C.H.; VALERIANO, C.M. (2004) Novas ocorrências de diques de diabásio na faixa

- Colatina-ES: estruturas rúpteis associadas e implicações tectônicas para as bacias de Campos e do Espírito Santo. Boletim de Geociências da Petrobras. **12(1)**:191-194.
- PEATE, D.W. (1997) The Paraná-Etendeka province. In: MAHONEY, J.J.; COFFIN, M.F. (eds.). Large igneous provinces: continental, oceanic and planetary flood volcanism. American Geophysical Union, p. 217-245.
- PROJETO RADAMBRASIL. (1983), folhas SF 23 e SF 24, Rio de Janeiro - Vitória, v. **34**, 544p.
- REGELOUS, M. 1993. Geochemistry of dolerites from the Paraná flood basalt province, southern Brazil. Tese de Doutorado, Open University, 128p.
- SILVA, J.N. da; FERRARI, P.G. (1976) Projeto Espírito Santo. Belo Horizonte: DNPM.CPRM. Relatório técnico (DGM 2596), 408p.
- TEIXEIRA, L.B.; RODARTE, J.B.M. (2003) Datações de diques de diabásios na faixa Colatina. Rio de Janeiro: PETROBRAS. CENPES. PDEXP. MB, Relatório Interno. 58p.
- THOMPSON, R.N.; MORRISON, M.A.; HENDRY, G.L.; PARRY, S.J. (1984) An assessment of the relative roles of crust and mantle in magma genesis: an elemental approach. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. **A310**, 549-590.
- TOMAZZOLI, E.R.; LIMA, E.F. (2006) Magmatismo Ácido-Básico na Ilha do Arvoredo-SC. Revista Brasileira de Geociências, **36(1)**: 61-80.
- VALENTE, S.C. (1997) Geochemical and isotopic constraints on the petrogenesis of the Cretaceous dykes of Rio de Janeiro, Brazil. Tese de Doutorado, The Queen's University of Belfast, 366p.
- WILSON, M. (1989) Igneous petrogenesis: a global tectonic approach. Longmans, London. 458 p.
- WINCHESTER, J.A. & FLOYD, P.A. (1977) Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, **20**: 325-343.