

OS PIROXÊNIOS DOS DIQUES MÁFICOS
E ULTRAMÁFICOS DO LITORAL ENTRE
SÃO SEBASTIÃO E UBATUBA, SP

G.M. Garda
Instituto Geológico, SMA, São Paulo, SP

ABSTRACT

Along the coast of São Paulo State and in the São Sebastião, Anchieta and Mar Virado islands, basic to intermediate dykes and alkaline lamprophyres crosscut Precambrian rocks of the Costeiro Complex. In the former, the pyroxenes are augites, subcalcic augites and rare pigeonites, while in the latter Ti-rich augites predominate. Such compositions reflect the main characteristics of the rocks they form. In the lamprophyres, part of Al must fill the tetrahedral position to cover Si deficiencies, thus allowing Ti to occupy M1 with Fe (and to a lesser extent, Cr), while Ca almost exclusively fills the M2 position. This balance is also observed in zoned pyroxene crystals, whose rims are richer in Fe, Al and Ti, indicating increasing alkalinity from the cores to the rims. The control of the rock composition over the mafic minerals compositions is also shown by the mg of kaersutites and biotites which are high when the lamprophyre Mg# is high.

Differently from the lamprophyres, the basic to intermediate rocks have pyroxenes with $Wo < 45$. Subcalcic augite and pigeonite compositions indicate minimum crystallization temperatures of 1000-1100°C. The basic to intermediate rocks show tholeiitic affinities equivalent to the basalts of the Paraná Basin.

RESUMO

Ao longo da costa do Litoral Norte do Estado de São Paulo e nas ilhas de São Sebastião, Anchieta e do Mar Virado, diques de rochas básicas a intermediárias e lamprófiros alcalinos cortam as rochas precambrianas do Complexo Costeiro. Nos primeiros, os piroxênios são augitas, augitas subcálcicas e, mais raramente, pigeonita, enquanto, nos últimos, predominam augitas ricas em titânio. Estas composições refletem as principais características das rochas que compõem. Nos lamprófiros, uma parte do Al deve ocupar a posição tetraédrica para suprir deficiências em Si, entrando Ti (substituindo $VIAl$), Fe e Cr (em menores proporções) em M1, enquanto Ca preenche a posição M2. Este balanço entre Al, Ti, e Fe também é observado nos cristais zonados de piroxênio, cujas bordas são mais ricas em Fe, Al e Ti, indicando alcalinidade crescente dos núcleos para as bordas dos cristais. O controle da composição da rocha sobre a composição dos minerais máficos também é ilustrado pelas kaersutitas e biotitas, sendo que mg elevados desses minerais correspondem a Mg# elevados dos lamprófiros.

Diferentemente dos piroxênios dos lamprófiros, aqueles dos diques de rochas básicas a intermediárias apresentam $Wo < 45$. As composições das augitas subcálcicas e pigeonitas indicam temperaturas mínimas de cristalização dos piroxênios de 1000-1100°C. O comportamento químico dos piroxênios dessas rochas indica afinidades toleíticas equivalentes às apresentadas pelos basaltos da Bacia do Paraná.

INTRODUÇÃO

A região costeira do Estado de São Paulo é cortada por numerosos diques de direção predominante N55E, que ocorrem isolados ou formando pequenos enxames. Os diques foram mapeados durante projetos e trabalhos de enfoque regional, como os de Freitas (1976), Silva et al. (1977) e Hasui et al. (1994), entre outros. Por sua vez, Castro et al. (1984) mencionaram a ocorrência de diversos diques

entre Mangaratiba e Angra dos Reis (litoral do Estado do Rio de Janeiro), seguindo o mesmo arranjo paralelo a subparalelo, segundo a direção NE (localmente N-S e NW-SE), e mergulhos verticais ou para SE.

O primeiro trabalho de mapeamento detalhado e classificação petrográfica dos diques da região entre Caraguatatuba e Ubatuba e das ilhas Anchieta e do Mar Virado foi realizado por Damasceno (1966). Comin-Chiaramonti et

al. (1983) estudaram alguns diques da região de Peruíbe e ao longo da Rodovia BR-101, desde Ubatuba até Angra dos Reis, enquadrando-os num contexto mais amplo relacionado à gênese dos basaltos da Bacia do Paraná (e.g. Piccirillo et al., 1988, Hawkesworth et al., 1992). Os trabalhos de Gomes (1973, 1974), Gomes & Ruberti (1979) e Gomes & Berenholc (1980) versaram sobre química mineral e petrologia do dique de Toninhas (região de Ubatuba).

Coutinho et al. (1991) e Coutinho & Ens (1992) apresentaram os primeiros resultados de seus estudos petrográficos e petrogenéticos dos diques que ocorrem, respectivamente, em localidades contíguas ao Canal de São Sebastião e entre as cidades de Itanhaém e São Sebastião.

A geologia da Ilha de São Sebastião foi apresentada com detalhe por Freitas (1947), incluindo os diques que ocorrem na costa oeste e na Praia do Bonete daquela ilha. Mais recentemente, Bellieni et al (1990) retomaram essas ocorrências para estudos petrográficos, geoquímicos e geocronológicos.

Garda et al. (1992) trataram de alguns aspectos dos diques da Praia Vermelha do Sul (região de Ubatuba), enquanto Garda (1994), Garda & Schorscher (1994) e Garda et al. (1994a, 1994b) apresentaram alguns dados geoquímicos e isotópicos sobre os diques aqui abordados, que ocorrem na costa entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba e ilhas de São Sebastião, Anchieta e do Mar Virado.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Os litotipos principais que constituem os diques e que são reconhecíveis no campo são rochas básicas a intermediárias e lamprófiros de afinidade alcalina.

Ao longo dos costões, os diques apresentam-se muito pouco ou não alterados e aparecem, ora formando pequenos enxames de seis ou mais diques, ora isolados ou ramificados, com espessuras que variam desde alguns centímetros a vários metros. Os agrupamentos de diques distribuem-se de manei-

ra irregular ao longo da costa entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, “desaparecendo” nos arredores de Caraguatatuba.

Em alguns casos, quando erodidos, pode-se encontrar restos de suas bordas incrustados na rocha encaixante. Blocos de diferentes tamanhos e formas, em geral, preenchem fraturas antigamente ocupadas pelos diques.

Os **diques de rochas básicas a intermediárias** são mais comumente encontrados entre as cidades de Caraguatatuba e Ubatuba, na porção oeste da Ilha de São Sebastião e nas Ilhas do Mar Virado e Anchieta. Suas espessuras variam desde alguns centímetros a vários metros. A granulação da matriz varia de fina a afanítica, sendo que os diques mais espessos podem apresentar porções mais internas, com granulação um pouco mais grossa. Bordas resfriadas ou vítreas podem ser também encontradas. A cor predominante é cinza escuro a preto, geralmente apresentando uma tonalidade marrom-ferrugem.

Os **lamprófiros alcalinos** ocorrem com maior frequência na região entre São Sebastião e Caraguatatuba, sendo que alguns foram encontrados nas ilhas Anchieta e do Mar Virado. Distinguem-se pela coloração cinza escuro a preto e pela presença, razoavelmente abundante, de fenocristais de piroxênio. Cavidades, anteriormente ocupadas por fenocristais ou por material de preenchimento de estruturas globulares, dão a estas rochas aspecto um pouco mais poroso.

Outro tipo litológico encontrado nas proximidades do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (Praia do Cabelo Gordo, próxima a São Sebastião) são

traquitos, que se associam às rochas alcalinas da Ilha de São Sebastião. Estas rochas são predominantemente constituídas por feldspato, inclusive fenocristais. A matriz pode apresentar-se alterada, adquirindo uma tonalidade arroxeadada.

PETROGRAFIA

Nas rochas básicas a intermediárias de granulação fina a muito fina predominam as texturas granular e ofítica/subofítica, aparecendo, localmente, a intersertal. A mineralogia é dominada por plagioclásio e piroxênio (predominantemente augita e, muito raramente, pigeonita). Os termos intermediários destacam-se por apresentar porções mais grossas com leve domínio de plagioclásio, não raro envolto pelo crescimento granofírico entre feldspato alcalino e quartzo. Neste caso, a coloração da rocha tende a um cinza um pouco mais claro (e.g. o dique de espessura de 30 m da Ponta do Bonete, entre a Praia da Lagoinha e a Praia Dura).

Biotita e apatita aparecem em quantidades variáveis. Minerais opacos, predominantemente ilmenita e espinélios de Fe e Ti, apresentam, em geral, textura dendrítica ou esqueletal. Pirita é mais rara, constituindo cristais muito pequenos, disseminados. Os minerais secundários mais frequentes são sericita, clorita e, mais raramente, hornblenda.

Veios muito finos constituídos por quartzo ou carbonato e/ou clorita também podem ocorrer, assim como pequenos xenólitos das encaixantes.

Seguindo-se a classificação de Rock (1991), os lamprófiros alcalinos podem ser

subdivididos em: camptonitos, monchiquitos, biotita lamprófiros, lamprófiros picríticos e alnóitos.

Os **camptonitos** e **monchiquitos** apresentam caracteristicamente kaersutita e biotita, além de olivina forsterítica, piroxênio e material intersticial de birrefringência muito baixa (podendo estar alterado em clorita), em que podem se destacar plagioclásio, feldspato alcalino e feldspatóides. Carbonato mistura-se à matriz, em proporções bastante variáveis de uma amostra para outra. Os piroxênios (augita titanífera) apresentam uma tonalidade vermelho-vinho, principalmente em direção às bordas do cristal. Os megacrístais são, em geral, abundantes. Os de piroxênio, que às vezes aparecem aglomerados, são zonados e encontram-se mais ou menos alterados, enquanto as olivinas, não raro com inclusões de cromita, podem apresentar-se completamente pseudomorfizadas.

Os monchiquitos distinguem-se dos camptonitos pela presença de analcima. Tanto os camptonitos, quanto os monchiquitos apresentam **estruturas globulares**, preenchidas por carbonato (no caso dos camptonitos) e carbonato ± analcima (no caso dos monchiquitos), às vezes visíveis a olho nu (geralmente com 1 mm de diâmetro). A porcentagem destas estruturas pode variar ao longo de um mesmo dique.

Nos **biotita lamprófiros**, biotita ocorre em proporções ao redor de 20%. A biotita ou apresenta bordas mais escuras (biotíticas) que os núcleos (flogopíticos), ou é mais fortemente pleocróica em relação aos outros litotipos, passando de tons muito claros a marrom.

Os fenocristais de piroxênio compõem textura seriada com os piroxênios da matriz, formando uma trama densa. Os minerais opacos podem ser abundantes. Também são encontradas formas completamente pseudomorfizadas, em cujos núcleos, às vezes, o mineral original (geralmente olivina) aparece preservado.

Os **lamprófiros picríticos** são muito ricos em megacrístais de piroxênio e olivina, que pode se apresentar completamente fresca e, não raro, associada aos megacrístais de piroxênio. Cromita é encontrada, não somente, inclusa na olivina, mas também, disseminada na matriz. Kaersutita, biotita e analcima são mais raras ou ausentes nessas rochas.

Melilita caracteriza o único **alnóito** encontrado na área. Piroxênio é o outro mineral mais freqüente nesta variedade de lamprófiro. Biotita também aparece zonada, assim como as cromitas.

ASPECTOS GEOQUÍMICOS

Os valores de $Mg\#^{(1)}$ dos diques básicos a intermediários são baixos (≤ 39), contrapondo-se aos dos lamprófiros ($Mg\# = 51-80$). Os primeiros são classificados pelo diagrama TAS (*Total Alkalis versus Silica*; Le Maitre, 1989) como basaltos, traquibasaltos, traquiandesitos basálticos e traquiandesitos. As quantidades de Al_2O_3 , Na_2O e K_2O aumentam, enquanto as de TiO_2 , FeO_t , MgO e CaO diminuem dos tipos básicos aos intermediários.

Os lamprófiros são classificados pelo TAS como foiditos, com $SiO_2 < 47\%$, Al_2O_3 variando entre 5% a 14%, $MgO > 7\%$ e com quantidades

elevadas de H_2O e CO_2 . Os lamprófiros picríticos são também classificados como microbasaltos e apresentam os mais baixos conteúdos de TiO_2 , Al_2O_3 , FeO_t , Na_2O e K_2O .

A classificação química também distingue um grupo de **tefritos**, composicionalmente intermediários entre os lamprófiros e as rochas básicas a intermediárias.

A CLASSIFICAÇÃO DOS PIROXÊNIOS

As Tabelas 1, 2 e 4 apresentam as análises mais representativas de um conjunto de 735 pontos analisados em piroxênios das diversas rochas (Garda, 1995), realizadas com o microscópio eletrônico de varredura JEOL 6400 do Centre for Microscopy and Microanalysis da University of Western Australia, utilizando-se como condições de operação: potencial de aceleração de 15 kV, corrente da amostra de 3 nA e tempo de interação de 60 segundos.

A fórmula estrutural padrão dos piroxênios é $M_2M_1T_2O_6$, onde M2 corresponde aos cátions em coordenação octaédrica distorcida (Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Li^+ , Ca^{2+} , Na^+), M1 aos cátions em coordenação octaédrica regular ($VIAl^{3+}$, $VIFe^{3+}$, Ti^{4+} , Cr^{3+} , V^{3+} , Ti^{3+} , Zr^{4+} , Sc^{3+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}) e T aos cátions em coordenação tetraédrica (Si^{4+} , $IVAl^{3+}$, $IVFe^{3+}$). O procedimento para alocar os elementos nessas posições recomendado pela Subcomissão de Piroxênios da International Mineralogical Association (IMA) é apresentado por Morimoto (1988).

Droop (1987) deduziu

⁽¹⁾O número de magnésio $Mg\#$ é calculado a partir das análises de rocha total por fluorescência de raios X (in: GARDA 1995) como $Mg\# = MgO_{molar} / (MgO_{molar} + FeO_{molar})$.

uma equação bastante simples para a estimativa do Fe^{3+} , a partir de uma microanálise da qual se obtém apenas FeO_{total} , assumindo que o ferro é o único elemento com estado de oxidação variável. Ao se calcular a fórmula estrutural dos piroxênios com base em quatro cátions, o total de oxigênios não atinge 6, pois para cada Fe^{2+} fica alocado um átomo de oxigênio, quando, na realidade, uma parte desse ferro é Fe^{3+} , à qual deveriam corresponder 1,5 átomos de oxigênio. Por outro lado, quando a fórmula é calculada com base em 6 oxigênios, a soma dos cátions não atinge 4, pois todo o ferro é considerado como Fe^{2+} . Estas discrepâncias permitem estimar o Fe^{3+} de um piroxênio, segundo a fórmula:

$$Fe^{3+} = 12 (1 - 4/S) \quad (1),$$

onde S é a soma dos cátions calculados com base em 6 oxigênios.

Após o cálculo da fórmula estrutural, uma primeira classificação é feita utilizando-se o diagrama Q-J⁽²⁾. Nesse diagrama, são representados os quatro grupos de piroxênios: o do quadrilátero denominado *Quad*, os piroxênios cálcico-sódicos, os piroxênios sódicos e os *Outros*. Os piroxênios formadores de rochas mais comuns são os ferromagnesianos e os cálcicos e constituem soluções sólidas que podem ser representadas no quadrilátero *Quad*.

O excesso de carga resultante de uma substituição deve ser compensado por uma deficiência causada por outra substituição, o que é expresso pela equação de balanço de carga (Papike et al., 1974):

$$VIAl^{3+} + VIFe^{3+} + VICr^{3+} + 2(VITi^{4+}) = IVAl^{3+} + M2Na^+ \quad (2)$$

que representa as substituições mais importantes dos piroxênios denominados *Outros*. A porcentagem de *Outros* na composição de um piroxênio é o valor mais elevado de um dos três parâmetros:

- $Na^+ \times 100$
- $IVAl^{3+} \times 100$
- $\Sigma(VIAl^{3+} + VIFe^{3+} + VICr^{3+} + VITi^{4+}) \times 100$,

sendo que *Quad* é calculado subtraindo-se a porcentagem de *Outros* de 100%.

Cameron & Papike (1981) dividem os piroxênios *Outros* em cinco grupos, que são, por sua vez, subdivididos em 19 membros extremos individuais. Essa classificação não foi adotada pela IMA, que considera como *Outros* apenas a donpeacorita, a kanoíta, a johannsenita, a petedunnita, a esseneíta e o espodumênio (Morimoto, 1988).

OS PIROXÊNIOS DOS LAMPRÓFIROS

Os *alnöitos* são um dos exemplos de que o *Quad* não é adequado para representar a composição de certos piroxênios. Estes apresentam os teores mais elevados de TiO_2 (4-8%) e Al_2O_3 (10-14%), e os mais baixos de SiO_2 (34-43%), reflexos diretos da composição dessas rochas. A deficiência em sílica e as altas concentrações de CaO são características dos *alnöitos*. Praticamente todo o Al deve ser somado a Si para completar a posição T. Todo Ti, Mg e Fe ficam alocados na posição M1 e Ca, praticamente sozinho, ocupa a posição M2 (ver Tabela 1). O diagrama *Quad* apenas destaca as quantidades elevadas

de CaO nesses piroxênios, que plotam acima do limite diopsídio-hedenbergita ($Wo > 50$), fora do campo dos piroxênios ferro-magnesianos e cálcicos típicos (Fig. 1-a). Os piroxênios de Fen (Noruega) apresentam composições semelhantes e foram classificados por Rock (1986) como Ti-Al salitas, termo de uso não recomendado pela IMA e substituído por diopsídio, podendo receber os modificadores "subsílico", "com Al" e "com Ti", caso Si, Al e Ti ultrapassem, respectivamente, os mínimos e máximos admitidos para esse piroxênio cálcico.

Ruberti (1983), por sua vez, utiliza as moléculas Tschermak para expressar a fórmula química de piroxênios egirínicos, aplicando a seqüência de formação desses "componentes moleculares teóricos", segundo Cawthorn & Collerson (1974). No caso dos piroxênios dos *alnöitos*, considerando a composição média $Wo = 61\%$, $En = 31\%$ e $Fs = 85\%$, tem-se como porcentagens de moléculas Tschermak:

- Ca-tschermakita férrica $[Ca(Fe^3Cr)_2SiO_6] = 4\%$
- Ca-Ti-tschermakita $[CaTiAl_2O_6] = 12\%$
- Ca-tschermakita $[CaAl_2SiO_6] = 6\%$,

além de $Wo = 40\%$, $En = 30\%$ e $Fs = 8\%$, ou seja, 22% da composição média desses piroxênios é representada pelas moléculas Tschermak, que embutem em sua fórmula Al e Ti.

Posições fora do *Quad* também podem ser explicadas pelo parâmetro *Outros*, já que, aplicando-se o procedimento de Cameron & Papike (1981) aos piroxênios dos *alnöitos*, *Outros* é definido por $IVAl^{3+} \times 100$. A

⁽²⁾A partir da fórmula estrutural, Q e J são calculados como: $Q = Ca + Mg + Fe^{2+}$ e $J = 2(Na)$.

Tabela 1 - Análises por EDS dos piroxênios dos lamprófiros alcalinos e tefritos. Fe₂O₃*, FeO* e Total* foram recalculados a partir de (Fe³⁺) e (Fe²⁺) aplicando-se a fórmula de DROOP (1987).

Rocha	Alnô	Alnô	Alnô	Alnô	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	
Amostra	210-A	210-A	PCa-1(1)	PCa-1(1)	C-1-C	C-2B	C-2B	C-2D	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	174	174	174
Ponto	PR3	PR4	P3	P4	P7	P5A	P6	P6	B26	B15	B7	P5	P6	P7	P8	P10	P11	P12	P13	P16	P17	P2	U5	U6	
SiO ₂	37.8	40.84	36.18	38.55	46.77	43.02	47.53	45.85	41.4	40.64	47.39	45.37	41.4	45.84	41.54	44.72	45.79	45.94	40.69	48.29	46.62	45.39	49.96	49.53	
TiO ₂	6.53	4.48	6.3	6.71	2.7	4.48	2.83	3.14	4.88	5.27	2.76	3.18	5.5	3.48	5.21	3.48	3.07	2.88	5.43	1.98	2.5	2.27	0.91	0.84	
Al ₂ O ₃	13	11.75	12.66	12.23	5.83	8.29	5.54	5.85	9.68	9.83	5.78	7.45	10.04	7.29	9.94	7.44	6.49	5.96	9.74	3.87	5.07	7.38	3.55	3.48	
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0	0	0	0	0	0.24	0	0	0	0	
Fe ₂ O ₃ *	5.87	7.46	4.89	5.86	2.34	4.28	2.74	2.89	3.84	3.26	0.2	2.54	3.78	1.43	2.91	1.21	1.89	1.27	2.64	1.67	1.33	4.58	4.80	5.66	
FeO*	3.39	1.99	3.67	3.09	4.59	3.96	4.60	4.45	4.95	5.75	8.04	5.34	5.92	5.13	6.37	5.76	5.41	6.52	6.16	4.64	6.05	7.64	8.66	8.45	
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.21	0.25	
MgO	8.8	10.21	8.48	9.36	12.71	10.9	12.62	12.61	10.22	9.35	11.9	11.63	9.53	12.25	9.79	11.67	12.35	12.17	9.49	14.01	12.43	8.36	9.13	8.63	
CaO	24	24.78	23.53	24.28	24.28	23.63	25.2	24.02	22.57	22.98	23.34	24.23	23.61	24.18	23.22	23.45	23.49	22.88	23.09	23.35	23.25	22.6	21.56	20.6	
Na ₂ O	0.27	0.2	0	0.27	0	0.39	0	0	0.39	0.32	0	0	0.28	0	0.17	0	0	0	0.19	0	0	1.04	1.68	2.05	
Total*	99.62	#####	95.71	100.35	99.22	98.95	#####	98.81	97.93	97.40	99.41	99.74	100.1	99.75	99.15	97.73	98.49	97.62	97.43	98.05	97.25	99.26	#####	99.49	
Si	1.45	1.52	1.441	1.462	1.761	1.639	1.762	1.738	1.597	1.584	1.79	1.709	1.574	1.718	1.59	1.714	1.74	1.764	1.586	1.83	1.793	1.740	1.888	1.892	
Ti	0.19	0.125	0.189	0.191	0.076	0.128	0.079	0.090	0.142	0.154	0.078	0.09	0.157	0.098	0.15	0.1	0.088	0.083	0.159	0.056	0.072	0.065	0.026	0.024	
Al	0.58	0.515	0.594	0.547	0.259	0.372	0.242	0.261	0.440	0.452	0.257	0.331	0.45	0.322	0.449	0.336	0.291	0.27	0.447	0.173	0.23	0.334	0.158	0.157	
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.004	0	0	0	0	0	0.007	0	0	0	0	
Fe ³⁺	0.17	0.209	0.147	0.167	0.066	0.123	0.077	0.082	0.112	0.096	0.006	0.072	0.108	0.04	0.084	0.035	0.054	0.037	0.078	0.048	0.038	0.132	0.137	0.163	
Fe ²⁺	0.11	0.062	0.122	0.098	0.145	0.126	0.143	0.141	0.160	0.187	0.254	0.168	0.188	0.161	0.204	0.185	0.172	0.209	0.201	0.147	0.195	0.245	0.274	0.270	
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0.007	0.008	
Mg	0.5	0.566	0.503	0.529	0.713	0.619	0.697	0.712	0.588	0.543	0.67	0.653	0.54	0.684	0.559	0.667	0.699	0.696	0.551	0.791	0.713	0.478	0.514	0.491	
Ca	0.98	0.988	1.004	0.986	0.98	0.964	1.001	0.976	0.933	0.960	0.945	0.978	0.962	0.971	0.952	0.963	0.956	0.941	0.964	0.948	0.958	0.928	0.873	0.843	
Na	0.02	0.014	0	0.02	0	0.029	0	0	0.029	0.024	0	0	0.021	0	0.013	0	0	0	0.014	0	0	0.077	0.123	0.152	
Total cátion:	4	4	4	4	4	4	4	4.001	4.000	4.000	4.000	4.001	4.000	3.998	4.001	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	3.999	4	4	4	
mgP	82.24	90.13	80.47	84.37	83.14	83.06	83.01	83.47	78.62	74.36	72.52	79.51	74.16	80.97	73.25	78.31	80.27	76.89	73.30	84.33	78.54	66.10	65.26	64.54	
Outros	55.4	48.03	55.92	53.83	23.9	36.14	23.82	26.14	40.29	41.61	21.00	29.15	42.60	28.16	40.99	28.59	26.01	23.63	41.44	17.02	20.65	27.15	20.89	23.56	
Quad	44.6	51.97	44.08	46.17	76.1	63.86	76.18	73.86	59.71	58.39	79.00	70.85	57.40	71.84	59.01	71.41	73.99	76.37	58.56	82.98	79.35	72.85	79.11	76.44	
Wollastonita	61.7	61.13	61.62	61.14	53.31	56.42	54.38	53.34	55.52	56.78	50.56	54.36	56.91	53.47	55.54	53.08	52.33	50.96	56.18	50.26	51.37	56.23	52.56	52.55	
Enstatita	31.5	35.03	30.89	32.78	38.82	36.20	37.87	38.95	34.97	32.14	35.85	36.29	31.95	37.68	32.57	36.74	38.27	37.70	32.12	41.94	38.20	28.93	30.96	30.62	
Ferrossilita	6.8	3.83	7.5	6.07	7.87	7.38	7.75	7.71	9.51	11.08	13.59	9.35	11.13	8.86	11.89	10.18	9.40	11.33	11.70	7.79	10.44	14.84	16.48	16.82	

mgP = 100 x Mg/(Mg + Fe₂)

Alnô = alnôito

Blamp = biotita lamprófiro

Lpicr = lamprófiro picrítico

Monch = monchiquito

Campto = camptonito

Tabela 1 - Continuação.

Rocha	Blamp	Blamp	Blamp	Lpicr	Lpicr	Lpicr	Lpicr	Lpicr	Lpicr	Lpicr	Lpicr	Lpicr	Monch	Monch	Monch	Monch	Monch	Monch	Monch	Monch	Monch	Monch	
Amostra	174-B	174-B	PBF-1B	A-01-B(1)	PA-5	PA-5	PA-8-C1	PA-8-C1	PA-8-C2	PA-8-D	PA-8-D	PV-4C	CB-12-B	PA-7-B	PB-4-5	PG-1-3	PG-1-3	PG-1-3	PG-1-5	PG-3-1	PG-3-1	PG-3-1	
Ponto	AM1	AM4	U1	P5	P4	P5	P2	P1	P8	P6	P9	P1	P21	P8	P15	P5	P6	P7	P8	P1	P2		
SiO ₂	49.88	49.24	48.46	47.23	47.5	48.4	46.86	46.56	47.9	48.78	48.81	46.08	43	43.9	44.29	41.37	46.21	46.54	39.95	43.11	42.78		
TiO ₂	1.21	1.63	2.26	1.16	1.51	1.17	2.39	2.2	1.23	1	1.07	3.42	4.54	2.23	4.63	4.39	2.41	2.64	4.55	3.35	3.19		
Al ₂ O ₃	4.57	5.3	1.69	8.84	7.42	6.59	6.36	6.96	6.29	6.96	6.66	7.02	8.6	9.51	7.93	12.39	7.54	7.09	11.93	10.99	10.9		
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0.14	0	0.23	0	0	0.81	1.13	1.56	0.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Fe ₂ O ₃ *	6.15	5.03	2.43	1.43	1.4	1.64	2.203	2.412	1.19	0.52	0.33	1.59	2.47	3.32	1.45	4.58	2.12	2.56	3.96	3.63	3		
FeO*	7.68	8.23	9.08	4.62	4.82	4.24	10.387	7.81	3.86	4.29	4.32	5.62	10.44	5.08	9.59	4.88	7.55	6.58	6.62	5.6	7.04		
MnO	0.32	0	0.29	0	0	0	0.18	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
MgO	8.95	9.23	9.93	12.63	12.9	13.5	9.09	10.62	13.46	13.47	13.49	12.21	8.46	11.66	9.61	9.31	11.06	11.43	8.47	10.25	9.54		
CaO	21.32	22.55	22.95	23.72	23.7	23.9	23.14	23.25	23.83	24.14	24.17	24.04	22.39	22.35	23.08	23.92	23.54	24.25	23.53	23.96	23.4		
Na ₂ O	2.04	1.46	0.76	0	0	0	0.38	0.19	0	0	0	0	0.28	0	0.18	0.28	0	0	0	0	0		
Total*	#####	#####	97.85	99.77	99.28	99.75	100.99	100.24	98.57	100.29	100.41	#####	100.18	98.05	#####	101.1	100.4	101.1	99.01	100.9	99.85		
Si	1.854	1.821	1.888	1.752	1.78	1.8	1.773	1.756	1.797	1.797	1.798	1.723	1.649	1.675	1.677	1.549	1.735	1.734	1.54	1.612	1.623		
Ti	0.034	0.045	0.067	0.032	0.04	0.03	0.068	0.062	0.035	0.028	0.03	0.096	0.131	0.064	0.132	0.124	0.068	0.074	0.132	0.094	0.091		
Al	0.200	0.231	0.078	0.387	0.33	0.29	0.284	0.309	0.278	0.302	0.289	0.309	0.389	0.428	0.354	0.547	0.334	0.311	0.542	0.485	0.487		
Cr	0	0	0	0.004	0	0.01	0	0	0.024	0.033	0.045	0.008	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Fe ₃ ⁺	0.172	0.140	0.296	0.04	0.04	0.05	0.063	0.068	0.033	0.014	0.009	0.045	0.071	0.095	0.041	0.129	0.06	0.072	0.115	0.102	0.086		
Fe ₂ ⁺	0.239	0.255	0.071	0.143	0.15	0.13	0.329	0.246	0.121	0.132	0.133	0.176	0.335	0.162	0.304	0.153	0.237	0.205	0.213	0.175	0.223		
Mn	0.010	0.000	0.010	0	0	0	0.006	0.008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Mg	0.496	0.509	0.577	0.698	0.72	0.75	0.513	0.597	0.753	0.74	0.741	0.68	0.484	0.663	0.542	0.519	0.619	0.635	0.487	0.571	0.539		
Ca	0.849	0.894	0.958	0.943	0.95	0.95	0.938	0.939	0.958	0.953	0.954	0.963	0.92	0.913	0.936	0.959	0.947	0.968	0.972	0.96	0.951		
Na	0.147	0.105	0.058	0	0	0	0.028	0.014	0	0	0	0	0.021	0	0.013	0.02	0	0	0	0	0		
Total cátion:	4	4	4.001	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.999	4	4	3.999	4.001	3.999	4		
mgP	67.49	66.64	66.10	82.97	82.66	85.01	60.94	70.80	86.13	84.83	84.77	79.49	59.09	80.34	64.10	77.27	72.30	75.57	69.51	76.55	70.71		
Outros	25.96	23.79	32.75	24.78	22.6	20.3	22.7	24.4	20.26	20.25	20.17	27.73	35.06	32.54	32.3	45.13	26.49	26.57	46.03	38.76	37.75		
Quad	74.04	76.21	67.25	75.22	77.5	79.7	77.3	75.6	79.74	79.75	79.83	72.27	64.94	67.46	67.7	54.87	73.51	73.43	53.97	61.24	62.25		
Wollastonita	53.62	53.93	52.32	52.84	52.24	52.01	52.72	52.69	52.30	52.22	52.20	52.95	52.93	52.54	52.53	58.8	52.52	53.55	58.13	56.26	55.5		
Enstatita	31.30	30.70	31.51	39.13	39.48	40.79	28.81	33.49	41.09	40.53	40.52	37.40	27.82	38.13	30.42	31.83	34.32	35.1	29.1	33.48	31.47		
Ferrossilita	15.08	15.37	16.17	8.03	8.28	7.20	18.47	13.82	6.62	7.25	7.28	9.65	19.26	9.33	17.04	9.37	13.16	11.35	12.77	10.26	13.03		

Tabela 1 - Continuação.

Rocha	Monch	Campo	Campo	Campo	Campo	Campo	Campo	Campo	Campo	Tefrito	Tefrito	Tefrito	Tefrito	Tefrito
Amostra	PG-3-1	MV-2B	MV-2B	PF-6B	PF-6B	PF-6B	PF-6B	PF-6B	PF-6B	PA-1	PA-8-B	PA-8-B	PB-5-1	PB-5-1
Ponto	P5	P3	P16	P54	P56	P60	P64	P66	P66	P10	P11	P6	P14	P12
SiO ₂	49.12	43.59	45.83	49.34	47.6	48.16	49.68	46.9	47.1	50.07	50.82	46.01	48.99	
TiO ₂	1.4	4.11	3.32	1.84	2.41	2.47	1.32	2.66	1.75	1.23	0.91	2.54	1.35	
Al ₂ O ₃	7.01	7.94	7.69	4.12	4.66	4.95	3.22	5.14	5.8	4.54	3.93	7.46	4.51	
Cr ₂ O ₃	0.7	0	0	0.21	0	0.2	0.26	0	0	0	0.33	0	0	
Fe ₂ O ₃ *	0	2.36	2.56	1.76	0.33	1.83	0.12	1.14	1.67	0.29	1.3	1.19	4.48	
FeO*	5.36	7.92	5.51	4.48	5.94	5.21	5.24	5.89	6.02	5.07	3.36	7.31	3.61	
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MgO	13.63	9.75	11.84	13.82	12.84	13.37	13.95	12.36	12.45	13.67	14.92	11.51	13.44	
CaO	23.64	22.81	23.54	23.86	23.62	23.33	23.8	23.85	23.17	24.62	24.69	23.01	22.59	
Na ₂ O	0	0.28	0.22	0.21	0	0.19	0	0	0	0	0	0	0.71	
Total*	100.9	98.76	100.51	99.64	97.4	99.71	97.59	97.93	97.96	99.49	100.26	99.03	99.68	
Si	1.8	1.677	1.71	1.838	1.821	1.8	1.885	1.792	1.796	1.862	1.867	1.744	1.826	
Ti	0.039	0.119	0.093	0.052	0.069	0.069	0.038	0.076	0.05	0.034	0.025	0.072	0.038	
Al	0.303	0.36	0.338	0.181	0.21	0.218	0.144	0.231	0.261	0.199	0.17	0.333	0.198	
Cr	0.02	0	0	0.006	0	0.006	0.008	0	0	0	0.01	0	0	
Fe ³⁺	0	0.068	0.072	0.049	0.01	0.052	0.004	0.033	0.048	0.008	0.036	0.034	0.126	
Fe ²⁺	0.164	0.255	0.172	0.14	0.19	0.163	0.166	0.188	0.192	0.158	0.103	0.232	0.112	
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mg	0.745	0.559	0.658	0.767	0.732	0.745	0.789	0.704	0.707	0.758	0.817	0.65	0.747	
Ca	0.928	0.94	0.941	0.952	0.968	0.934	0.967	0.976	0.946	0.981	0.972	0.935	0.902	
Na	0	0.021	0.016	0.015	0	0.014	0	0	0	0	0	0	0.051	
Total cátions	3.999	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
mgP	81.92	68.69	79.30	84.61	79.39	82.06	82.60	78.90	78.66	82.77	88.77	73.73	86.91	
Outros	19.96	32.27	29.02	16.21	17.92	20.03	11.53	20.85	20	14	13	26	19	
Quad	80.04	67.73	70.98	83.79	82.08	79.97	88.47	79.15	79.56	86.21	86.7	74.39	81.24	
Wollastonita	50.53	53.60	53.13	51.23	51.22	50.73	50.33	52.26	51.28	51.73	51.37	51.45	51.23	
Enstatita	40.52	31.87	37.17	41.27	38.73	40.43	41.03	37.67	38.32	39.95	43.17	35.8	42.39	
Ferrossilita	8.95	14.53	9.70	7.50	10.05	8.84	8.64	10.07	10.4	8.32	5.46	12.75	6.38	

Figura 2-a mostra que, para piroxênios de alnöitos com $mg_p^{(3)}$ equivalente a 85, o valor correspondente de *Outros* é 50%, ou seja, sua composição é representada por 50% de *Outros* (substituições envolvendo principalmente Al e Ti) e 50% de *Quad* (Ca, Mg e Fe).

O mesmo se dá com os piroxênios dos demais lamprófiros (Figs. 1-b1 a 1-b4). Novamente, Ca é responsável pelo preenchimento de M2 e as composições posicionam-se acima do limite diopsídio-hedenbergita. Uma parcela menor de Ti ocupa M1, nela também entrando Al, pois a posição T não é tão defici-

ente em Si quanto os piroxênios dos alnöitos. Para $mg_p = 0,80$, as porcentagens de *Outros* são 30% para os monchiquitos e camp-tonitos (Figs. 2-b1 a 2-b4) e 20% para os tefritos (Fig. 2-c).

O balanço entre Ti, Al e Fe também pode ser percebido nos megacristais zonados (Tabela 2). Por exemplo, as bordas dos piroxênios das amostras de tefrito PA-1-2E e lamprófiro picrítico 161 ($mg_p \gg 76$ e $Wo \gg 53$) são mais ricas em Fe, Al e Ti, sendo, ao microscópio óptico, mais rosadas (Ti mais abundante) que as porções centrais desses megacristais ($mg_p \gg 87$ e $Wo \gg 49$). As bordas aparecem nas imagens do

microscópio eletrônico mais "brilhantes" (maior reflexão de elétrons), devido, principalmente, ao ferro. As composições das bordas dos megacristais aproxima-se das composições dos piroxênios da matriz, indicando, pelo leve aumento de Wo a partir das suas porções centrais, o caráter alcalino do magma gerador da rocha.

AS KAERSUTITAS DOS LAMPRÓFIROS

Entre os anfibólios cálcicos a kaersutita destaca-se por ser um anfibólio rico em

⁽³⁾A partir da fórmula estrutural do piroxênio: $mg_p = 100 \times Mg / (Mg + Fe_2)$.

⁽⁴⁾A partir da fórmula estrutural da kaersutita: $mg_k = 100 \times Mg / (Mg + Fe_{total} + Mn)$.

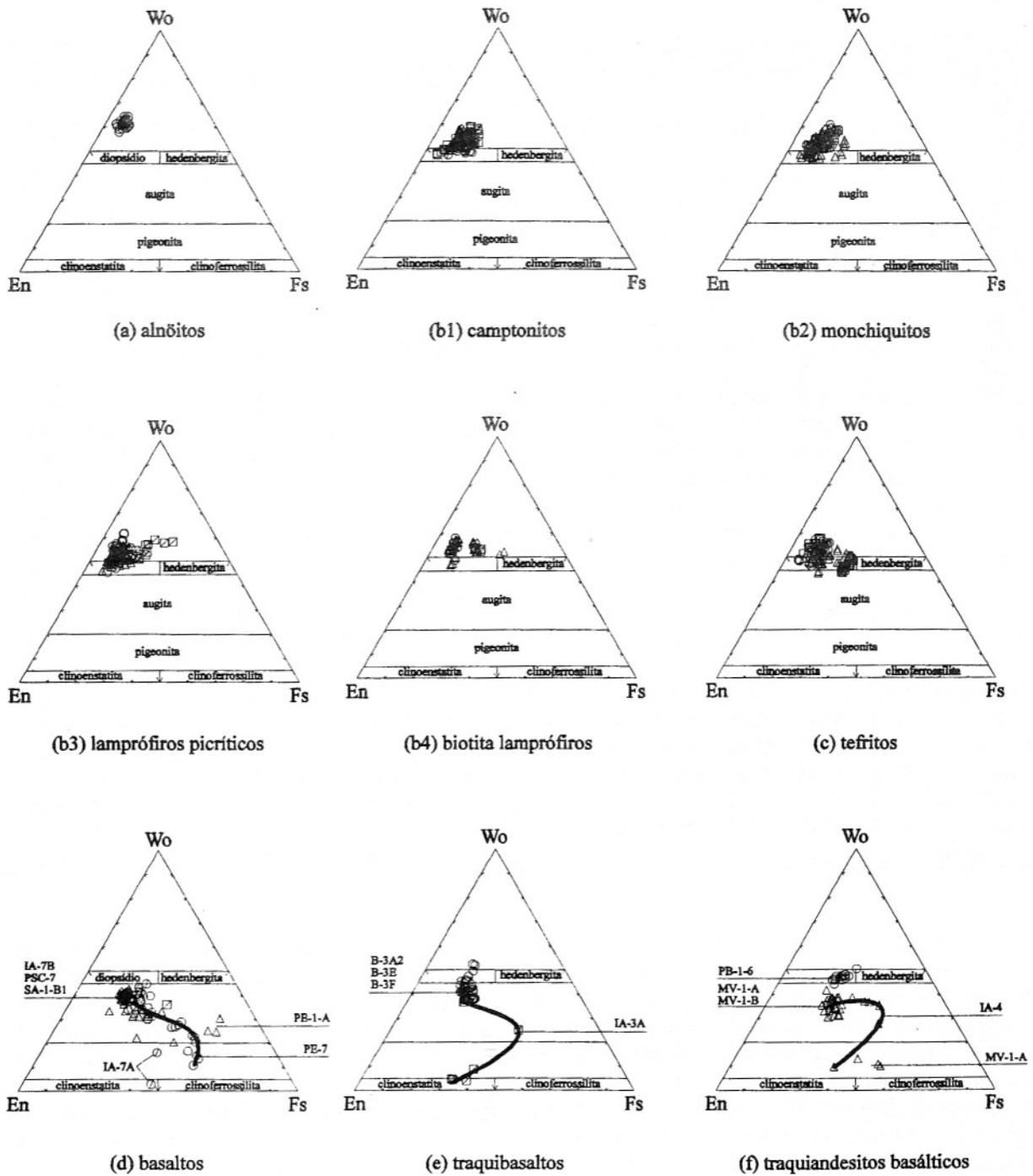


Figura 1 - Diagrama enstatita (En) - wollastonita (Wo) - ferrossilita (Fs) de representação dos piroxênios ferromagnesianos e cálcicos (Tabela 1). Os campos diopsídio, hedenbergita, augita, pigeonita, clinoenstatita e clinoferrossilita compõem o *Quad*.

titânio ($\text{TiO}_2 \geq 5\%$). A IMA (Leake, 1978) define, para as kaersutitas $[\text{NaCa}_2\text{Mg}_3\text{Fe}^{2+}(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+})\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{23}(\text{OH})]$, dois campos composicionais, o das

kaersutitas *s.s.* para $0,50 < \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 1,00$ e o das ferro-kaersutitas, para $0 < \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) < 0,50$. Rock & Leake (1984) ampliam a classificação,

considerando como kaersutitas e ferro-kaersutitas deficientes em Si (*subsiliicic kaersutites*) aquelas com $4,50 < \text{Si} < 5,75$. Quanto à estimativa de Fe^{3+} ,

Figura 2 - *Outros* x mgP (Tabela 1).

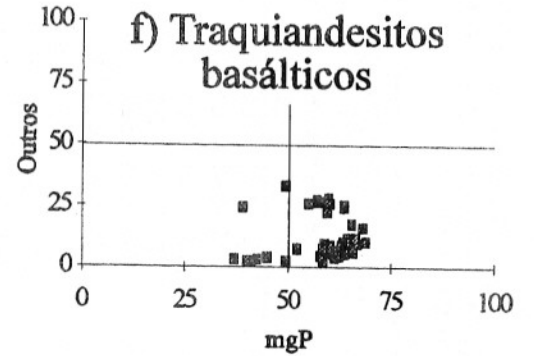
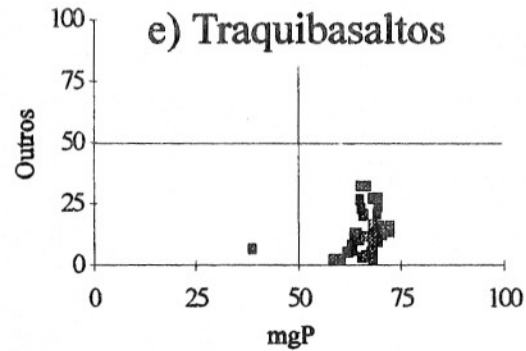
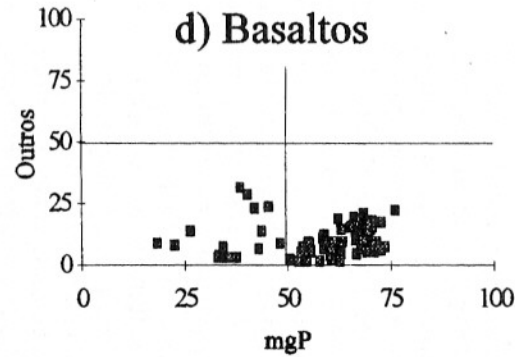
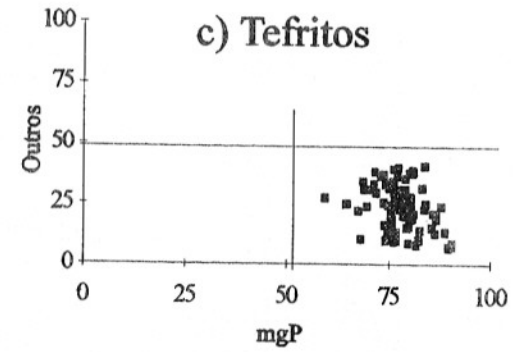
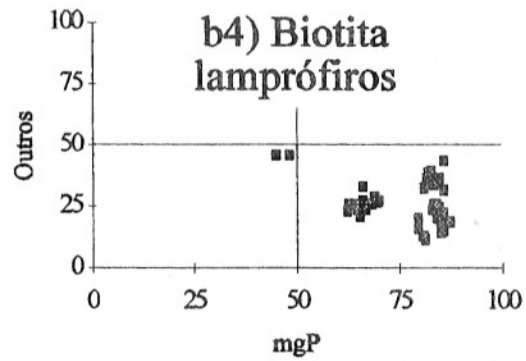
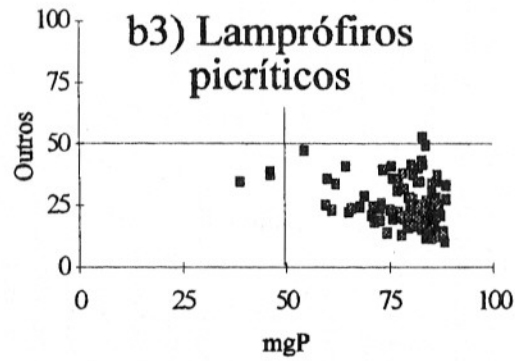
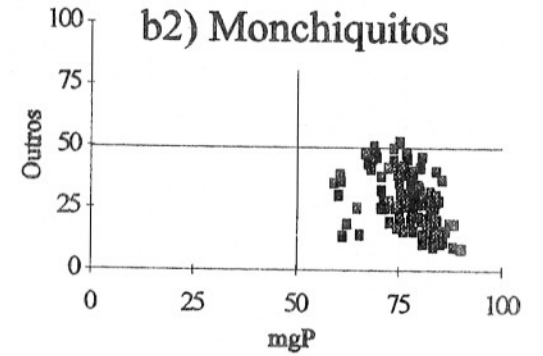
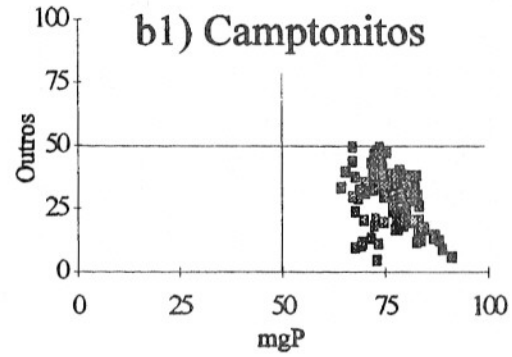
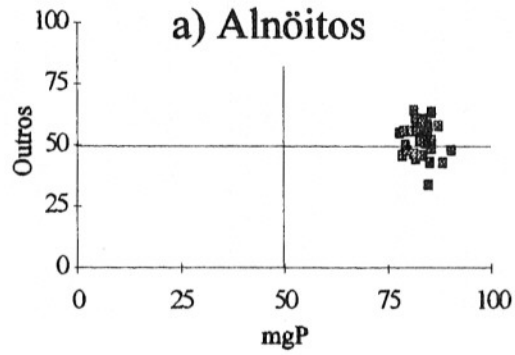


Tabela 2 - Análises por EDS de piroxênios zonados. Fe₂O₃*, FeO* e Total* foram recalculados a partir de Fe³⁺ e Fe²⁺ obtidos aplicando-se a fórmula de DROOP (1987).

Rocha	Lpicr	Lpicr	Lpicr	Lpicr	tefrito	tefrito	tefrito	tefrito
Amostra	161	161	161	161	PA-1-2E	PA-1-2E	PA-1-2E	PA-1-2E
	centro	borda	centro	borda	centro	borda	centro	borda
Ponto	P9	P8	P10	P11	P10	P11	P13	P14
SiO ₂	49.2	46.8	49.1	46.4	46.85	44.49	48.87	43.25
TiO ₂	0.96	2.42	0.87	2.21	1.82	3.07	1.67	3.47
Al ₂ O ₃	5.29	6.17	5.07	6.65	7.93	10.01	6.95	10.22
Cr ₂ O ₃	0.28	0	0.18	0	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃ *	0.99	1.99	0.44	2.99	1.81	1.60	2.09	2.96
FeO*	4.24	6.98	4.76	5.49	5.41	6.69	4.54	5.54
MnO	0	0	0	0	0	0	0	0
MgO	14.5	11.9	14.1	12.2	12.45	10.78	13.25	10.45
CaO	23.1	22.6	23.1	22.5	23.46	23.46	24.81	23.36
Na ₂ O	0	0.22	0	0.3	0	0	0	0.16
Total*	98.5	99.1	97.6	98.8	99.73	100.10	102.18	99.42
Si	1.84	1.77	1.85	1.76	1.749	1.669	1.777	1.637
Ti	0.03	0.07	0.03	0.06	0.051	0.087	0.046	0.099
Al	0.23	0.28	0.23	0.3	0.349	0.443	0.298	0.456
Cr	0.01	0	0.01	0	0	0	0	0
Fe ³⁺	0.03	0.06	0.01	0.09	0.051	0.045	0.057	0.084
Fe ²⁺	0.13	0.22	0.15	0.17	0.169	0.210	0.138	0.175
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg	0.81	0.67	0.79	0.69	0.693	0.603	0.718	0.589
Ca	0.92	0.92	0.94	0.91	0.938	0.943	0.967	0.947
Na	0	0.02	0	0.02	0	0	0	0.012
Total cátions	4	4	4	4	4	4	4	4
mgP	85.92	75.21	84.02	79.83	80.39	74.17	83.88	77.06
Outros	16.2	22.7	14.7	24.3	25	33	22	36
Quad	83.9	77.3	85.3	75.7	74.90	66.94	77.68	63.69
Wollastonita	49.50	50.71	49.86	51.49	52.13	53.71	53.03	55.33
Enstatita	43.39	37.07	42.13	38.73	38.48	34.33	39.39	34.43
Ferrossilita	7.11	12.22	8.01	9.78	9.39	11.96	7.57	10.25

$$mgP = Mg/(Mg + Fe_2)$$

esses autores mostram que a classificação dos anfibólios dos monchiquitos e camptonitos não é afetada pelos ajustes de Fe, pois o critério $Ti > 0,5$ é decisivo para as kaersutitas.

Leake (1968) correlacionou os valores de *mg* de clinopiroxênios e de anfibólios cálcicos coexistentes, mostrando haver uma clara relação entre as composições dos dois minerais na mesma rocha, com o piroxênio tendendo a ser um pouco mais magnesiano do que

o anfibólio. Quando comparados às análises de rocha total, esses valores apresentam-se controlados principalmente pela composição da rocha, não havendo evidências de que valores de *mg* mais elevados sejam favorecidos por temperaturas mais altas de cristalização. O mesmo é observado em relação aos piroxênios e kaersutitas deste estudo. Foram selecionados pares kaersutitas-piroxênios levando-se em consideração sua associação direta, ou seja, ambos minerais crescen-

do lado a lado e kaersutita crescendo nas bordas de piroxênios (Tabela 3). Os diagramas que mostram *mg* das kaersutitas⁽⁴⁾ versus *mg* dos piroxênios⁽³⁾ foram divididos em quatro campos definidos por $mg_K = 50$ e $mg_P = 75$.

A Figura 3a mostra o caso de um biotita lamprófiro (C-7-A) que apresenta duas gerações de biotitas. O pleocroísmo de um dos tipos varia desde amarelo claro a marrom avermelhado forte; o do outro é menos intenso, predominando a tonalidade marrom alaranjada. O valores de mg_P situam-se ao redor de 75, enquanto predomina mg_K maior que 50. A rocha apresenta alto Mg# (71,2). A Figura 3b apresenta kaersutitas e piroxênios de um camptonito (PF-6B) com $mg_K > 50$ e $mg_P > 75$, respectivamente, sendo o Mg# da rocha 69,4. A Figura 3c representa piroxênios e kaersutitas de um monchiquito (PG-3-1), respectivamente com mg_P médio 75 e mg_K médio 50, sendo o Mg# da rocha 70,4. A Figura 3d apresenta o caso de outro monchiquito (amostras PG-1-3 e PG-1-5) com $mg_P < 75$ e mg_K ao redor de 0,5. O Mg# da rocha também é mais baixo (61,67).

As análises das biotitas dessas rochas (*in*: Garda, 1995) também indicam um controle da composição da rocha sobre esses minerais.

OS PIROXÊNIOS DAS ROCHAS BÁSICAS A INTERMEDIÁRIAS

As rochas básicas a intermediárias apresentam piroxênios com $mg_P \leq 75$. As Figuras 2d, 2e e 2f mostram que a porcentagem do componente *Outros* nesses piroxênios é

Tabela 3 - Análise por EDS e fórmulas estruturais com base em 23 oxigênios das kaersutitas deste estudo.

Rocha	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Blamp	Monch	Monch	Monch	Monch	Monch	Monch	Monch
Amostra	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	C-7-A	PG-1-3	PG-1-3	PG-1-3	PG-1-3	PG-1-3	PG-1-5	PG-1-5
Ponto	B11	B12	B13	B14	B20	B21	B22	B25	B28	B29	B31	K4	K5	K6	K7	K12	K1	K2
SiO ₂	40.17	37.92	38.32	37.35	36.45	36.67	36.42	38.28	39.18	37.99	38.49	37.19	36.82	36.55	38.14	37.82	36.36	38.23
TiO ₂	3.9	5.47	4.53	5.24	5	3.48	5.87	3.72	5.02	4.49	5.43	2.81	5.02	3.22	4.62	4.51	5.76	4.24
Al ₂ O ₃	13.49	14.23	14.86	13.99	14.74	14.04	15.05	13.73	15.48	13.32	13.13	17.47	16.29	16.44	15.42	15.77	16.13	15.31
FeO	12.29	13.14	14.16	12.51	15.04	18.78	13.85	15.3	12.94	12.36	11.27	17.83	14.44	17.75	13.66	16.73	15.78	16.49
MnO	0	0	0	0.15	0.14	0.35	0.16	0.17	0	0.19	0	0.26	0.19	0	0.24	0.15	0.18	0.28
MgO	12.19	10.71	10.15	10.77	8.16	6.94	9.58	9.06	11.3	10.44	11.73	7.39	9.56	7	10.36	8.36	8.29	8.51
CaO	12.07	12.22	12.06	12.02	11.23	11.42	12.04	11.57	12.03	11.62	11.93	12.15	12.42	12.21	12.55	12.59	12.01	12.14
Na ₂ O	2.04	1.97	1.92	1.93	1.8	2.04	1.76	1.97	2.14	1.9	1.9	1.73	1.5	1.54	1.65	1.64	1.83	1.63
K ₂ O	1.45	1.47	1.52	1.61	1.41	1.53	1.67	1.4	1.61	1.38	1.39	1.95	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.7
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	97.6	97.13	97.52	95.57	93.97	95.25	96.4	95.2	99.7	93.69	95.27	98.78	98.13	96.6	98.53	99.46	98.23	98.53
Si	5.986	5.733	5.781	5.737	5.741	5.819	5.586	5.946	5.742	5.923	5.871	5.643	5.555	5.677	5.703	5.679	5.521	5.774
Ti	0.437	0.622	0.514	0.605	0.592	0.415	0.677	0.435	0.553	0.526	0.623	0.321	0.570	0.376	0.520	0.509	0.658	0.482
Al	2.370	2.536	2.643	2.533	2.737	2.627	2.721	2.514	2.675	2.448	2.361	3.125	2.897	3.010	2.718	2.792	2.888	2.726
Fe ₂ total	1.532	1.662	1.787	1.607	1.981	2.492	1.777	1.987	1.586	1.612	1.438	2.263	1.822	2.306	1.708	2.101	2.004	2.083
Mn	0	0	0	0.020	0.019	0.047	0.021	0.022	0	0.025	0	0.033	0.024	0.000	0.030	0.019	0.023	0.036
Mg	2.707	2.413	2.282	2.465	1.915	1.641	2.190	2.097	2.468	2.426	2.667	1.671	2.150	1.620	2.309	1.871	1.876	1.915
Ca	1.927	1.980	1.950	1.978	1.895	1.942	1.979	1.926	1.889	1.941	1.950	1.975	2.008	2.032	2.011	2.026	1.954	1.965
Na	0.589	0.578	0.562	0.575	0.550	0.628	0.523	0.593	0.608	0.574	0.562	0.509	0.439	0.464	0.478	0.477	0.539	0.477
K	0.276	0.284	0.293	0.315	0.283	0.310	0.327	0.277	0.301	0.274	0.270	0.377	0.364	0.375	0.361	0.362	0.366	0.328
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total cátions	15.82	15.81	15.81	15.84	15.71	15.92	15.80	15.80	15.82	15.75	15.74	15.92	15.83	15.86	15.84	15.84	15.83	15.78
mgK	63.87	59.22	56.09	60.25	48.92	39.26	54.92	51.06	60.88	59.71	64.97	42.12	53.79	41.27	57.04	46.88	48.06	47.48

$$\text{mgK} = \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Mn} + \text{Fe}_{2\text{total}})$$

Tabela 3 - Continuação.

Rocha	Monch	Monch	Monch	Monch	Monch	Campto	Campto	Campto	Campto	Campto
Amostra	PG-3-1	PG-3-1	PG-3-1	PG-3-1	PG-3-1	PF-6B	PF-6B	PF-6B	PF-6B	PF-6B
Ponto	K1	K2	K3	K4-2	K5-2	B53	B55-A	B59	B68	B72
SiO ₂	36.81	38.11	36.95	36.22	35.61	39.71	38.24	37.1	37.63	37.31
TiO ₂	5.12	4.76	4.24	5.66	5.63	5.19	5.27	6.03	4.26	5.43
Al ₂ O ₃	16.54	15.59	16.74	16.4	16.12	14.29	13.29	15.17	14.67	14.35
FeO	15.05	14.21	15.2	15.86	17.52	11.95	11.66	12.63	15.16	12.58
MnO	0	0	0	0.19	0	0	0	0.19	0	0
MgO	9.4	10.37	9.15	8.67	7.36	11.48	11.42	10.61	8.82	10.62
CaO	12.4	12.08	12.19	12.27	12.15	12.37	12.05	12.28	11.96	12.1
Na ₂ O	1.59	1.95	1.66	1.49	1.42	1.9	1.82	1.97	1.86	1.83
K ₂ O	1.88	1.66	1.78	1.74	1.89	1.32	1.36	1.58	1.52	1.43
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	98.79	98.73	97.91	98.5	97.7	98.21	95.11	97.56	95.88	95.65
Si	5.527	5.685	5.590	5.481	5.482	5.872	5.855	5.588	5.808	5.715
Ti	0.578	0.534	0.482	0.644	0.652	0.577	0.607	0.683	0.494	0.625
Al	2.928	2.742	2.986	2.926	2.925	2.491	2.399	2.694	2.669	2.591
Fe ₂ total	1.890	1.773	1.923	2.007	2.255	1.478	1.493	1.591	1.957	1.611
Mn	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0	0	0.024	0	0
Mg	2.103	2.305	2.063	1.955	1.688	2.530	2.606	2.382	2.029	2.424
Ca	1.995	1.931	1.976	1.989	2.004	1.960	1.977	1.982	1.978	1.986
Na	0.463	0.564	0.487	0.437	0.424	0.545	0.540	0.575	0.557	0.543
K	0.360	0.316	0.344	0.336	0.371	0.249	0.266	0.304	0.299	0.279
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total cátions	15.84	15.85	15.85	15.80	15.80	15.702	15.742	15.822	15.791	15.776
mgK	52.67	56.53	51.75	49.04	42.81	63.13	63.57	59.59	50.90	60.07

inferior a 25%, tornando o *Quad* mais adequado para a representação de suas composições. Outra diferença entre essas rochas e os lamprófiros e tefritos é que Cr, nas primeiras, é praticamente inexistente (Tabela 4), enquanto nas últimas pode atingir 1,5% (Tabela 1).

A Figura 1d mostra a variação composicional de piroxênios de diferentes diques basálticos. Os piroxênios das amostras IA-7B, PSC-7 e SA-1-B1 caem no campo da augita ($20 < Wo < 45$), enquanto as amostras PE-1A, PE-7 e IA-7A apresentam tanto augitas (também subcálcicas), como pigeonitas.

Os traquibasaltos (Fig. 1e) estão representados pelas amos-

tras do dique da Ponta do Bonete. Apesar de terem sido analisadas apenas as amostras provenientes das bordas do dique (B-3A2, B-3E e B-3F), observa-se que os piroxênios dessas rochas apresentam $Wo > 38$. Monteiro (1994) assinala a ocorrência de augitas titaníferas nas zonas de borda de um *sill* de rocha toleítica mesozóica, havendo mudança gradual na composição desses piroxênios para augitas, em direção às partes internas do corpo. Estas tendências são opostas à observada para o dique de Toninhas (Gomes & Ruberti, 1979): nas bordas desse dique aparece pigeonita intermediária e, mais raramente, ferroaugita subcálcica e pigeonita magnesiânica. A cristalização da pigeonita ces-

sa nas rochas das porções centrais do dique, dando lugar a augitas mais cálcicas. Esta tendência alcalina em direção ao centro do dique também é mostrada pela sua composição química, que passa, das bordas para o centro, de traquiandesitos basálticos para traquiandesitos.

Os piroxênios dos traquiandesitos basálticos deste estudo caem nos campos da augita subcálcica e pigeonita (Fig. 1f).

As composições dos piroxênios das amostras PE-7 (basalto), IA-3A (traquibasalto) e IA-4 (traquiandesito basáltico) definem tendências que, sobrepostos ao diagrama de relações politermais dos piroxênios do *Quad* para 1 atm

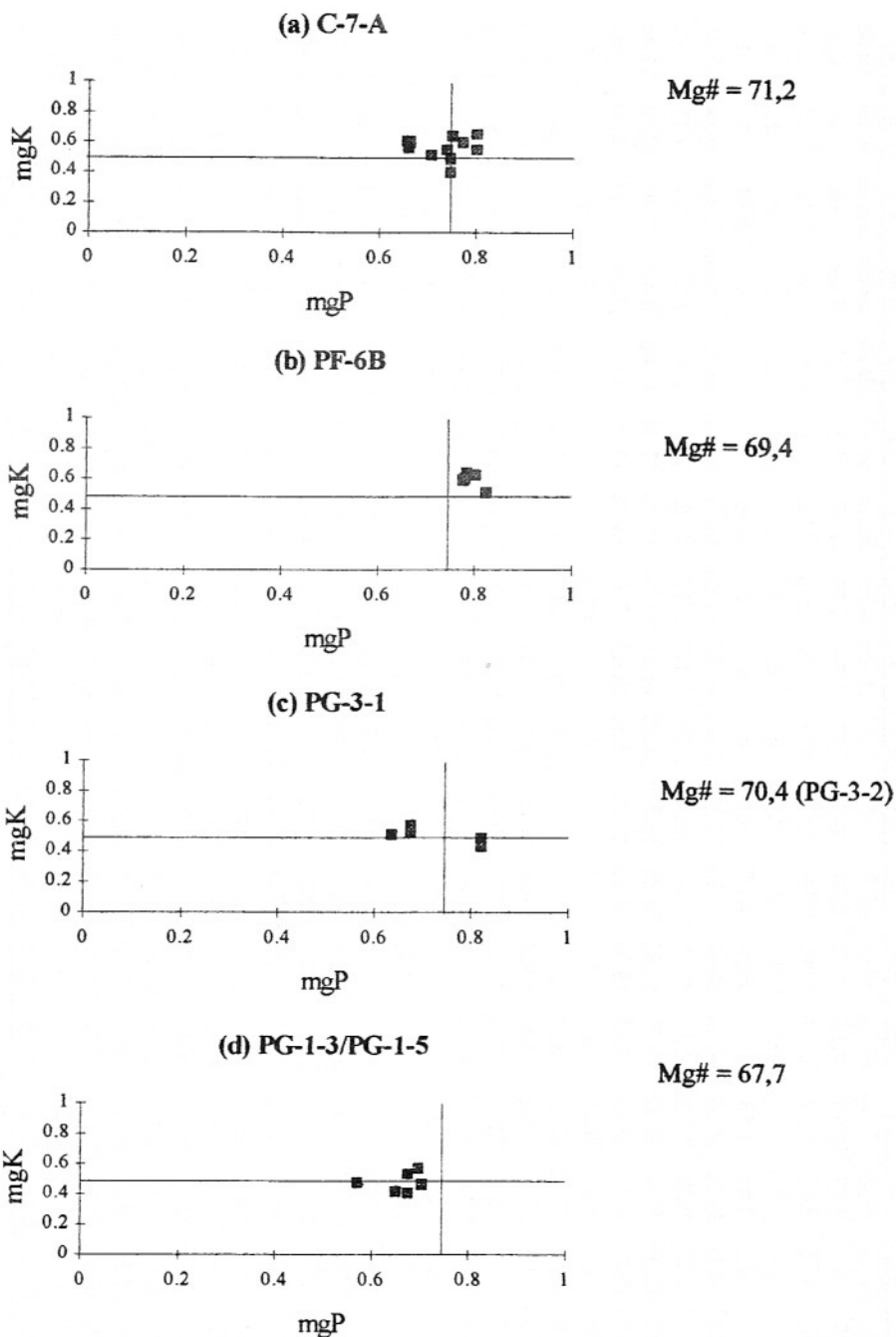


Figura 3 - mg_K (Tabela 3) versus mg_P (Tabela 1). (a): biotita lamprófiro, (b): camptonito e (c) e (d): monchiquito.

de Lindsley (1983), indicam, como temperaturas mínimas de cristalização das pigeonitas e augitas, valores entre 1000° e 1100°C (Fig. 4). Estas temperaturas também são confirmadas pelo diagrama, do mesmo autor, de variação da temperatura crítica no *solvus* augita-pigeonita e de estabele-

mente mínima da pigeonita a 1 atm.

Bellieni et al, (1988) reexaminaram as análises dos piroxênios dos diques da região costeira entre Santos e Rio de Janeiro (Comin-Chiaramonti et al., 1983) dentro do contexto dos derrames basálticos da Bacia do Paraná. Os piroxênios

ricos em Ca dos andesibasaltos (classificação de La Roche et al., 1980) mostram leve decréscimo de Wo a partir daqueles cristalizados inicialmente para os mais tardios (refletindo a tendência toleítica dessas rochas). Por outro lado, os piroxênios ricos em Ca dos latibasaltos (La Roche et al., 1980) apresentam

Tabela 4 - Análises por EDS dos piroxênios das rochas básicas a intermediárias. Fe₂O₃*, FeO* e Total* foram recalculados a partir de Fe³⁺ e Fe²⁺ obtidos aplicando-se a fórmula de DROOP (1987).

Rocha	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas
Amostra	IA-7A	IA-7A	IA-7A	IA-7A	IA-7A	IA-7B	IA-7B	IA-7B	IA-7B	IA-7B	IA-7B	IA-7B	IA-7B	IA-7B	IA-7B	PE-1A	PE-1A	PE-1A	PE-1A	PE-1A	PE-1A	PE-1A
Ponto	P1	P2	P3	P4	P5	A1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
SiO ₂	45.75	52.64	51.95	40	52.22	45.54	52.24	52.19	50.69	50.2	51.66	50.36	50.64	50.66	50.02	49.41	50.86	50.82	49.75	50.33	49.88	
TiO ₂	0.19	0.17	0	1.68	0	1.33	0.54	0.13	1.19	0.88	0.5	1.23	1.14	1.29	1.49	1.3	1.23	1.29	1.09	1.55	0.8	
Al ₂ O ₃	0.5	0.58	0.49	1.56	0.78	5.22	1.27	0.54	2.52	2.29	1.3	2.59	3.05	2.95	2.73	2.51	2.61	2.4	2.24	2.76	1.87	
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fe ₂ O ₃ *	0.4	0	0.48	0	0	3.61	1.53	0	0.94	1.27	0	0	0	0	0.48	0	0	0	0.37	0	0	
FeO*	25.4	28.71	14.42	36.41	14.31	21.02	14.57	16.83	11.62	11.13	15.28	11.15	11.57	11.02	16.72	18.19	15.38	19.05	20.89	16.54	27.01	
MnO	0.6	0.59	0.4	0.31	0.29	0.38	0.56	0.37	0.44	0	0.54	0.21	0.16	0.24	0.32	0.37	0.26	0.28	0.39	0.37	0.65	
MgO	14.62	17.9	11.09	10.63	12.35	8.45	12.85	11.47	14.88	15.08	12.99	13.98	14.53	13.74	13.23	12.55	13.82	16.03	10.86	14.05	11.44	
CaO	7.66	1.39	21.49	12.97	19.63	10.27	18.43	19.05	18.03	17.81	17.85	19.06	18.62	19.52	16.02	15.05	16.9	10.58	15.48	14.62	9.46	
Na ₂ O	0	0	0	0.19	0	1.3	0.28	0	0	0	0	0	0	0.18	0	0	0	0	0	0	0	
Total*	95.12	102	100.3	103.8	99.58	97.12	102.3	100.6	100.3	98.66	100.1	98.58	99.71	99.6	101	99.38	101.1	100.5	101.1	100.2	101.1	
Si	1.895	1.983	1.982	1.645	1.99	1.832	1.946	1.989	1.898	1.905	1.961	1.913	1.901	1.906	1.89	1.906	1.908	1.915	1.912	1.904	1.936	
Ti	0.006	0.005	0	0.052	0	0.04	0.015	0.004	0.034	0.025	0.014	0.035	0.032	0.037	0.042	0.038	0.035	0.037	0.032	0.044	0.023	
Al	0.024	0.026	0.022	0.076	0.035	0.248	0.056	0.024	0.111	0.102	0.058	0.116	0.135	0.131	0.122	0.114	0.115	0.107	0.102	0.123	0.086	
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fe ³⁺	0.013	0	0.014	0	0	0.109	0.043	0	0.026	0.036	0	0	0	0	0.014	0	0	0	0.011	0	0	
Fe ²⁺	0.88	0.905	0.46	1.252	0.456	0.707	0.454	0.536	0.364	0.353	0.485	0.354	0.363	0.347	0.528	0.587	0.482	0.6	0.671	0.523	0.877	
Mn	0.021	0.019	0.013	0.011	0.009	0.013	0.018	0.012	0.014	0	0.017	0.007	0.005	0.008	0.01	0.012	0.008	0.009	0.013	0.012	0.021	
Mg	0.902	1.005	0.631	0.651	0.701	0.507	0.713	0.652	0.83	0.853	0.735	0.792	0.813	0.77	0.745	0.721	0.772	0.9	0.622	0.792	0.662	
Ca	0.34	0.056	0.879	0.571	0.801	0.443	0.735	0.778	0.723	0.724	0.726	0.776	0.749	0.787	0.649	0.622	0.679	0.427	0.638	0.593	0.393	
Na	0	0	0	0.015	0	0.101	0.02	0	0	0	0	0	0	0.013	0	0	0	0	0	0	0	
Total cátions	4.081	3.999	4	4.273	3.993	4	4	3.995	4	4	3.996	3.993	3.999	3.998	4	4	4	3.995	4	3.991	3.998	
mgP	50.64	52.63	57.82	34.22	60.60	41.74	61.11	54.84	69.53	70.72	60.24	69.08	69.12	68.96	58.50	55.15	61.56	59.99	48.09	60.22	43.01	
Outros	2.44	1.66	1.79	7.56	2.47	22.92	5.94	1.71	10.23	9.45	3.94	8.65	9.87	9.39	11	9.44	9.24	8.49	8.76	9.62	6.41	
Quad	97.56	98.34	98.21	92.44	97.53	77.08	94.06	98.29	89.77	90.55	96.06	91.35	90.13	90.61	89	90.56	90.76	91.51	91.24	90.38	93.59	
Wollastonita	16.02	2.85	44.62	23.09	40.92	26.72	38.66	39.57	37.72	37.52	37.31	40.38	38.91	41.33	33.74	32.22	35.12	22.16	33.02	31.06	20.36	
Enstatita	42.53	51.13	32.02	26.32	35.8	30.58	37.49	33.14	43.3	44.19	37.76	41.19	42.23	40.46	38.76	37.38	39.94	46.7	32.22	41.52	34.25	
Ferrossilita	41.46	46.02	23.36	50.59	23.28	42.69	23.86	27.29	18.97	18.29	24.93	18.44	18.87	18.21	27.5	30.4	24.94	31.14	34.77	27.43	45.38	

mgP = 100 x Mg/(Mg + Fe₂)

Bas = basalto

Tbas = traquibasalto

Tanb = traquiandesito basáltico

Tabela 4 - Continuação.

Rocha	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas
Amostra	PE-1A	PE-1A	PE-1A	PE-1A	PE-1A	PE-1A	PE-1A	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7
Ponto	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P1	P2	P3	B1	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P13
SiO ₂	44.05	50.46	50.44	50.8	49.68	37.61	47.33	51.53	50.14	49.94	49.87	51	50	51.1	49.97	45.3	44.4	50.95	51.77	50.03	51.26	51.26
TiO ₂	1.12	1.32	0.97	1.2	1.65	1.04	1.08	0.9	0.54	0.5	0.39	0.68	1.27	0.83	0.38	0.9	1.27	1.17	0.75	0.47	1.06	1.06
Al ₂ O ₃	1.77	2.43	2.32	2.59	2.93	2.58	2.5	1.85	0.68	0.72	0.72	1.47	2.58	1.61	0.61	6.04	6.18	2.1	1.52	0.68	2.24	2.24
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃ *	1.31	0	0.64	0.33	1.09	2.58	0	0	0	0.13	0.25	0.1	0	0	0.2	3.88	6.64	0.03	0	0.07	0.33	0.33
FeO*	30.27	18.63	15.26	15.56	14.62	29.88	32.37	16.73	33.9	34.06	30.69	19.6	14.1	18.85	31.17	21.24	20.1	15.39	19.32	31.74	16.85	16.85
MnO	0.63	0.38	0.2	0.31	0.25	1.32	0.66	0.23	0.76	0.76	0.66	0.33	0	0.37	0.71	0.25	0.19	0.27	0.44	0.72	0.33	0.33
MgO	3.85	13.01	14.59	15.04	11.66	5.99	5.3	13.47	9.78	10.75	8.59	12.6	12.7	13.35	10.39	7.96	7.06	13.06	13.55	8.8	13.69	13.69
CaO	12.64	14.83	15.39	14.94	19.08	10.71	10.7	16.52	6.88	4.96	10.39	14.9	18.6	14.36	7.69	10.5	10.3	17.98	14.32	9.44	16.13	16.13
Na ₂ O	0.3	0	0	0	0.17	0.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.57	1.78	0	0	0	0	0
Total*	95.94	101.1	99.81	100.8	101.1	91.95	99.94	101.2	102.7	101.8	101.6	101	99.2	100.5	101.1	97.61	97.9	101	101.7	102	101.9	101.9
Si	1.89	1.912	1.911	1.904	1.879	1.723	1.923	1.937	1.963	1.965	1.968	1.95	1.91	1.945	1.97	1.809	1.78	1.92	1.948	1.969	1.916	1.916
Ti	0.036	0.038	0.028	0.034	0.047	0.036	0.033	0.025	0.016	0.015	0.012	0.02	0.04	0.024	0.011	0.027	0.04	0.033	0.021	0.014	0.03	0.03
Al	0.09	0.109	0.104	0.114	0.131	0.139	0.12	0.082	0.031	0.033	0.033	0.07	0.12	0.072	0.028	0.285	0.29	0.093	0.067	0.032	0.099	0.099
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	0	0	0	0	0	0
Fe ³⁺	0.042	0	0.018	0.009	0.031	0.089	0	0	0	0.004	0.007	0	0	0	0.006	0.116	0.2	0.001	0	0.002	0.009	0.009
Fe ²⁺	1.087	0.59	0.484	0.488	0.462	1.144	1.1	0.526	1.11	1.121	1.013	0.63	0.45	0.6	1.028	0.709	0.67	0.485	0.608	1.045	0.527	0.527
Mn	0.023	0.012	0.006	0.01	0.008	0.051	0.023	0.007	0.025	0.025	0.022	0.01	0	0.012	0.024	0.009	0.01	0.009	0.014	0.024	0.01	0.01
Mg	0.246	0.735	0.824	0.84	0.657	0.409	0.321	0.754	0.571	0.63	0.505	0.72	0.72	0.757	0.61	0.474	0.42	0.733	0.76	0.516	0.763	0.763
Ca	0.581	0.602	0.625	0.6	0.773	0.526	0.466	0.665	0.289	0.209	0.439	0.61	0.76	0.586	0.325	0.449	0.44	0.726	0.577	0.398	0.646	0.646
Na	0.025	0	0	0	0.012	0.021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.122	0.14	0	0	0	0	0
Total cátions	4.02	3.997	4	4	4	4.138	3.984	3.997	4.005	4.002	4	4	4	3.995	4.002	4.000	4	4	3.997	4	4	4
mgP	18.48	55.45	63.01	63.26	58.70	26.32	22.59	58.93	33.95	35.99	33.28	53.42	61.47	55.79	37.26	40.05	38.53	60.19	55.55	33.07	59.15	59.15
Outros	8.95	8.85	8.86	9.57	12.15	13.93	7.73	6.34	3.14	3.34	3.21	5.4	9.13	5.53	2.83	28.47	31.6	8.03	5.16	3.07	8.39	8.39
Quad	91.05	91.15	91.14	90.43	87.85	86.07	92.27	93.66	96.86	96.66	96.79	94.6	90.9	94.47	97.17	71.53	68.4	91.97	94.84	96.93	91.61	91.61
Wollastonita	30.37	31.24	32.33	31.12	40.85	25.28	24.69	34.19	14.66	10.67	22.44	31.2	39.4	30.14	16.55	27.50	28.7	37.34	29.68	20.32	33.38	33.38
Enstatita	12.86	38.12	42.63	43.57	34.72	19.67	17.01	38.78	28.98	32.15	25.81	36.8	37.2	38.98	31.1	29.04	27.5	37.72	39.06	26.35	39.4	39.4
Ferrossilita	56.77	30.63	25.03	25.31	24.43	55.05	58.3	27.03	56.37	57.18	51.75	32.1	23.3	30.88	52.36	43.46	43.8	24.94	31.26	53.33	27.22	27.22

Tabela 4 - Continuação.

Rocha	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas
Amostra	PE-7	PE-7	PE-7	PE-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7	PSC-7
Ponto	P14	P15	P16	P17	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P17
SiO ₂	50	51.24	51.57	51.56	48.76	49.71	48.83	47.96	49.47	50.46	51.29	48.69	48.88	49.91	49.36	49.96	47.64	48.87	49.7	48.42	49.38	
TiO ₂	0.48	1.22	0.79	1.02	2.1	1.43	1.64	2.07	1.58	1.66	1.24	1.85	1.96	1.49	1.74	1.75	2.19	2.06	1.59	2.65	1.66	
Al ₂ O ₃	0.75	2.6	1.56	1.94	5.46	4.38	5.1	5.28	4.42	3.62	2.68	5.09	4.85	4.5	4.28	3.83	4.95	4.99	4.72	5.83	4.29	
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃ *	0.19	0.94	0	0	1.06	0	0.57	1.23	0.26	0	0	1.73	0.12	0	1.05	0.13	1.62	0.78	2.3	0.94	0.34	
FeO*	34.27	14.65	17.94	15.15	11.49	12.31	12.32	10.88	10.83	13.21	10.89	10.21	11.43	11.42	10.65	11.88	10.69	11.24	9.48	10.99	10.82	
MnO	0.87	0.23	0.36	0.24	0.15	0	0.21	0	0.2	0.25	0	0.19	0	0	0.32	0.19	0.15	0	0.32	0.18	0	
MgO	9.58	14.01	12.63	13	14.07	14.11	13.35	13.17	14.27	15.46	15.54	13.63	14.05	14.39	14.21	15.15	13.01	13.69	14.21	13.5	13.8	
CaO	6.24	16.74	16.81	18.24	17.6	17.48	17.72	18.39	18.82	15.94	18.61	18.83	18.53	18.25	18.31	17.36	19.44	18.66	19.47	18.68	19.61	
Na ₂ O	0	0.23	0	0	0.2	0	0.18	0.28	0	0	0	0.23	0	0	0.18	0	0	0.16	0.17	0.24	0	
Total*	102.4	101.9	101.7	101.2	100.9	99.58	99.92	99.26	99.85	100.6	100.3	100.5	99.82	100.1	100.1	100.3	99.69	100.5	102	101.4	99.9	
Si	1.966	1.904	1.943	1.935	1.814	1.869	1.839	1.816	1.854	1.878	1.907	1.82	1.836	1.863	1.848	1.865	1.804	1.827	1.828	1.794	1.853	
Ti	0.014	0.034	0.022	0.029	0.059	0.04	0.046	0.059	0.045	0.046	0.035	0.052	0.055	0.042	0.049	0.049	0.062	0.058	0.044	0.074	0.047	
Al	0.035	0.114	0.069	0.086	0.239	0.194	0.226	0.236	0.195	0.159	0.117	0.224	0.215	0.198	0.189	0.169	0.221	0.22	0.205	0.255	0.19	
Cr	0	0	0	0	0	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0.004	0	0	0	0	0	0	0	
Fe ³⁺	0.006	0.026	0	0	0.03	0	0.016	0.035	0.007	0	0	0.049	0.003	0	0.03	0.004	0.046	0.022	0.064	0.026	0.01	
Fe ²⁺	1.127	0.455	0.565	0.476	0.357	0.387	0.388	0.344	0.339	0.411	0.339	0.319	0.359	0.356	0.333	0.371	0.339	0.351	0.291	0.341	0.34	
Mn	0.029	0.007	0.011	0.008	0.005	0	0.007	0	0.006	0.008	0	0.006	0	0	0.01	0.006	0.005	0	0.01	0.006	0	
Mg	0.561	0.776	0.709	0.727	0.78	0.791	0.749	0.743	0.797	0.858	0.861	0.759	0.786	0.8	0.793	0.843	0.734	0.763	0.779	0.746	0.772	
Ca	0.263	0.667	0.679	0.733	0.702	0.704	0.715	0.746	0.756	0.636	0.741	0.754	0.746	0.73	0.735	0.694	0.789	0.747	0.767	0.742	0.789	
Na	0	0.017	0	0	0.014	0	0.013	0.021	0	0	0	0.017	0	0	0.013	0	0	0.012	0.012	0.017	0	
Total cátions	4	4	4	3.993	4	3.991	4	4	4	3.996	4	4	4	3.994	4	4	4	4	4	4	4	
mgP	33.25	63.02	55.65	60.46	68.57	67.13	65.88	68.33	70.13	67.59	71.77	70.40	68.65	69.19	70.40	69.44	68.44	68.45	72.77	68.63	69.44	
Outros	3.44	9.59	5.68	6.5	18.61	13.07	16.11	18.41	14.58	12.18	9.32	18.02	16.44	13.71	15.17	13.53	19.6	17.3	17.21	20.57	14.66	
Quad	96.56	90.41	94.32	93.5	81.39	86.93	83.89	81.59	85.42	87.82	90.68	81.98	83.56	86.29	84.83	86.47	80.4	82.7	82.79	79.43	85.34	
Wollastonita	13.47	35.12	34.75	37.88	38.15	37.42	38.6	40.69	39.94	33.38	38.19	41.15	39.43	38.68	39.48	36.39	42.37	40.15	41.75	40.58	41.5	
Enstatita	28.77	40.88	36.31	37.56	42.42	42.01	40.45	40.53	42.12	45.03	44.36	41.43	41.58	42.42	42.61	44.17	39.44	40.97	42.38	40.79	40.62	
Ferrossilita	57.76	23.99	28.94	24.56	19.44	20.57	20.95	18.79	17.94	21.59	17.44	17.42	18.99	18.89	17.91	19.44	18.19	18.88	15.86	18.64	17.87	

Tabela 4 - Continuação.

Rocha	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas	Bas
Amostra	PSC-7	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1	SA-1-B1
Ponto	P18	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
SiO ₂	49.4	52.14	52.25	52.22	51.86	52.42	52.05	48.72	52.14	52.19	52.16	52.88	51.46	52.54	51.63	51.73	49.48
TiO ₂	1.76	0.66	0.51	0.58	0.65	0	0.82	1.26	0.85	0.74	0.86	0.21	0.98	0.88	0.84	0.85	1.18
Al ₂ O ₃	4.89	1.83	1.23	1.79	1.73	0.68	1.9	6.14	2.31	2.01	2.07	0.52	2.62	2.09	2.23	2.08	3.15
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃ *	0.97	0	0.21	0	0	1.4	0	3.02	0	0.11	0	0	0	0	0	0.33	0
FeO*	10.77	11.04	12.24	11.14	11.66	12.39	10.8	8.49	10.61	10.81	10.64	13.42	10.53	10.45	11.72	9.72	10.69
MnO	0	0.36	0.41	0.27	0.34	0.6	0.21	0	0.25	0.28	0.19	0.5	0.15	0.34	0.26	0.17	0
MgO	13.72	14.56	13.9	15.17	14.62	11.86	14.85	15.27	15.12	15.07	15.13	12.53	14.68	15.09	13.74	15.3	13.12
CaO	19.05	19.38	19.91	18.96	18.94	21.12	19.55	13.89	19.74	19.61	19.66	20.78	19.81	19.83	19.53	19.87	19.92
Na ₂ O	0.22	0	0	0	0	0.32	0	1.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total*	100.8	99.97	100.66	100.13	99.8	100.79	100.18	98.06	101.02	100.82	100.71	100.84	100.23	101.22	99.95	100.05	97.54
Si	1.838	1.949	1.956	1.947	1.946	1.977	1.94	1.832	1.926	1.934	1.932	1.988	1.917	1.936	1.937	1.926	1.901
Ti	0.049	0.019	0.014	0.016	0.018	0	0.023	0.036	0.024	0.021	0.024	0.006	0.027	0.024	0.024	0.024	0.034
Al	0.214	0.081	0.054	0.079	0.077	0.03	0.083	0.272	0.101	0.088	0.09	0.023	0.115	0.091	0.099	0.091	0.143
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ₃ ⁺	0.027	0	0.006	0	0	0.04	0	0.085	0	0.003	0	0	0	0	0	0.009	0
Fe ₂ ⁺	0.335	0.345	0.383	0.347	0.366	0.391	0.337	0.267	0.328	0.335	0.33	0.422	0.328	0.322	0.368	0.303	0.344
Mn	0	0.011	0.013	0.009	0.011	0.019	0.007	0	0.008	0.009	0.006	0.016	0.005	0.011	0.008	0.005	0
Mg	0.761	0.811	0.775	0.843	0.818	0.667	0.825	0.856	0.832	0.832	0.835	0.702	0.815	0.829	0.768	0.849	0.751
Ca	0.759	0.776	0.798	0.757	0.762	0.853	0.781	0.56	0.781	0.779	0.78	0.837	0.791	0.783	0.785	0.793	0.82
Na	0.016	0	0	0	0	0.023	0	0.093	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total cátions	4	3.992	4	3.998	3.997	4	3.995	4	4	4	3.998	3.994	3.998	3.995	3.99	4	3.993
mgP	69.41	70.15	66.93	70.82	69.08	63.03	71.02	76.21	71.75	71.31	71.70	62.46	71.30	72.01	67.63	73.71	68.62
Outros	16.22	5.1	4.45	5.33	5.38	4.66	6	22.51	7.38	6.61	6.75	1.72	8.3	6.44	6.26	7.41	9.87
Quad	83.78	94.9	95.55	94.67	94.62	95.34	94	77.49	92.62	93.39	93.25	98.28	91.7	93.56	93.74	92.59	90.13
Wollastonita	40.93	40.17	40.8	38.89	39.15	44.66	40.2	33.26	40.24	40.02	40.12	42.69	40.89	40.49	40.87	40.77	42.83
Enstatita	41	41.97	39.62	43.28	42.03	34.88	42.47	50.86	42.87	42.77	42.94	35.8	42.15	42.86	39.99	43.66	39.23
Ferrossilita	18.07	17.86	19.58	17.83	18.81	20.46	17.33	15.87	16.88	17.21	16.95	21.52	16.96	16.65	19.14	15.57	17.94

Tabela 4 - Continuação.

Rocha	Bas	Bas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas
Amostra	SA-1-B1	SA-1-B1	B-3-A2	B-3-A2	B-3-A2	B-3-A2	B-3-A2	B-3-A2	B-3-A2	B-3-A2	B-3-A2	B-3-A2	B-3-E	B-3-E	B-3-E	B-3-E	B-3-E	B-3-E	B-3-E	B-3-E	B-3-E
Ponto	P17	P18	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1
SiO ₂	52.12	51.75	51.52	51.42	51.39	49.19	49.05	49.63	49.15	52.1	52.16	48.02	50.37	50.1	49.8	49.2	49.1	49.6	49.95	49.07	46.9
TiO ₂	0.94	0.77	0.66	0.83	0.7	2.38	1.56	1.77	2.32	0.79	0.66	2.2	1.31	1.43	1.45	1.64	1.95	1.26	1.46	1.9	2.04
Al ₂ O ₃	1.8	1.9	1.32	1.99	1.84	2.76	3.6	3.88	4.31	1.75	1.22	5.24	3.5	3.46	3.34	3.82	4.14	3.38	3.94	4.17	4.38
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃ *	0	0	0.13	1.19	0	0	0.41	0.16	0.74	0	0.46	2.75	2	0.32	0	0	0.92	0.04	1.62	1.8	3.53
FeO*	10.26	10.08	14.56	13.91	13.81	13.35	13.13	11.65	10.74	14.58	14.61	10.69	9.39	10.5	11	11.2	10.7	12.8	10.2	8.97	9.88
MnO	0.18	0	0.54	0.48	0.24	0.27	0.29	0.23	0.18	0.43	0.42	0.29	0.22	0.22	0	0	0.22	0.15	0.29	0	0.22
MgO	15.3	15.12	13.32	13.31	13.32	13.57	13.37	14.13	12.96	13.27	13.6	13.46	13.78	14.2	14	13.4	13.9	13.9	14.16	13.06	10.6
CaO	19.41	19.53	18.23	18.17	17.91	18.71	17.8	18.63	20.26	18.35	18.49	18.27	20.5	19.6	19.1	19.2	19.3	17.7	19.03	20.84	22
Na ₂ O	0	0	0	0.18	0	0	0	0	0.19	0	0	0.22	0.21	0	0	0	0	0	0.2	0.31	0.29
Total*	100.01	99.15	100.3	101.5	99.21	100.2	99.21	100.1	100.9	101.3	101.6	101.1	101.3	99.9	98.7	98.5	100	98.8	100.9	100.1	99.9
Si	1.94	1.942	1.95	1.923	1.953	1.862	1.869	1.862	1.836	1.948	1.948	1.792	1.867	1.88	1.89	1.88	1.84	1.89	1.857	1.84	1.8
Ti	0.026	0.022	0.019	0.023	0.02	0.068	0.045	0.05	0.065	0.022	0.019	0.062	0.037	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.041	0.054	0.06
Al	0.079	0.084	0.059	0.088	0.082	0.123	0.162	0.172	0.19	0.077	0.054	0.231	0.153	0.15	0.15	0.17	0.18	0.15	0.173	0.184	0.2
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ³⁺	0	0	0.004	0.033	0	0	0.012	0.005	0.021	0	0.013	0.077	0.056	0.01	0	0	0.03	0	0.045	0.051	0.1
Fe ²⁺	0.319	0.316	0.461	0.435	0.439	0.423	0.418	0.366	0.336	0.456	0.456	0.334	0.291	0.33	0.35	0.36	0.34	0.41	0.317	0.281	0.32
Mn	0.006	0	0.017	0.015	0.008	0.009	0.009	0.007	0.006	0.014	0.013	0.009	0.007	0.01	0	0	0.01	0.01	0.009	0	0.01
Mg	0.849	0.845	0.751	0.742	0.754	0.766	0.759	0.79	0.722	0.739	0.757	0.749	0.761	0.79	0.79	0.76	0.78	0.79	0.785	0.73	0.61
Ca	0.774	0.785	0.739	0.728	0.729	0.759	0.727	0.749	0.811	0.735	0.74	0.731	0.814	0.79	0.78	0.78	0.78	0.72	0.758	0.837	0.9
Na	0	0	0	0.013	0	0	0	0	0.014	0	0	0.016	0.015	0	0	0	0	0	0.014	0.023	0.02
Total cátions	3.994	3.995	4	4	3.986	4.009	4	4	3.991	4	4	4	4	4	4	3.99	4	4	4	4	4.01
mgP	72.66	72.77	61.99	63.03	63.22	64.43	64.47	68.36	68.26	61.86	62.39	69.17	72.34	70.67	69.32	68.02	69.83	66.01	71.21	72.18	65.67
Outros	5.97	5.83	5	7.74	5.54	12.32	13.15	13.8	16.37	5.21	5.19	20.76	13.33	12.1	11.2	12.5	15.9	11.3	14.26	15.99	19.8
Quad	94.03	94.17	95	92.26	94.46	87.68	86.85	86.2	83.63	94.79	94.81	79.24	86.67	87.9	88.8	87.5	84.1	88.7	85.74	84.01	80.2
Wollastonita	39.86	40.33	37.89	38.22	37.93	38.98	38.16	39.32	43.41	38.08	37.88	40.3	43.62	41.2	40.6	41.2	41.1	37.6	40.76	45.3	49.4
Enstatita	43.7	43.43	38.5	38.94	39.24	39.32	39.87	41.48	38.63	38.3	38.75	41.3	40.78	41.5	41.2	40	41.2	41.2	42.18	39.48	33.2
Ferrossilita	16.44	16.25	23.61	22.84	22.83	21.71	21.97	19.2	17.96	23.62	23.37	18.4	15.59	17.2	18.2	18.8	17.8	21.2	17.06	15.22	17.4

Tabela 4 - Continuação.

Rocha	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas	Tbas
Amostra	B-3-F	B-3-F	B-3-F	B-3-F	B-3-F	B-3-F	B-3-F	B-3-F	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A	IA-3A
Ponto	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	
SiO ₂	43.8	42.9	46.8	45.6	45.4	46	46.73	45.4	50.05	50.29	52.56	51.51	48.6	50.13	52.96	52.99	52.19	53.21	52.42	51.81	49.48	51.4	
TiO ₂	2.8	3.46	2.81	3.81	3.07	2.14	2.03	2.96	1.8	1.36	0.51	0.47	2.11	0.9	0.4	0.59	0.36	0	0	0.79	1.85	0.97	
Al ₂ O ₃	7.42	7.48	5.42	6.54	6.71	6.63	6.39	6.61	2.47	2.52	0.76	1.17	2.92	2.59	0.99	1.08	0.67	0.83	1.41	1.73	3.32	1.98	
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃ *	5.59	4.08	1.11	0.5	3.02	1.78	3.56	3.45	0.23	0.22	0	0	0.36	0.83	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FeO*	8.44	8.91	11.5	11.6	9.41	10.8	9.23	9.17	13.17	12.55	23.48	13.03	12.79	10.92	20.64	20.29	23.22	11.04	25.12	12.56	10.85	11.97	
MnO	0.18	0	0	0	0.17	0.22	0.29	0.18	0.43	0.28	0.76	0.24	0.39	0.19	0.58	0.5	0.48	0.31	0.72	0.19	0.14	0.24	
MgO	9.54	9.33	12.6	12.1	11.3	11.4	11.78	11.8	12.93	13.01	18.56	13.85	12.59	14.02	22.16	22.34	20.12	13.19	8.98	14.92	13.42	14.45	
CaO	21.8	21.5	18.2	19.4	20.7	19.2	19.81	19.8	19.37	19.78	4.17	18.31	19.66	19.24	2.09	2.27	1.92	22.09	10.69	17.63	20.23	18.62	
Na ₂ O	0.28	0.27	0.22	0	0.17	0.18	0.39	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.42	0	0	0	
Total*	99.8	97.9	98.7	99.5	100	98.4	100.2	99.7	100.5	100	100.8	98.58	99.42	98.82	99.82	100.1	98.96	100.7	99.76	99.63	99.59	99.63	
Si	1.68	1.68	1.79	1.74	1.73	1.77	1.764	1.73	1.891	1.902	1.975	1.967	1.86	1.904	1.97	1.964	1.982	1.987	2.04	1.947	1.869	1.934	
Ti	0.08	0.1	0.08	0.11	0.09	0.06	0.058	0.09	0.051	0.039	0.014	0.013	0.061	0.026	0.011	0.016	0.01	0	0	0.022	0.053	0.027	
Al	0.34	0.35	0.24	0.29	0.3	0.3	0.284	0.3	0.11	0.112	0.034	0.053	0.132	0.116	0.043	0.047	0.03	0.037	0.065	0.077	0.148	0.088	
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ³⁺	0.16	0.12	0.03	0.01	0.09	0.05	0.101	0.1	0.007	0.006	0	0	0.01	0.024	0	0	0	0	0	0	0.008	0	
Fe ²⁺	0.27	0.29	0.37	0.37	0.3	0.35	0.291	0.29	0.416	0.397	0.738	0.416	0.409	0.347	0.642	0.629	0.738	0.345	0.817	0.395	0.343	0.377	
Mn	0.01	0	0	0	0.01	0.01	0.009	0.01	0.014	0.009	0.024	0.008	0.013	0.006	0.018	0.016	0.015	0.01	0.024	0.006	0.004	0.008	
Mg	0.55	0.54	0.72	0.69	0.64	0.66	0.663	0.67	0.728	0.733	1.04	0.788	0.718	0.794	1.229	1.234	1.139	0.734	0.521	0.836	0.756	0.81	
Ca	0.9	0.9	0.75	0.79	0.84	0.79	0.801	0.81	0.784	0.802	0.168	0.749	0.806	0.783	0.083	0.09	0.078	0.884	0.446	0.71	0.819	0.751	
Na	0.02	0.02	0.02	0	0.01	0.01	0.029	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.032	0	0	0	
Total cátions	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.993	3.994	4.009	4	3.997	3.996	3.993	3.995	3.944	3.992	4	3.995	
mgP	66.81	65.11	66.13	65.17	68.14	65.29	69.47	69.65	63.63	64.89	58.48	65.45	63.69	69.58	65.67	66.24	60.69	68.04	38.91	67.92	68.79	68.27	
Outros	31.9	32.4	21.1	26.3	27.5	23.1	23.61	27.3	10.94	9.79	2.46	3.34	13.17	9.56	2.99	3.61	2.25	2.31	6.47	5.3	13.07	6.6	
Quad	68.1	67.6	78.9	73.7	72.5	76.9	76.39	72.7	89.06	90.21	97.54	96.66	86.83	90.44	97.01	96.39	97.75	97.69	93.53	94.7	86.93	93.4	
Wollastonita	52.3	51.9	40.7	42.8	47.3	44.1	45.65	45.6	40.66	41.5	8.63	38.35	41.69	40.71	4.26	4.62	4	45.03	24.98	36.59	42.71	38.74	
Enstatita	31.9	31.3	39.2	37.3	35.9	36.5	37.76	37.9	37.75	37.96	53.43	40.35	37.14	41.26	62.87	63.18	58.27	37.4	29.19	43.07	39.41	41.82	
Ferrossilita	15.8	16.8	20.1	19.9	16.8	19.4	16.59	16.5	21.58	20.54	37.93	21.3	21.17	18.04	32.86	32.2	37.74	17.57	45.82	20.35	17.88	19.44	

Tabela 4 - Continuação.

Rocha	Tbas	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	
Amostra	IA-3A	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	IA-4	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A
Ponto	P15	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	B3	P14	P1	P2	P3	P4	
SiO ₂	50.19	51.75	51.81	53.1	52.15	51.4	51.43	50.17	51.54	51.28	51.04	50.7	51.07	50.6	50.49	46.4	50.82	49.79	50.15	50.64	
TiO ₂	1.17	0.6	0.91	0.4	0.66	0.84	0.98	0.9	0.86	1.19	1.19	0.68	0.56	0.47	0.44	1.11	1.09	1.48	1.12	1.01	
Al ₂ O ₃	2.46	1.55	1.69	0.7	1.26	1.66	1.92	2.27	1.79	1.98	2.07	1.31	0.79	0.84	0.71	5.06	2.45	2.6	2.73	2.45	
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fe ₂ O ₃ *	0.24	0	0	0	0	0.29	0	1.2	0.02	0	0.51	0	0	0.38	0	4.68	0.67	1.81	0.54	0	
FeO*	11.39	15.98	17.35	23.32	15.8	14.87	14.58	16.56	17.29	13.64	15.22	16.5	21.93	21.1	24.61	21.8	13.65	13.45	13.66	15.22	
MnO	0.15	0.15	0.33	0.49	0.17	0.21	0.15	0.24	0.54	0.23	0.23	0.28	0.39	0.46	0.5	0.38	0.34	0.47	0.2	0.14	
MgO	13.74	13.9	14.18	18.49	13.96	13.05	13.99	13.23	14.15	13.83	12.84	12.7	9.16	9.68	8.08	7.83	15.5	13.53	13.31	12.94	
CaO	19.54	16.73	15.26	4.77	16.66	18.64	17.29	15.94	15.1	18.34	18.55	16.8	17.26	17.4	16.56	10.7	15.71	16.84	18.26	17.82	
Na ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0	0.27	0	0	
Total*	98.88	100.7	101.5	101.3	100.7	101	100.3	100.5	101.3	100.5	101.7	98.8	101.2	101	101.4	99.4	100.24	100.24	99.96	100.22	
Si	1.908	1.949	1.94	1.984	1.961	1.935	1.936	1.906	1.936	1.926	1.913	1.96	1.974	1.96	1.971	1.83	1.906	1.884	1.899	1.919	
Ti	0.033	0.017	0.026	0.011	0.019	0.024	0.028	0.026	0.024	0.034	0.034	0.02	0.016	0.01	0.013	0.03	0.031	0.042	0.032	0.029	
Al	0.11	0.069	0.075	0.031	0.056	0.074	0.085	0.102	0.079	0.088	0.091	0.06	0.036	0.04	0.033	0.24	0.108	0.116	0.122	0.109	
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fe ³⁺	0.007	0	0	0	0	0.008	0	0.034	0.001	0	0.014	0	0	0.01	0	0.14	0.019	0.052	0.015	0	
Fe ²⁺	0.362	0.503	0.543	0.729	0.497	0.468	0.459	0.526	0.543	0.429	0.477	0.53	0.709	0.68	0.804	0.72	0.428	0.426	0.433	0.482	
Mn	0.005	0.005	0.01	0.016	0.005	0.007	0.005	0.008	0.017	0.007	0.007	0.01	0.013	0.02	0.017	0.01	0.011	0.015	0.006	0.004	
Mg	0.778	0.78	0.791	1.029	0.782	0.732	0.785	0.749	0.792	0.774	0.717	0.73	0.528	0.56	0.47	0.46	0.866	0.763	0.751	0.731	
Ca	0.796	0.675	0.612	0.191	0.671	0.752	0.697	0.649	0.608	0.738	0.745	0.69	0.715	0.72	0.693	0.46	0.631	0.683	0.741	0.723	
Na	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0.02	0	0	
Total cátions	4	3.999	3.997	3.99	3.992	4	3.994	4	4	3.996	4	4	3.991	4	4	4	4	4	4	3.998	
mgP	68.24	60.79	59.29	58.56	61.16	61.00	63.10	58.74	59.32	64.37	60.06	57.78	42.67	45.00	36.91	38.99	66.92	64.19	63.46	60.24	
Outros	9.2	5.06	6.02	2.56	3.87	6.48	6.44	9.38	6.42	7.36	8.65	4.54	2.67	3.84	2.89	24.1	9.44	11.6	10.05	8.13	
Quad	90.8	94.94	93.98	97.44	96.13	93.52	93.56	90.62	93.58	92.64	91.35	95.5	97.33	96.2	97.11	75.9	90.56	88.4	89.95	91.87	
Wollastonita	41.1	34.47	31.45	9.8	34.42	38.52	35.92	33.73	31.28	38.03	38.42	35.5	36.63	36.8	35.23	27.8	32.78	36.48	38.5	37.36	
Enstatita	40.2	39.83	40.64	52.82	40.11	37.51	40.43	38.93	40.77	39.89	36.98	37.3	27.04	28.5	23.91	28.2	44.98	40.77	39.03	37.73	
Ferrossilita	18.7	25.7	27.91	37.38	25.48	23.98	23.64	27.34	27.96	22.08	24.6	27.2	36.33	34.8	40.86	44.1	22.24	22.75	22.47	24.91	

Tabela 4 - Continuação.

Rocha	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb
Amostra	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-A	MV-1-B	MV-1-B	MV-1-B	MV-1-B
Ponto	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P1	P2	P3	P4	
SiO ₂	50.61	50.9	50	51.2	51.47	51.34	48.44	50.28	50.42	50.48	49.75	51.16	50.55	50.62	51.35	50.83	51.15	51.51	
TiO ₂	1.06	1.22	1.42	0.79	0.96	0.36	2.14	0.86	1.35	1.23	1.47	1.03	0.32	0.47	0.91	0.85	0.97	0.83	
Al ₂ O ₃	2.29	2.51	2.83	1.87	2.03	0.59	4.15	1.83	2.58	2.95	3.51	2.36	0.64	0.76	1.73	2	1.62	1.53	
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fe ₂ O ₃ *	0.48	0	0	0.54	0.73	0	0.42	0.93	0	0.18	0	0	0	0	0.66	0	0	0	
FeO*	14.23	15.35	14.16	17.58	13.6	26.83	11.13	17.44	14.04	12.38	12.71	14.35	30.99	32.04	13.38	13.45	14.17	14.92	
MnO	0.36	0.34	0.29	0.5	0.26	0.62	0.22	0.44	0.25	0.21	0	0.2	0.72	0.77	0.39	0.31	0	0.29	
MgO	13.52	15.41	14.39	13.93	13.89	14.65	13.27	10.65	14.24	15.28	14.1	14.6	12.14	12.08	13.9	14.38	13.95	14.64	
CaO	17.78	14.54	15.41	14.85	18.57	6.16	19.39	17.85	16.67	16.89	17.59	16.48	5.01	4.65	17.75	16.59	17.02	15.83	
Na ₂ O	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	
Total*	100.33	100.27	98.5	101.25	101.51	100.55	99.16	100.53	99.55	99.61	99.13	100.18	100.37	101.39	100.28	98.41	98.88	99.55	
Si	1.912	1.912	1.909	1.928	1.918	1.979	1.84	1.93	1.909	1.897	1.884	1.923	1.986	1.976	1.934	1.94	1.949	1.95	
Ti	0.03	0.034	0.041	0.022	0.027	0.01	0.061	0.025	0.038	0.035	0.042	0.029	0.009	0.014	0.026	0.024	0.028	0.024	
Al	0.102	0.111	0.127	0.083	0.089	0.027	0.186	0.083	0.115	0.131	0.157	0.105	0.03	0.035	0.077	0.09	0.073	0.068	
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fe ³⁺	0.014	0	0	0.015	0.021	0	0.012	0.027	0	0.005	0	0	0	0	0.019	0	0	0	
Fe ²⁺	0.45	0.482	0.452	0.554	0.424	0.865	0.354	0.56	0.445	0.389	0.403	0.451	1.018	1.046	0.422	0.429	0.451	0.472	
Mn	0.012	0.011	0.009	0.016	0.008	0.02	0.007	0.014	0.008	0.007	0	0.006	0.024	0.025	0.012	0.01	0	0.009	
Mg	0.761	0.863	0.819	0.782	0.771	0.842	0.751	0.609	0.804	0.856	0.796	0.818	0.711	0.703	0.78	0.818	0.792	0.826	
Ca	0.72	0.585	0.63	0.599	0.742	0.254	0.789	0.734	0.676	0.68	0.714	0.664	0.211	0.194	0.716	0.679	0.695	0.642	
Na	0	0	0	0	0	0	0	0.019	0	0	0	0	0	0	0.015	0	0	0	
Total cátions	4	3.998	3.987	4	4	3.997	4	4	3.995	4	3.995	3.996	3.989	3.993	4	3.99	3.987	3.992	
mgP	62.87	64.14	64.42	58.55	64.54	49.32	67.99	52.11	64.38	68.74	66.41	64.45	41.11	40.19	64.92	65.58	63.69	63.62	
Outros	8.79	8.82	9.14	7.15	8.18	2.11	16.01	7.04	9.1	10.27	11.56	7.71	2.53	2.45	6.63	5.98	5.14	4.98	
Quad	91.21	91.18	90.86	92.85	91.82	97.89	83.99	92.96	90.9	89.73	88.44	92.29	97.47	97.55	93.37	94.02	94.86	95.02	
Wollastonita	37.28	30.32	33.16	30.97	38.29	12.97	41.67	38.57	35.14	35.33	37.33	34.34	10.87	10.01	37.34	35.23	35.84	33.09	
Enstatita	39.43	44.7	43.06	40.41	39.83	42.92	39.66	32.01	41.75	44.45	41.62	42.32	36.64	36.16	40.68	42.47	40.86	42.57	
Ferrossilita	23.29	24.98	23.78	28.61	21.88	44.11	18.67	29.42	23.1	20.22	21.05	23.34	52.49	53.83	21.98	22.29	23.29	24.34	

Tabela 4 - Continuação.

Rocha	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb	Tanb
Amostra	MV-1-B	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6	PB-1-6
Ponto	P5	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
SiO ₂	50.93	45.01	45.34	45.68	45.4	45.18	44.42	50.57	50.81	48.02	44.41	45.19	45.25	44.54	50.97	43.19
TiO ₂	0.78	3.42	3.26	3.48	3.31	3.61	3.72	0.82	0.64	2.28	3.8	3.59	3.2	3.68	0.7	4.65
Al ₂ O ₃	1.43	7.04	5.95	6.37	7.16	6.58	7.01	2.04	1.63	4.47	7.11	6.66	4.86	6.47	1.91	8.46
Cr ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ₂ O ₃ *	0	0	1.62	1.58	1.05	2.43	0	0.26	0.04	0.57	0.95	1.09	2.07	0.76	0	1.46
FeO*	15.87	12.02	10.77	10.69	12.35	12.29	12.87	11.49	12.4	11.03	11.65	11.94	12.28	12.96	11.92	13.33
MnO	0	0.18	0.19	0.25	0.22	0.22	0.17	0.22	0.3	0.39	0.22	0.26	0.36	0.26	0.34	0.37
MgO	14.71	10.17	10.66	10.46	9.45	9.2	9.63	12.15	12.27	11.78	9.69	9.78	10.14	8.92	11.74	7.35
CaO	14.51	20.7	20.06	20.43	20.87	20.51	20.3	21.73	20.89	21.11	20.39	20.52	20	20.19	21.63	20.99
Na ₂ O	0	0	0.32	0.43	0.24	0.45	0	0	0	0	0.27	0.29	0.33	0.34	0	0.46
Total*	98.23	98.54	98.17	99.37	100	100.5	98.12	99.28	98.97	99.66	98.5	99.32	98.49	98.13	99.21	100.3
Si	1.955	1.741	1.757	1.749	1.737	1.729	1.732	1.927	1.944	1.826	1.723	1.74	1.767	1.744	1.944	1.668
Ti	0.023	0.099	0.095	0.1	0.095	0.104	0.109	0.023	0.018	0.065	0.111	0.104	0.094	0.108	0.02	0.135
Al	0.065	0.321	0.272	0.288	0.323	0.297	0.322	0.092	0.074	0.2	0.325	0.302	0.224	0.299	0.086	0.385
Cr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe ³⁺	0	0	0.047	0.046	0.03	0.07	0	0.007	0.001	0.016	0.028	0.032	0.061	0.022	0	0.042
Fe ²⁺	0.509	0.389	0.349	0.342	0.395	0.393	0.42	0.366	0.397	0.351	0.378	0.384	0.401	0.424	0.38	0.431
Mn	0	0.006	0.006	0.008	0.007	0.007	0.006	0.007	0.01	0.013	0.007	0.008	0.012	0.009	0.011	0.012
Mg	0.842	0.586	0.616	0.597	0.539	0.525	0.56	0.69	0.7	0.668	0.56	0.561	0.59	0.521	0.667	0.423
Ca	0.597	0.858	0.833	0.838	0.856	0.841	0.848	0.887	0.857	0.86	0.848	0.847	0.837	0.847	0.884	0.869
Na	0	0	0.024	0.032	0.018	0.033	0	0	0	0	0.02	0.022	0.025	0.026	0	0.034
Total cátions	3.99	3.999	4	4	4	4	3.997	4	4	4	4	4	4.01	4	3.993	4
mgP	62.29	60.12	63.81	63.56	57.70	57.16	57.14	65.33	63.82	65.54	59.71	59.35	59.54	55.08	63.70	49.57
Outros	4.5	25.94	24.26	25.08	26.29	27.06	26.76	7.3	5.57	17.36	27.72	26.01	22.37	25.6	5.58	33.17
Quad	95.5	74.06	75.74	74.92	73.71	72.94	73.24	92.7	94.43	82.64	72.28	73.99	77.63	74.4	94.42	66.83
Wollastonita	30.64	46.8	46.33	47.16	47.81	47.81	46.41	45.65	43.86	45.78	47.46	47.24	45.78	47.27	45.77	50.44
Enstatita	43.2	31.98	34.25	33.58	30.11	29.83	30.62	35.5	35.83	35.54	31.37	31.31	32.28	29.05	34.55	24.57
Ferrossilita	26.16	21.21	19.42	19.26	22.08	22.36	22.97	18.84	20.31	18.68	21.17	21.45	21.94	23.69	19.69	24.99

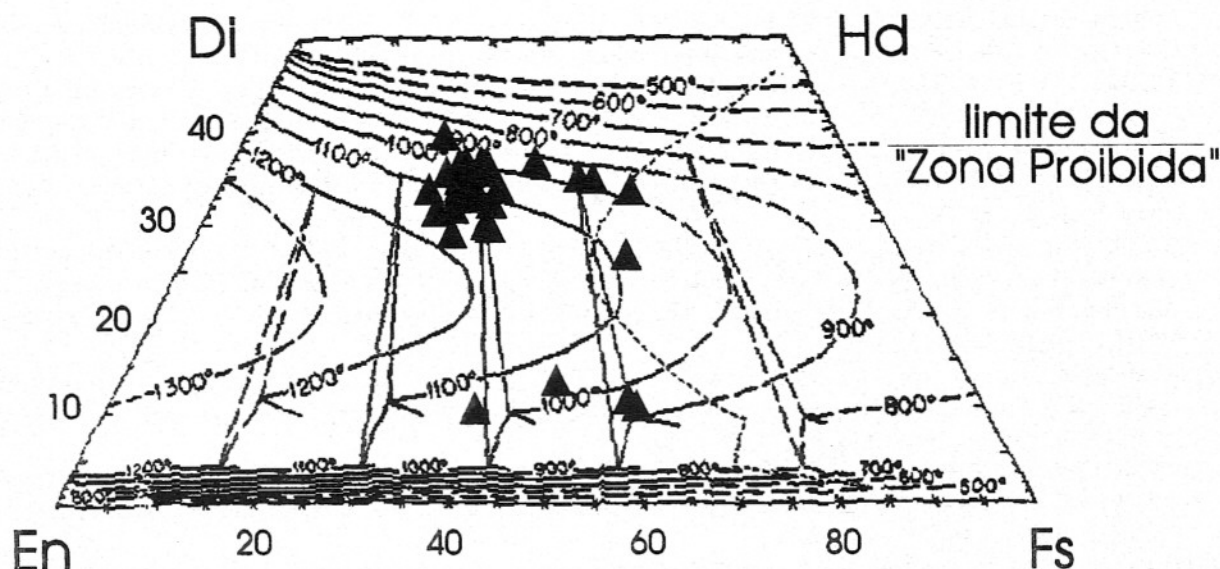


Figura 4 - Diagrama de relações politermais dos piroxênios do Quad para 1 atm (Lindsley, 1983). Os triângulos representam as composições dos piroxênios das amostras MV-1-A, MV-1-B e IA-4.

tendência inversa (subcalina), plotando os mais tardios no campo das augitas subcálcicas. Apesar de aparentemente homogêneas ao microscópio óptico, essas augitas subcálcicas, ao microscópio eletrônico de transmissão, revelaram-se compostas de exsoluções lamelares de pequena escala de augita e pigeonita, resultado da decomposição espinoidal (Secco et al., 1988; Mellini et al., 1988). Os raros ortopiroxênios dessas rochas são de cristalização tardia e distinguem-se por Fe_{total} alto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do acima exposto, conclui-se que as tendências com-

posicionais distintas para os piroxênios dos lamprófios e tefritos (augitas ricas em Ti) e das rochas básicas a intermediárias (augitas e pigeonitas) tratam as composições e afinidades dessas rochas. No primeiro caso, os piroxênios mostram uma evolução com tendências alcalinas que, nos tefritos, expressa-se com o aumento de Wo do centro para as bordas dos megacristais zonados de piroxênio e, nos demais lamprófios, na própria composição do piroxênio, muito rico em Ca, até o extremo dos alnöitos, onde Ti, Al e Fe passam a ter um papel muito importante nas substituições que tentam compensar deficiências em Si. Por outro lado, pigeonitas e augitas subcálcicas, no caso dos diques de rochas básicas a intermediárias,

indicam tendências toleíticas equivalentes às dos basaltos da Bacia do Paraná.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao Dr. José C. Gaspar, pela sugestão de abordagem do tema e ao Prof. Hans D. Schorscher, pela leitura das primeiras versões do trabalho; ao Prof. David I. Groves e ao Dr. Brendon J. Griffin, pelo uso do microscópio eletrônico de varredura JEOL 6400 do Centre for Microscopy and Microanalysis da University of Western Australia; e à CAPES, pela concessão da bolsa PDEE (Proc. 1798/93) para a realização da parte experimental de seu projeto de doutorado, em que se insere este trabalho, na Austrália.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLIENI, G.; PICCIRILLO, E.M.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MELFI, A.J.; DA ROIT, P. (1988) Mineral chemistry of continental stratoid volcanics and related intrusives from the

- Paraná Basin (Brazil). In: E.M. Piccirillo & A.J. Melfi (Eds.) The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: Petrogenetic and geophysical aspects. IAG-USP, p.73-92.
- BELLIENI, G.; MONTES-LAUAR C.R.; DE MIN, A.; PICCIRILLO, E.M.; CAVAZZINI, G.; MELFI, A.J.; PACCA, I.G. (1990) Early and Late Cretaceous magmatism from São Sebastião Island (SE-Brazil): Geochemistry and petrology. *Geochim. Brasil.*, 4(1):59-83.
- CAMERON, M. & PAPIKE, J.J. (1981) Structural and chemical variations in pyroxenes. *Amer. Mineral.*, 66:1-50.
- CASTRO, H.O.; ROCHA, R.L.S.; SPERLING, E.V.; BALTAZAR, O.F. (1984) Geologia das folhas Mangaratiba, Ilha Grande, Cunhambebe, Angra dos Reis, Rio Mambucaba/Campos da Cunha, Parati, Cunha, Picinguaba e Juatinga, RJ. In: Congr. Bras. Geol., 33, Rio de Janeiro, SBG, Anais, 5:2355-2367.
- CAWTHORN, R.G. & COLLERSON, K.D. (1974) The recalculation of pyroxene end-member parameters and the estimation of ferrous and ferric iron content from electron microprobe analyses. *Amer. Mineral.*, 59:1203-1208.
- COMIN-CHIARAMONTI, P.; GOMES, C.B.; PICCIRILLO, E.M.; RIVALENTI, G. (1983) High-TiO₂ basaltic dikes in the coastline of São Paulo and Rio de Janeiro States (Brazil). *N. Jb. Miner. Abh.*, 146(2):133-150.
- COUTINHO, J.M.V. & ENS, H.H. (1992) Diques lamprofíricos e diferenciados carbonatíticos da região de São Sebastião e Itanhaém - SP (resultados preliminares). In: Congr. Bras. Geol., 37 São Paulo, SBG, Boletim de Resumos Expandidos, p.512-513.
- COUTINHO, J.M.V.; ENS, H.H.; RODRIGUES, E.P.; TASSINARI, C.C.G. (1991) Mafic dyke swarms in the northern coast of São Paulo, Brazil (a preliminary report). Intern. Symp. Mafic Dykes, São Paulo. IG-USP/SBGq, Extended Abstracts, p.111-115.
- DAMASCENO, E.C. (1966) Estudo preliminar dos diques de rochas básicas e ultrabásicas da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, 38(2):293-304.
- DROOP, G.T.R. (1987) A general equation for estimating Fe³⁺ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. *Mineral. Mag.*, 51:431-435.
- FREITAS, R.O. (1947) Geologia e petrologia da Ilha de São Sebastião. FFCL-USP, Boletim, 85:1-244. (Geologia 3)
- FREITAS, R.O. (1976) Definição petrológica, estrutural e geotectônica das cintas orogênicas antigas do litoral norte do Estado de São Paulo. *Bol. Instituto Geológico*, 1:1-176.
- GARDA, G.M. (1994) Diques máficos da região costeira entre São Sebastião e Ubatuba. 1^o Seminário Anual do Instituto Geológico. São Paulo. IG-SMA/CITDPA, Boletim de Resumos, p.79.
- GARDA, G.M. (1995) Os diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, IG-USP, 2 vol.
- GARDA, G.M. & SCHORSCHER, H.D. (1994) Os diques máficos e ultramáficos da região costeira entre São Sebastião e Ubatuba, São Paulo, SP. In: Congr. Bras. Geol., 38, Balneário Camburiú, SBG, Boletim de Resumos Expandidos, 3:62-63.
- GARDA, G.M.; JULIANI, C.; SCHORSCHER, J.H.D.; NEUMANN, R.; BOHLAND NETO, F. (1992) Vulcanismo recorrente e feições geológicas afins em diques básico-ultrabásicos da Praia Vermelha do Sul, Município de Ubatuba/SP. Boletim IG-USP, Publicação Especial, 12:45-46.
- GARDA, G.M.; ESPERANÇA, S.; CARLSON, R.W. (1994a) The petrology and geochemistry of coastal dikes from São Paulo State, Brazil: implications for variable lithospheric contributions to alkaline magmas from the western margin of the South Atlantic. Intern. Symp. Phys. Chem. Upper Mantle, São Paulo, CPRM/FAPESP, Extended Abstracts, p.62-64.
- GARDA, G.M.; SCHORSCHER, H.D.; WALDRON, H.; EGGINS, S. (1994b) Trace-element characteristics of the lamprophyric dykes from the north coast of São Paulo, Brazil. Intern. Symp. Phys. Chem. Upper Mantle, São Paulo, CPRM/FAPESP, Extended Abstracts, p.106-107.
- GOMES, C.B. (1973) Comportamento dos feldspatos do dique de diabásio de Toninhas, Ubatuba. In: Congr. Bras. Geol., 27, Aracaju, SBG, Boletim, 1:75.
- GOMES, C.B. (1974) Mineralogia do dique de Toninhas, Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo: Feldspatos. *Rev. Bras. Geoc.*, 4:80-87.

- GOMES, C.B. & RUBERTI, E. (1979) Mineralogia do dique de Toninhas, Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo: Piroxênios. *Bol. Mineral.*, **6**:55-66.
- GOMES, C.B. & BERENHOLC, M. (1980) Some geochemical features of the Toninhas dyke, Ubatuba, State of São Paulo, Brazil. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, **52**:339-346.
- HASUI, Y.; MIOTO, J.A.; MORALES, N. (1994) Geologia do Pré-Cambriano. In: F.F. Falconi, & A. Negro Jr. (Eds.) *Solos do Litoral de São Paulo*. ABMS-NRSP, p.39-67.
- HAWKESWORTH, C.J.; GALLAGHER, K.; KELLEY, S.; MANTOVANI, M.; PEATE, D.W.; REGELOUS, M.; ROGERS, N.W. (1992) Paraná magmatism and the opening of the South Atlantic. In: B.C. Storey; T. Alabaster; R.J. Pankhurst (Eds.) *Magmatism and the causes of continental break-up*. Geological Society, Special Publication, **68**:221-240.
- LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANDCLAUDE, P.; MARCHAL, M. (1980) A classification of volcanic and plutonic rocks using R₁R₂-diagram and major-element analyses - Its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.*, **29**:183-210.
- LEAKE, B.E. (1968) A catalog of analysed calciferous and subcalciferous amphiboles together with their nomenclature and associated minerals. *Geol. Soc. Am.*, Special Paper, **98**:210p.
- LEAKE, B.E. (1978) Nomenclature of amphiboles. *Can. Mineral.*, **16**:501-520.
- LE MAITRE, R.W. (Ed.) (1989) *Classification of igneous rocks and glossary of terms*. Oxford, Blackwell, 193p.
- LINDSLEY, D.H. (1983) Pyroxene thermometry. *Amer. Mineral.*, **68**:477-493.
- MELLINI, M.; CARBONIN, S.; DAL NEGRO, A.; PICCIRILLO, E.M. (1988) Tholeiitic hypabyssal dykes: How many clinopyroxenes? *Lithos*, **22**:127-134.
- MONTEIRO, R.L. (1994) As razões Ti/Al^{IV} em augitas e ferroaugitas: Um marcador das condições de equilíbrio de cristalização em líquidos toleíticos a baixa pressão. In: *Congr. Bras. Geol.*, **38**, Balneário Camburiú, SBG, Boletim de Resumos Expandidos, **3**:104-105.
- MORIMOTO, N. (1988) Nomenclature of pyroxenes. *Amer. Mineral.*, **73**:1123-1133.
- PAPIKE, J.J.; CAMERON, K.L.; BALDWIN, K. (1974) Amphiboles and pyroxenes: characterisation of other than quadrilateral components and estimates of ferric iron from microprobe data. *Geol. Soc. Amer.*, Abstracts with Programs, **6**:1053-1054.
- PICCIRILLO, E.M.; MELFI, A.J.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; BELLINI, G.; ERNESTO, M.; MARQUES, L.S.; NARDY, A.J.R.; PACCA, I.G.; ROISENBERG, A.; STOLFA, D. (1988) Continental flood volcanism from the Paraná Basin (Brazil). In: J.D. Macdougall (Ed.) *Continental flood basalts*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 341p.
- ROCK, N.M.S. (1986) The nature and origin of ultramafic lamprophyres: Alnöites and allied rocks. *J. Petrol.*, **27**:155-196.
- ROCK, N.M.S. (1991) *Lamprophyres*. Blackie, 285p.
- ROCK, N.M.S. & LEAKE, B.E. (1984) The International Mineralogical Association amphibole nomenclature scheme: Computerization and its consequences. *Mineral. Mag.*, **48**:211-227.
- RUBERTI, E. (1983) Método de determinação da relação Fe²⁺/Fe³⁺ de piroxênios egirínicos a partir de análises químicas obtidas com o auxílio da microsonda eletrônica, Exame de Qualificação, IG-USP (Inédito).
- SECCO, L.; CARBONI, S.; DAL NEGRO, A.; MELLINI, M.; PICCIRILLO, E.M. (1988) Crystal chemistry of pyroxenes from basalts and rhyodacites of the Paraná basin (Brazil). In: E.M. Piccirillo & A.J. Melfi (Eds.) *The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: Petrogenetic and geophysical aspects*. IAG-USP, p.33-106.
- SILVA, A.T.S.F.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D.K.; PINTO FILHO, W.D. (1977) *Projeto Santos-Iguape*. Vol. 1: Geologia. Convênio DNPM-CPRM, 639p.