4 LITOGEOQUÍMICA E GEOQUÍMICA ISOTÓPICA DOS METABASITOS DOS COMPLEXOS MANTIQUEIRA E JUIZ DE FORA

4.1 Introdução

Foram realizadas análises geoquímicas, 37 elementar (litogeoquímica) e 23 isotópica, de metabasitos das duas unidades, representantes de ocorrências subordinadas, em meio às rochas félsicas, e destes como litotipo principal.

A geoquímica elementar compreendeu leitura de 55 elementos e a geoquímica isotópica, dos sistemas Rb-Sr e Sm-Nd, medições de razões de isótopos radioativos e radiogênicos destes elementos.

Os resultados dessas análises são apresentados separadamente, para cada uma das unidades. Exceção feita para duas amostras isoladas, de uma unidade, mas com assinaturas típicas de grupos definidos na outra unidade, simplificando assim a apresentação.

As amostras são inicialmente separadas em de baixo-Ti e de alto-Ti (limite de separação 2-2,2% de TiO2). Em seguida, através da representação em diagramas são classificadas quanto as grandes séries de cristalização e afinidades magmáticas, discriminadas quanto aos ambientes tectônicos, definidas assinaturas geoquímicas com base em elementos menores e traços, dentre os quais os ETR.

A definição das assinaturas são representadas por diagramas de distribuição destes elementos, normalizados por determinado tipo de fonte, e diagramas binários Harker, de MgO versus uma série de elementos maiores, menores e traços. Os padrões de distribuição de ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984), são aparentemente os que melhores definem e separam as assinaturas geoquímicas.

4.2 **Litogeoquímica e geoquímica isotópica dos metabasitos**

4.2.1 Complexo Mantiqueira

4.2.1.1 Litogeoquímica

Foram realizadas de metabasitos do Complexo Mantiqueira 17 análises de geoquímica elementar (litogeoquímica) (Tabelas 5.1, 5.2, 5.3). São de amostras de composição básica, duas no limite básico-intermediário, representantes de anfibolitos e metadoleritos, que ocorrem de forma subordinada, em meio hornblenda gnaisses migmatíticos, e principal, com texturas que variam de metamórfica anfibolíticas, poligonal nematoblástica, e ígnea (ofíticas, subofíticas) parcial e totalmente preservadas.

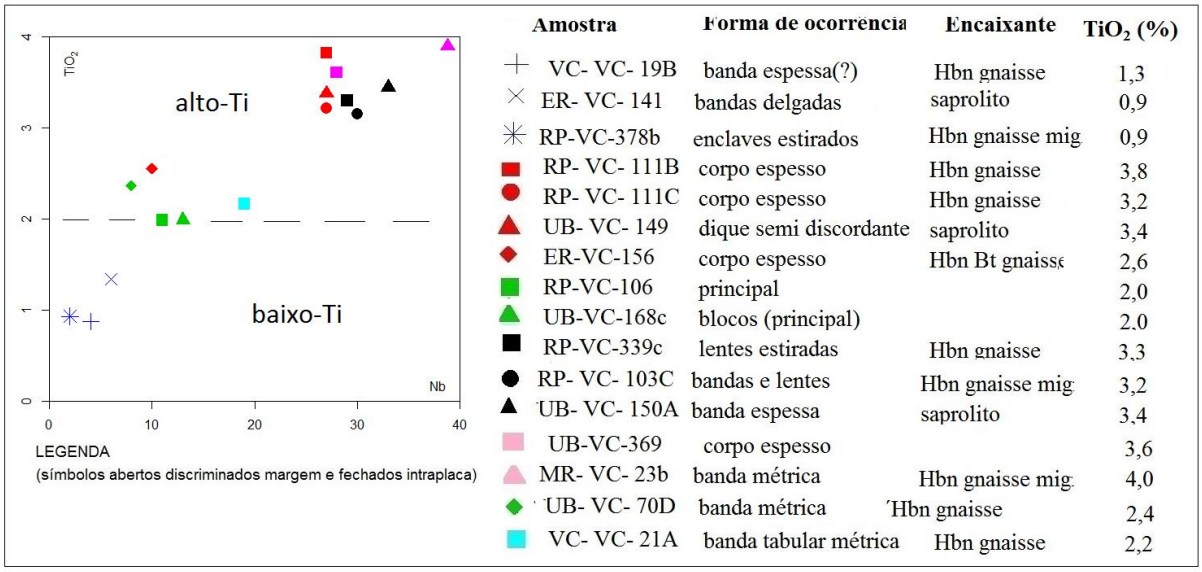
4.2.1.1.1 Classificação em séries e afinidades magmáticas

O percentual de SiO_2 varia entre 47,1% e 52,1%, de MgO entre 3,3-8,3%, Mg# entre 0,20-0,55 e maior parte de de alto-Ti (5 amostras em torno de 2% e 8 acima de 3%) e apenas 3 amostras de baixo-Ti (em torno de 1% e 1,3%) (Fig 23).

Na classificação, quanto às grandes séries de cristalização magmática, no diagrama SiO_2 *versus* Na2O+K2O (TAS de Cox *et al* 1979), as amostras de alto-Ti e baixo-Ti são, em sua grande maioria, francamente subalcalinas, com algumas amostras de alto-Ti plotadas no limite subalcalino-alcalino (Fig 24a). Com o objetivo de corroborar a classificação acima, no diagrama Nb/Ti versus Zr/Ti (Pearce 1996), as amostras de alto-Ti plotam no campo dos basaltos (limite com os basaltos alcalinos), dos basaltos alcalinos e uma amostra no campo do basalto andesítico, e as amostras de baixo-Ti plotam separadamente, francamente como basaltos (Fig 24b). Com objetivo de corroborar com essa classificação, também foi feito cálculo composição mineral normativa CIPW (Tabela 9)

Na classificação, quanto a afinidade geoquímica, nos diagramas Na_2O-K_2O-FeO-MgO (AFM) de Irvine e Baragar (1971), as amostras são todas toleíticas (Fig 24c). Já no diagrama SiO_2 *versus* FeO/MgO, de Miyashiro (1974), plotam no limite do campo calcioalcalino e uma amostra (a basalto-andesítica) plota no campo calcioalcalino (Fig 24d).

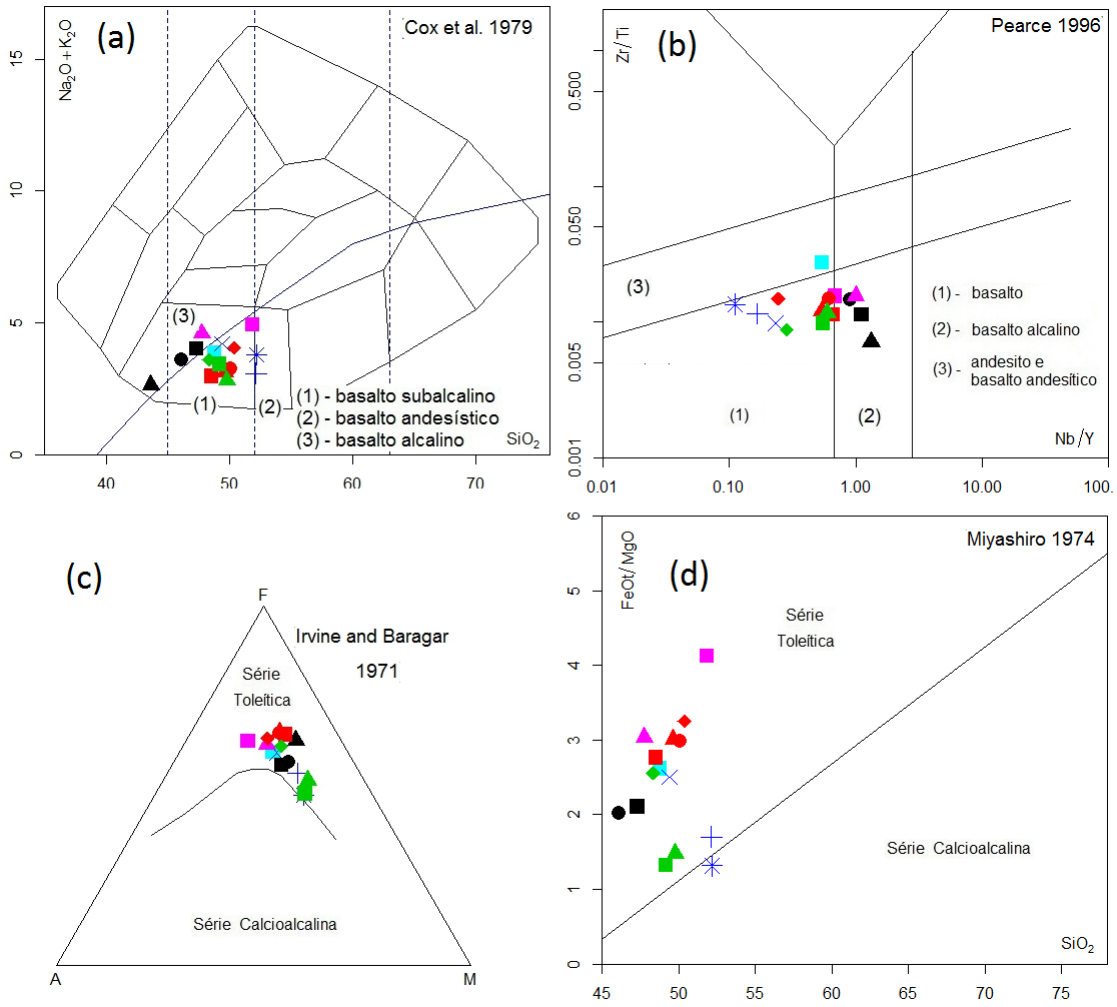
Figura 23 – Diagrama binário, Nb *versus* TiO_2, utilizado para classificação das 16 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (anfibolitos e metadoleritos) do Complexo Mantiqueira.



Amostra	Forma de ocorrência	Encaixante	TiO_2 (%)
VC- VC- 19B	banda espessa(?)	Hbn gnaisse	1,3
ER- VC- 141	bandas delgadas	saprolito	0,9
RP-VC-378b	enclaves estirados	Hbn gnaisse mig	0,9
RP- VC- 111B	corpo espesso	Hbn gnaisse	3,8
RP- VC- 111C	corpo espesso	Hbn gnaisse	3,2
UB- VC- 149	dique semi discordante	saprolito	3,4
ER-VC-156	corpo espesso	Hbn Bt gnaiss	2,6
RP-VC-106	principal		2,0
UB-VC-168c	blocos (principal)		2.0
RP-VC-339c	lentes estiradas	Hbn gnaisse	3,3
RP- VC- 103C	bandas e lentes	Hbn gnaisse mig	3,2
UB- VC- 150A	banda espessa	saprolito	3,4
UB-VC-369	corpo espesso		3,6
MR- VC- 23b	banda métrica	Hbn gnaisse mig	4,0
UB- VC- 70D	banda métrica	Hbn gnaisse	2,4
VC- VC- 21A	banda tabular métrica	Hbn gnaisse	2,2

Fonte: O autor, 2018.

Figura 24 – Diagramas de classificação de 16 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (anfibolitos e metadoleritos), do Complexo Mantiqueira.

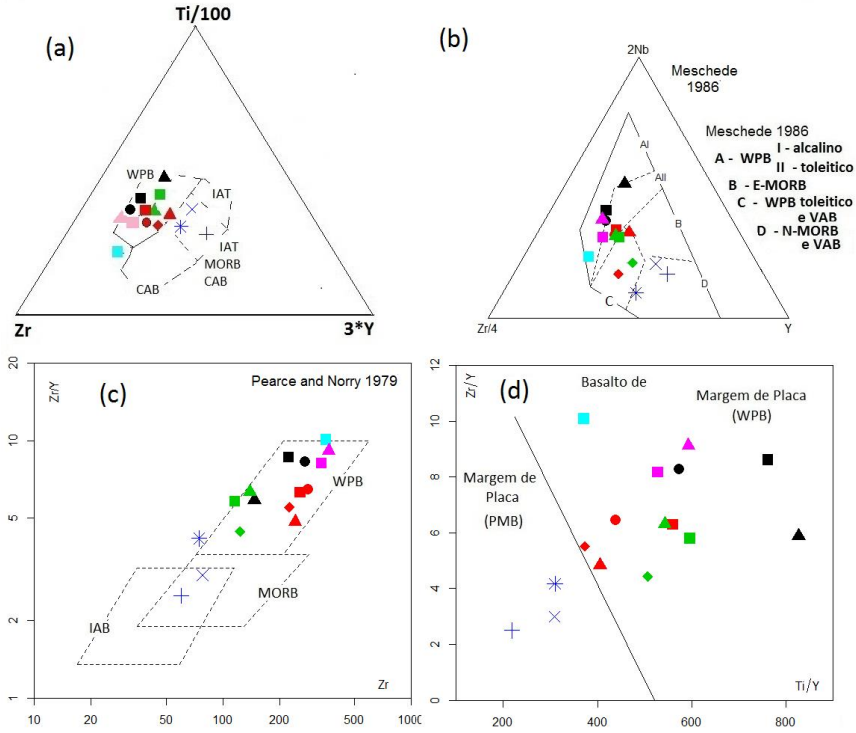


(a) - TAS de Cox *et al* 1979 (SiO_2 *versus* $Na_2O + K_2O$); **(b)** Nb/Y *versus* Zr/Ti (Winchester e Floyd 1977, modificado por Pearce 1996); **(c)** AFM (A – $Na_2O + K_2O$; F – $FeO + Fe_2O_3$; M - MgO), de Irvine e Baragar (1971); **(d)** SiO_2 *versus* FeO(t)/MgO (Myashiro 1974).
Fonte: O autor, 2018.

4.2.1.1.2 – Discriminação de ambiente tectônico

Os metabasitos no Complexo Mantiqueira de alto-Ti (maior parte das amostras) são discriminados de ambiente divergente intraplaca continental, nos diagramas Ti-Zr-Y (Pearce e Cann 1973), Nb-Zr-Y (Meschede 1986) e Zr versus Zr/Y (Pearce e Norry 1979), Zr versus Zr/Y (Pearce e Gale 1977) (Fig 25a, b, c, d). Os de baixo-Ti, nestes e nos diagramas Ti-Zr-Sr (Pearce e Cann 1973) e Ti-Mn-P (Mullen 1983), são discriminados de ambienrtes divergentes e convergentes, do tipo MORB, N-MORB e IAT, objetos de considerações mais adiante (Fig 26a, b). Um resumo da classificação e discriminação tectônica é apresentada na Tabela 10.

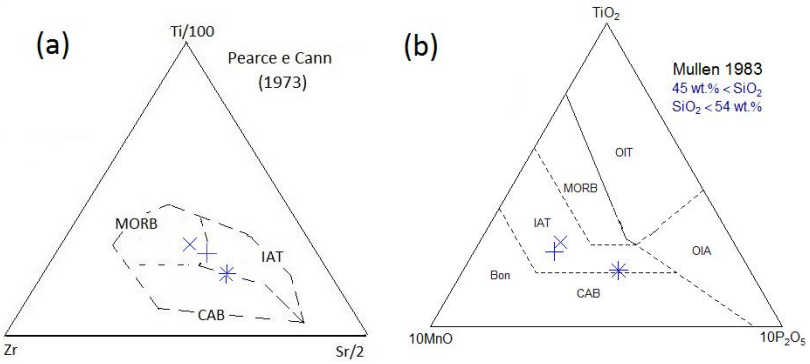
Figura 25 – Diagramas de discriminação de ambiente tectônico de 16 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (anfibolitos e metadoleritos), do Complexo Mantiqueira.



(a) Zr-Ti-Y; (b) Zr-Nb-Y (Meschede 1986); (c) Zr-Zr/Y (Pearce e Norry 1979); (d) Ti/Y-Zr-Y (Pearce e Gale 1977). (SIGLAS:WPB – Basalto intra-placa; CAB – Basalto Calcioalcalino; IAT – Toleíto de Arco de Ilhas; VAB – Basalto de Arco Vulcânico; MORB – *Mid Ocean Ridge Basalts*; N-MORB – *Normal - Mid Ocean Ridge Basalts*; E-MORB – *Enriched - Mid Ocean Ridge Basalt*; OIT – Toleíto de Ilhas Oceânicas; OIA – Basaltos Alcalinos de Ilhas Oceânicas).

Fonte: O autor, 2018.

Figura 26 – Diagramas de discriminação de ambiente tectônico de 16 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (anfibolitos e metadoleritos), do Complexo Mantiqueira.



(a) Zr-Ti-Sr (Pearce e Cann 1973); (b) Mn-Ti-P (Mullen 1983). (SIGLAS:WPB – Basalto intra-placa; CAB – Basalto Calcioalcalino; IAT – Toleíto de Arco de Ilhas; VAB – Basalto de Arco Vulcânico; MORB – *Mid Ocean Ridge Basalts*; N-MORB - *Normal – Mid-Ocean-Ridge-Basalts*; E-MORB - *Enriched – Mid Ocean Ridge Basalt*; OIT – Toleíto de Ilhas Oceânicas; OIA – Basaltos Alcalinos de Ilhas Oceânicas).

Fonte: O autor, 2018.

4.2.1.1.3 Assinatura geoquímica, com base nos padrões de distribuição de ETR e outros elementos incompatíveis

As amostras de metabasitos do Complexo Mantiqueira, com base em diagramas do tipo Harker e multielementares, de distribuição normalizados, de ETR (normalizados pelo condrito) e demais elementos incompatíveis (normalizados pelo MORB e pelo Manto Primitivo) (Fig 27,28,29, 30), são separadas em cinco grupos geoquímicos (três relativamente bem representados), corroborando a classificação e discriminação feitas nos itens anteriores. Para definição desses grupos, também foram analisadas razões diversas entre elementos (Tabela 9).

O primeiro grupo é composto por três amostras toleíticas de baixo-Ti (discriminadas do tipo MORB, N-MORB e IAT). O padrão de distribuições de ETR é próximo a horizontal, com leve enriquecimento em ETR leves e anomalia negativa de Eu* [(La/Yb)N = 1,5 e 3; Eu/Eu* = 0,8] (Fig 27a).

Nos diagramas de distribuição multielementar, normalizado pelo MORB (Pearce 1983) e pelo manto primitivo (Sun McDonough 1989), corroboram o agrupamento definido pelos elementos ETR (Fig 28a e 29a).

O segundo grupo é composto por seis amostras toleíticas de alto-Ti (discriminadas intraplaca continental). O padrão de distribuição de ETR é moderado em ETR leves, em relação ao ETR pesados [(La/Yb)N = 4,4 a 5,2]. São separados dois subgrupos bem definidos, com base no percentual de TiO2, e no maior e menor enriquecimento relativo de ETR (Fig 27b). O primeiro, composto por duas amostras, com cerca de 2% de TiO2 e menor enriquecimento em ETR e muito leve anomalia positiva de Eu* [Eu/Eu* = 1,1] e o segundo, composto por quatro amostras, com TiO2 acima de 3%, maior enriquecimento em ETR e anomalia negativa de Eu* [Eu/Eu* = 0,8].

O terceiro grupo é composto por cinco amostras de alto-Ti (TiO2 acima de 3%) toleíticas (próximas ao campo alcalino, também classificadas como basalto alcalinas), discriminadas intraplaca continental. O padrão de distribuição de ETR se diferencia do segundo grupo por maior enriquecimento em ETR leves e praticamente iexistência de anomalias de *Eu [(La/Yb)N = 6,6 a 9,2; Eu/Eu* = 1] (Fig 27c). Embora de forma menos

evidente, também sugere separação de dois subgrupos, aparentemente definidos entre as amostras menos e mais evoluídas (percentual de SiO2).

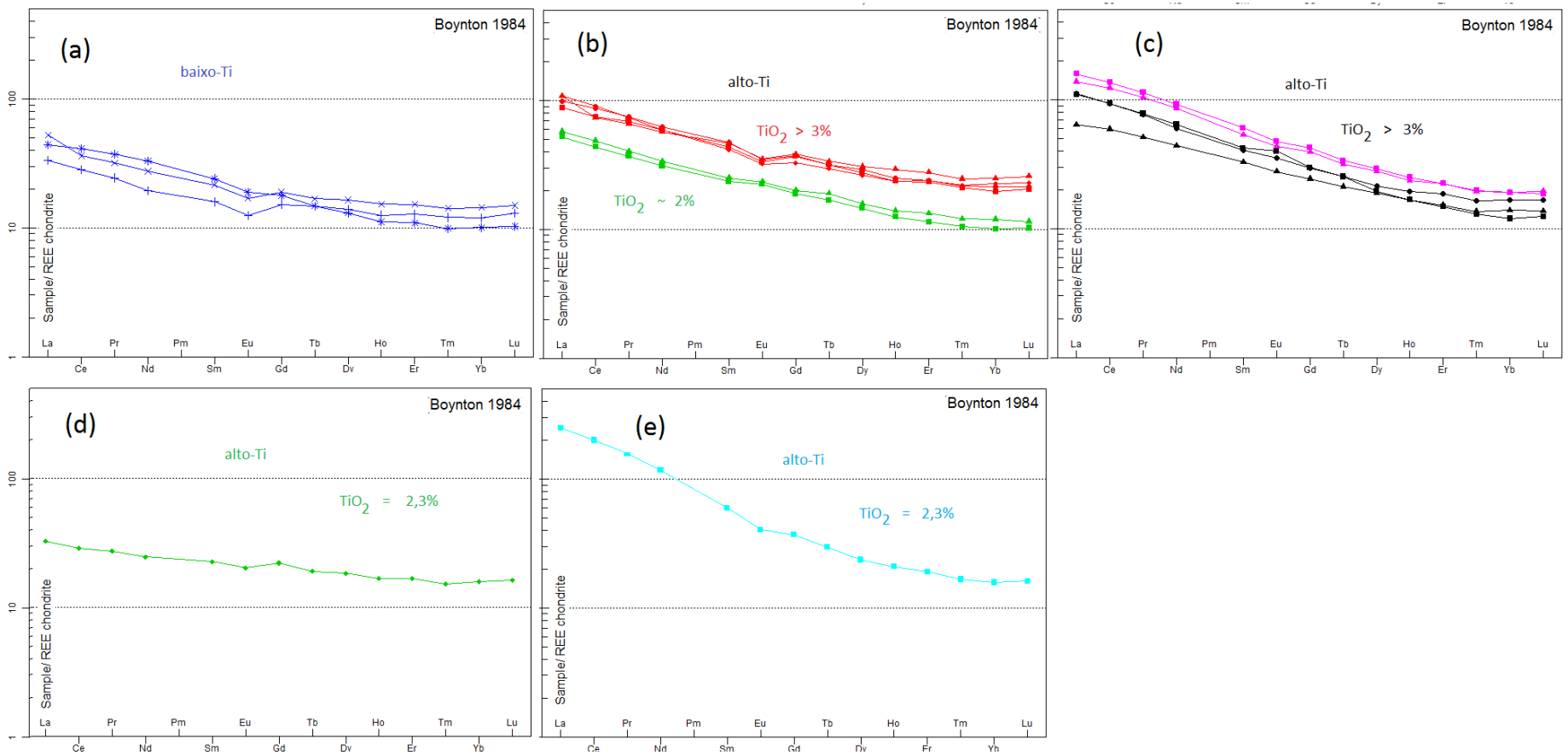
A análise do diagrama de distribuição multielementar, normalizado pelo MORB (Pearce 1983) do segundo e terceiro grupo (Fig 28b, c; Fig 29c) apresentam padrão similar ao descrito para derrames de basaltos continentais (CFB) da Serra Geral (Bacia do Paraná), Decan e Snake River Plain (Fig 10.17, página 308, Wilson 1989). Ao mesmo tempo, os diagramas e distribuição multielementar, normalizado pelo Manto Primitivo (Sun McDonough 1989) corroboram os agrupamentos definidos pelos ETR (Fig 28c, c; Fig 29d).

O quarto e o quinto grupo, com padrões distintos entre si, são representados por uma única amostra cada, toleíticas de alto-Ti (~ 2,2% de TiO2), ambas discriminadas intraplaca continental. Do quarto grupo, de padrão de distribuição horizontalizado, é semelhante ao primeiro grupo, com leve enriquecimento em ETR leves e leve anomalia negativa de Eu* [(La/Yb)N = 1,4; Eu/Eu* = 0,9] (Fig 27d). Do quinto grupo, distinta de todas as demais do Complexo Mantiqueira, possui padrão de distribuição caracterizado por um alto enriquecimento em ETR leves e muito leve anomalia negativa de Eu* [(La/Yb)N = 16; Eu/Eu* = 0,9] (Fig 27e). Importante ressaltar semelhança com algumas amostras do Complexo Juiz de Fora.

Destaque para amostras nos diagramas de distribuição multielementares anomalias positivas de Pb, que seriam indicadoras de contaminação crustal. Para algumas amostras de alto-Ti, este padrão são algo similares ao CFB (Etendeka), rifts alcalinos do leste africano e de arcos de ilhas maduros calcioalcalino (Fig 2.16, pag 56, Gill 2014).

Nos diagramas binários (Harker), MgO *versus* elementos maiores e traços selecionados (Fig 30) corroboram as separações feitas pelos diagramas multielementares. Estes ressaltam, para o primeiro e duas amostras do segundo grupo, de baixo-Ti e mais baixo-Ti, respectivamente, com baixo teores em elementos incompatíveis. Para o segundo e terceiro grupo, estes também ressaltam os subgrupos indicados pelos ETR. Para a amostra do quarto grupo, alguns elementos maiores e traços, apontam para assinatura semelhante a amostra do primeiro grupo e para amostra do quinto grupo não apresenta assinatura semelhante com demais grupos e amostras do Complexo Mantiqueira.

Figura 27 – Diagramas de distribuição de Elementos Terras Raras (ETR), normalizados pelo condrito, de 16 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (anfibolitos e metadoleritos), do Complexo Mantiqueira

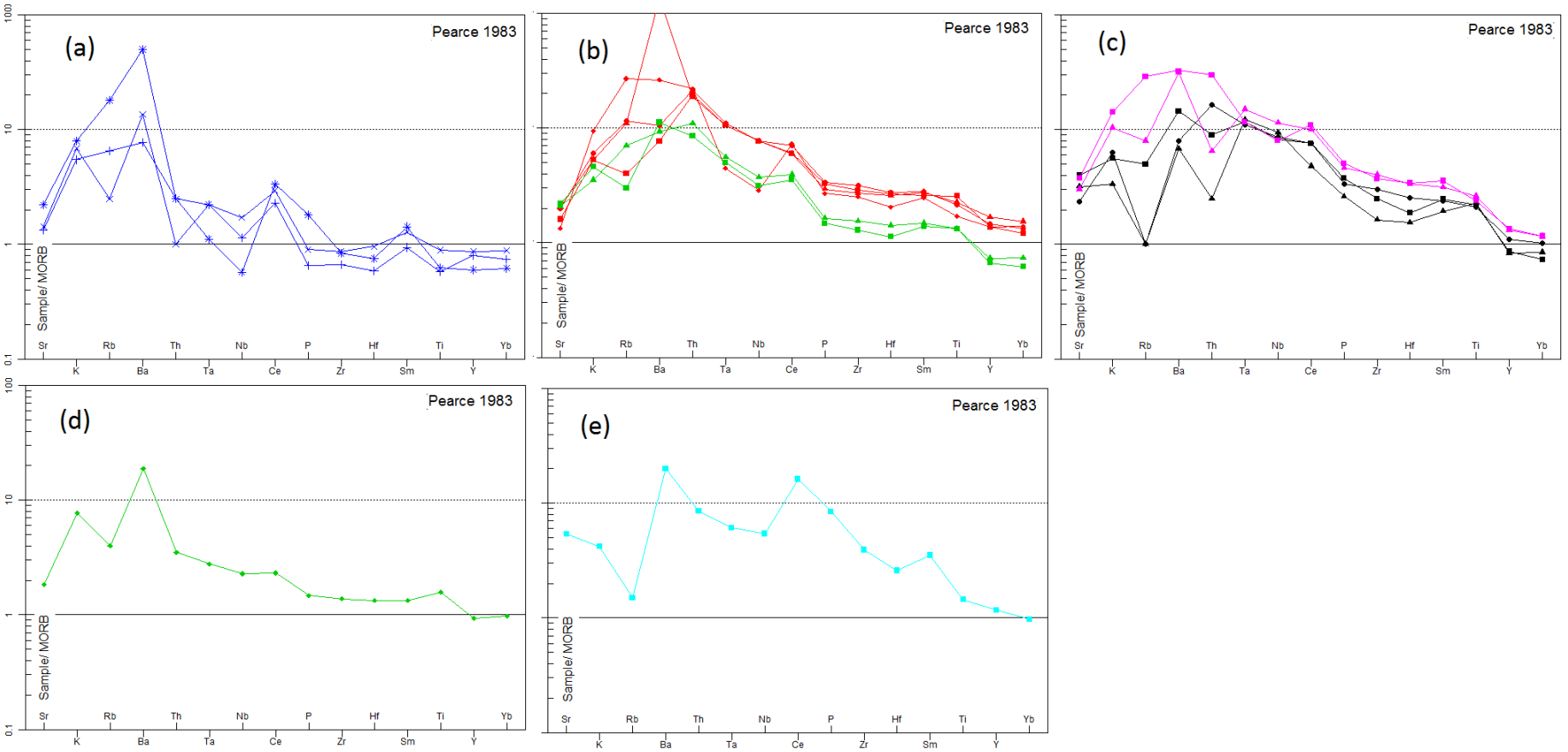


(a) – toleíticas de baixo-Ti, com leve enriquecimento em ETR-leves e anomalia negativa de Eu, discriminadas do tipo MORB (ambiente distensivo); (b) toleíticas de alto-Ti, com enriquecimento moderado em ETR-leves, separados em dois subgrupos, discriminadas intraplaca continental; (c) toleítica e alcalina, de alto-Ti, com enriquemento relativamente acentuado em ETR-leves, discriminadas intraplaca continental; (d) toleítica de alto-Ti (médio-Ti), com pequeno enriquecimento em ETR-leves, do tipo MORB, discriminada intraplaca; (e) toleítica basalto-andesítica de alto-Ti, com enriquecimento bastante acentuado em ETR-leves, discriminada intraplaca.

Nota: normalizados pelo condrito de Boynton, 1984.

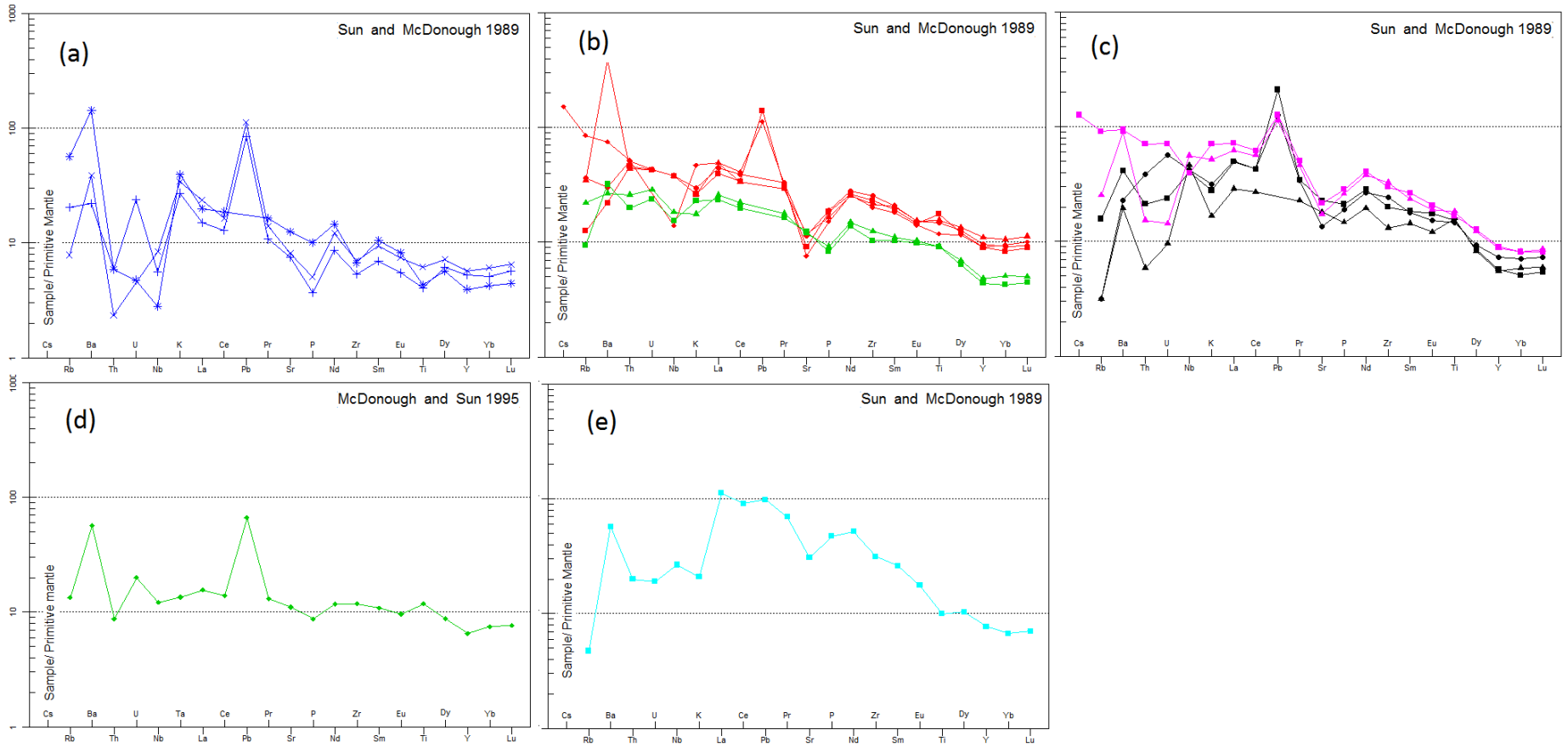
Fonte: O autor, 2018.

Figura 28 – Diagramas de variação multielementar normalizados pelo MORB, de 16 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (anfibolitos e metadoleritos), do Complexo Mantiqueira.



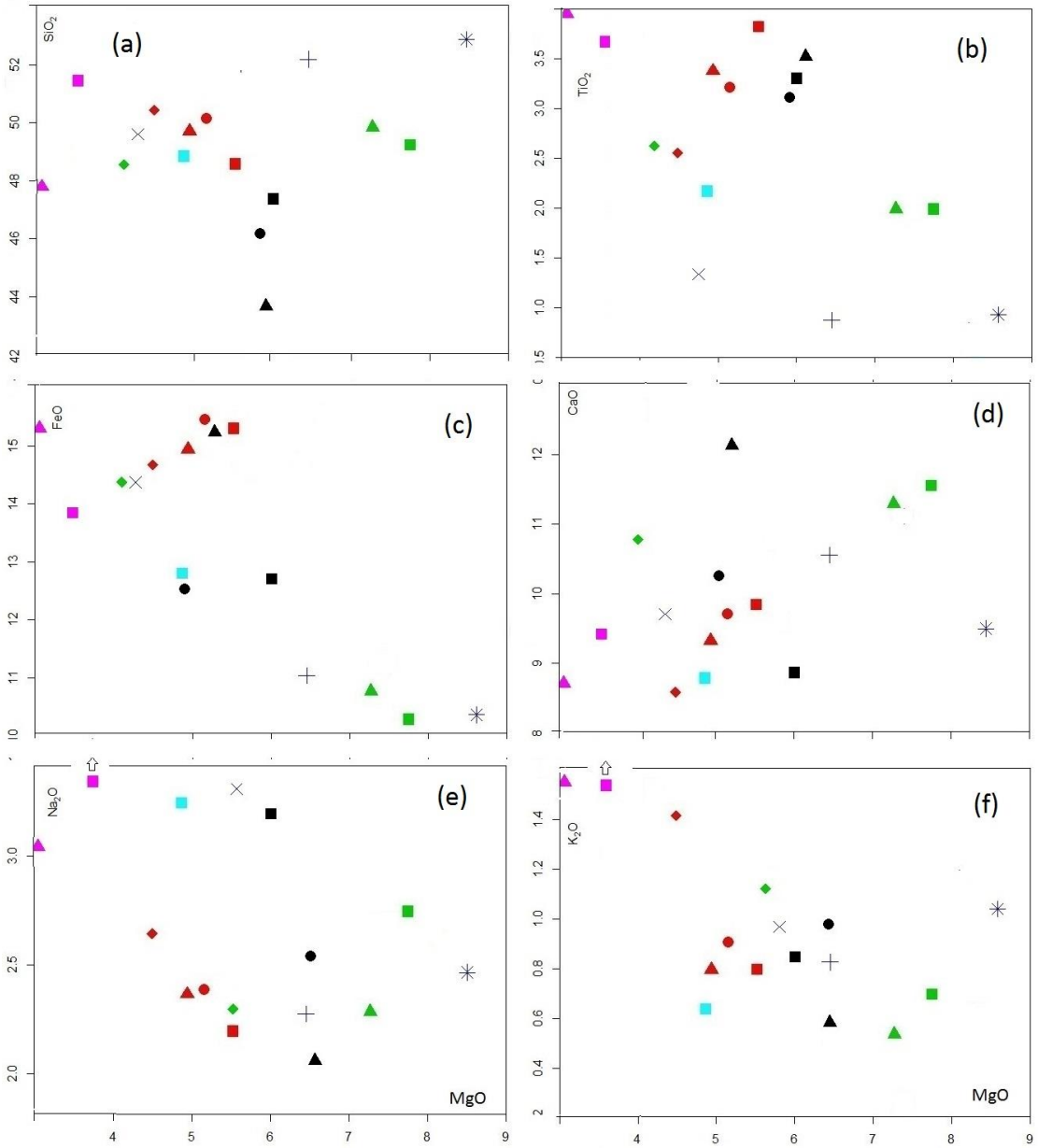
Nota: a);b);c);d);e);f), descrições na Figura 27.
normalizados pelo MORB de Pearce, 1983.
Fonte: O autor, 2018.

Figura 29 – Diagramas de variação multielementar (de elementos mais e menos incompatíveis), normalizados pelo Manto Primitivo, de 16 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (anfibolitos e metadoleritos), do Complexo Mantiqueira.



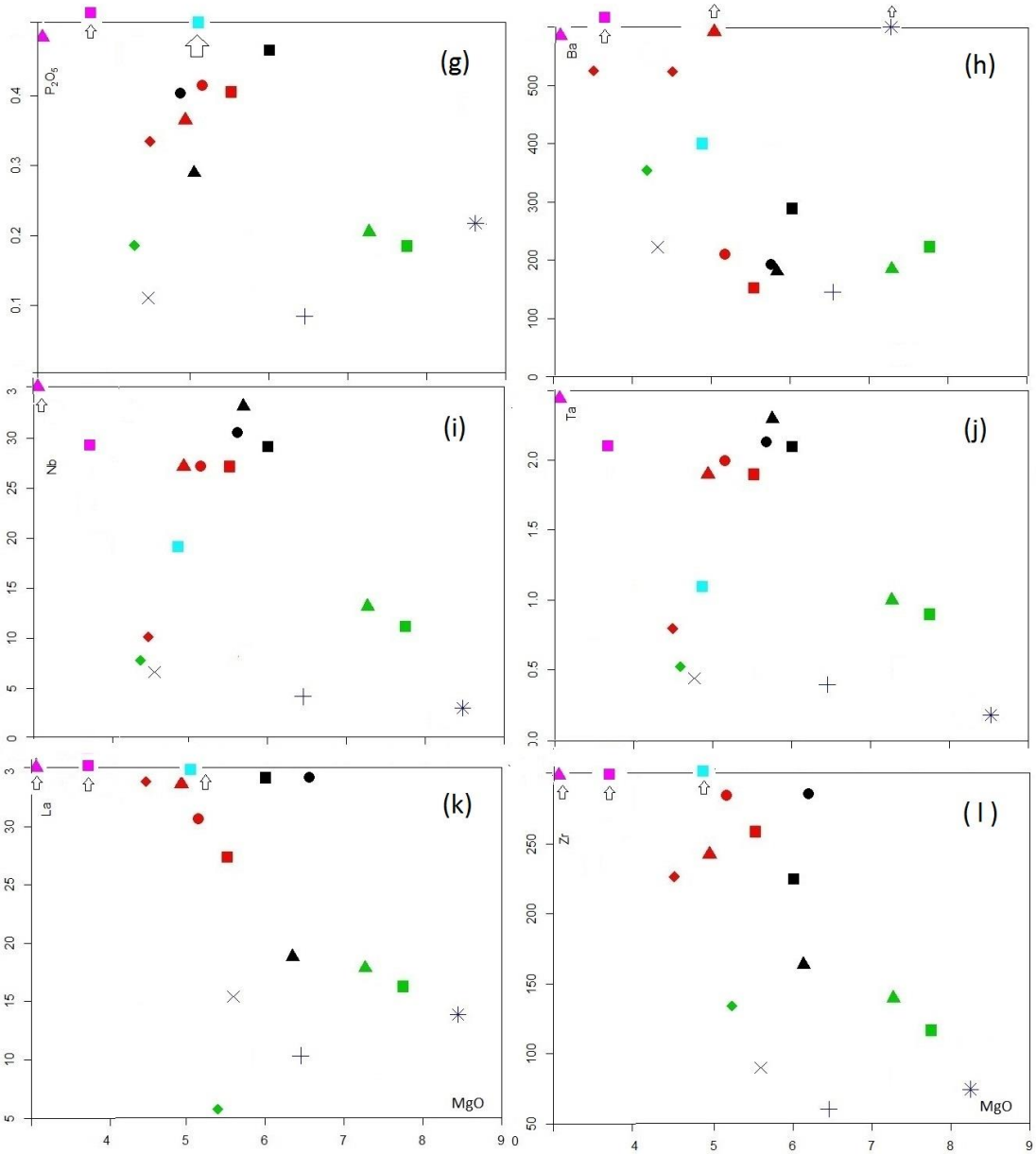
Nota: a);b);c);d);e);f), descrições na Figura 27
normalizados pelo Manto Primitivo de Sun McDonough, 1989.
Fonte: O autor, 2018.

Figura 30 – Diagramas binários, do tipo Harker, de MgO *versus* elementos maiores e traços selecionados, de rochas metabásicas, de composição basáltica (anfibolitos e metadoleritos), do Complexo Mantiqueira. – continua.



Fonte: O autor, 2018

Figura 30 – Diagramas binários, do tipo Harker, de MgO *versus* elementos maiores e traços selecionados, de 16 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (anfibolitos e metadoleritos), do Complexo Mantiqueira.– conclusão.



Fonte: O Autor, 2018

4.2.1.2 Geoquímica isotópica

Foram feitas sete análises de geoquímica isotópica Sr-Nd, com representantes dos cinco grupos litogeoquímicos separados do Complexo Mantiqueira (Tabela 11).

Do primeiro grupo, de baixo-Ti, para a amostra analisada, os valor de idade modelo (T_{DM}Nd) do Sideriano (2,4 Ga) e de εNd(2,0 Ga) positivo (+2) e $^{87}Sr/^{86}Sr$(2,0Ga) é muito

baixo (0,699). Importante ressaltar, para essa amostra, uma incompatibilidade entre o valor de T_{DM}Nd e valores de idades U-Pb em zircão mais antigos (Tabela 11).

Do segundo grupo, de alto-Ti, para duas amostras analisadas, ambas com valores de idade modelo (T_{DM}Nd) do Esteniano (1,2 Ga), εNd(0,66 Ga) positivos (+1) e $^{87}Sr/^{86}Sr$(2,0Ga) baixos (0,703-0,704) (Tabela 11).

Do terceiro grupo, de alto-Ti, para três amostras analisadas, os valores de idade modelo (T_{DM}Nd) obtidos são dois do limite Calamiano-Ectasiano (1,4-1,3 Ga) e um do Esteniano (1,1 Ga), com valores de εNd(0,66 Ga) levemente negativos (-1 e -2) e positivo (+1) e razões $^{87}Sr/^{86}Sr$(0,66 Ga) relativamente altas (0,706 e 0,710) e baixa (0,702), respectivamente (Tabela 11). Importante ressaltar um dos subgrupos composto por amostras petrograficamente muito distintas, com T_{DM}Nd do Esteniano de corpo de dimensão indefinida basalto-doleritico e com T_{DM}Nd do Calaminiano de banda máfica com textura milonítica, situada no Complexo Juiz de Fora na Faixa Guiricema-Abre Campo.

Do quarto grupo, de alto-Ti, o valor de idade modelo (T_{DM}Nd) do Riaciano (2,1 Ga), com valor de εNd(2,0 Ga) positivo (+2) e razão $^{87}Sr/^{86}Sr$(0,66) baixo (0,703) (Tabela 11).

Do quinto grupo, de alto-Ti, o valor de idade modelo (T_{DM}Nd) é do Neoarqueano (2,9 Ga), εNd(2,7 Ga) negativo (-5) e $^{87}Sr/^{86}Sr$(2,0Ga) baixo (0,704) (Tabela 11).

Os Diagramas de evolução de $\varepsilon Nd_{(t)}$ ao longo do tempo (Fig 40a) e de $\varepsilon Nd_{(t)}$ *versus* $^{87}Sr/^{86}Sr_{(t)}$ (Fig 41a) formam agrupamentos e ressaltam uma clara diferença entre os de idades modelo T_{DM}Nd maiores e menores que 1,8 Ga.

Tabela 5- Valores analíticos, de elementos maiores e menores, das 16 amostras de metabasitos no Complexo Mantiqueira.*

Amostra	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	Mg#	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI	Total
VC- VC- 19B	52,14	0,87	14,53	10,99	0,18	6,45	0,37	10,53	2,26	0,82	0,08	0,54	100,60
ER- VC- 141	49,39	1,34	13,38	14,58	0,24	5,82	0,29	9,63	3,18	1,03	0,11	0,31	100,60
RP-VC-378b	52,18	0,93	12,15	10,81	0,19	8,20	0,43	9,90	2,59	1,19	0,22	0,05	99,63
RP- VC- 111b	48,52	3,82	12,00	15,24	0,24	5,52	0,27	9,82	2,18	0,79	0,40	0,28	100,50
RP- VC- 111c	50,08	3,21	12,51	15,40	0,24	5,16	0,25	9,68	2,37	0,90	0,41	-0,76	100,90
UB- VC- 149	49,65	3,38	12,51	14,88	0,24	4,94	0,25	9,30	2,35	0,79	0,36	0,40	100,50
ER-VC-156	50,39	2,55	13,33	14,62	0,22	4,49	0,23	8,56	2,63	1,41	0,33	-0,55	99,61
RP-VC-106	49,17	1,99	14,16	10,23	0,17	7,75	0,43	11,53	2,73	0,69	0,18	0,71	100,40
UB-VC-168c	49,78	1,99	13,93	10,72	0,18	7,27	0,40	11,27	2,27	0,53	0,20	0,46	99,79
RP- VC- 103C	46,11	3,16	13,88	12,98	0,23	6,42	0,33	10,20	2,64	0,95	0,41	0,74	99,16
UB- VC- 150A	43,61	3,44	14,37	15,22	0,24	6,47	0,30	12,35	2,14	0,50	0,32	0,25	100,60
RP-VC-339c	47,31	3,30	13,78	12,65	0,21	6,01	0,32	8,84	3,18	0,84	0,46	0,89	98,88
UB-VC-369	51,86	3,61	12,32	13,70	0,19	3,32	0,20	7,17	2,79	2,13	0,62	0,96	100,20
MR- VC- 23b(CJF)	47,76	3,95	12,91	15,28	0,25	5,04	0,25	8,70	3,03	1,56	0,57	-0,20	100,60
UB- VC- 70D	48,34	2,37	12,93	14,58	0,32	5,70	0,28	10,72	2,44	1,16	0,18	0,16	100,50
VC- VC- 21a	48,79	2,17	16,12	12,74	0,17	4,87	0,28	8,76	3,23	0,63	1,03	0,65	100,60

Nota: Análise pacote 4Litho (ICP e ICP-MS), Actlabs Laboratories.
valores de concentrações em % de massa de óxido.
uma amostra do Complexo Juiz de Fora (CJF);

Fonte: O autor, 2018.

Tabela 6 – Valores analíticos, de elementos traços, das 16 amostras de metabasitos no Complexo Mantiqueira.

Amostra	Ti	Zr	Nb	Ta	V	Hf	Th	U	K	Ba	Sr	Rb	Cs	Pb	Sc	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	V	Mo	W
VC- VC- 19B	5234	60	4	0,4	293	1,4	0,5	0,5	7627	155	159	13	< 0.5	6	41	210	51	110	30	100	293	< 2	59
ER- VC- 141	8009	78	6	0,4	356	2,3	0,2	< 0.1	9580	271	172	5	< 0.5	8	45	60	61	70	50	130	356	< 2	30
RP-VC-378b	5569	75	2	0,2	259	1,8	0,5	0,1	11068	1001	265	36	< 0.5	< 5	37	350	43	100	100	90	259	< 2	< 1
RP- VC- 111B	22925	258	27	1,9	430	6,4	3,9	0,9	7348	154	192	8	< 0.5	10	43	80	50	60	180	160	430	< 2	14
RP- VC- 111C	19262	284	27	2	399	6,6	4,3	0,9	8371	211	240	23	< 0.5	< 5	41	90	52	40	260	140	399	2	81
UB- VC- 149	20245	242	27	1,9	425	6,2	3,7	0,9	7348	2736	247	22	< 0.5	< 5	41	60	57	50	270	200	425	< 2	90
ER-VC-156	15311	226	10	0,8	399	4,9	4,4		13114	525	160	54	1,2	8	37	80	47	30	270	110	399	< 2	< 1
RP-VC-106	11912	116	11	0,9	317	2,7	1,7	0,5	6418	224	263	6	< 0.5	< 5	38	350	41	90	60	70	317	< 2	< 1
UB-VC-168c	11930	139	13	1	314	3,4	2,2	0,6	4930	186	250	14	< 0.5	< 5	38	350	42	90	80	70	314	< 2	< 1
RP- VC- 103C	18914	273	30	2	362	6,1	3,3	1,2	8836	160	283	2	< 0.5	9	37	50	46	50	40	150	362	< 2	24
UB- VC- 150A	20647	147	33	2,2	531	3,7	0,5	0,2	4651	136	381	2	< 0.5	< 5	39	40	59	40	< 10	110	531	< 2	22
RP-VC-339c	19789	224	29	2,1	356	4,5	1,8	0,5	7813	290	480	10	< 0.5	15	31	70	43	20	40	90	356	< 2	< 1
UB-VC-369	21654	335	28	2,1	405	8,2	6	1,5	12950	631	363	16	8	< 0.5	32	< 20	51	< 20	60	150	458	< 2	60
MR- VC- 23b (CJF)	23712	365	40	2,7	458	8	1,3	0,3	17681	660	454	58	9	1	28	< 20	43	40	260	150	405	< 2	95
UB- VC- 70D	14190	124	8	0,5	499	3,2	0,7	0,4	10789	376	220	8	< 0.5	10	50	90	40	30	20	160	499	< 2	25
VC- VC- 21A	12985	353	19	1,1	257	6,2	1,7	0,4	5860	401	647	3	< 0.5	7	26	100	41	80	60	130	257	< 2	20

Nota: Análise pacote 4Litho (ICP e ICP-MS), Actlabs Laboratories.
valores de concentrações em ppm.
uma amostra do Complexo Juiz de Fora (CJF);
Fonte: O autor, 2018.

Tabela 7 – Valores analíticos, de Elementos Terras Raras (ETR), inclusive Sc e Y, das 16 amostras de metabasitos do Complexo Mantiqueira.

Analyte Symbol	Sc	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Soma ETR
VC- VC- 19B	41	24	10,3	22,8	2,98	11,7	3,1	0,92	3,9	0,7	4,5	0,9	2,7	0,39	2,5	0,42	68
ER- VC- 141	45	26	16,3	29,3	3,89	16,5	4,2	1,25	4,9	0,8	5,3	1,1	3,2	0,46	3	0,48	90
RP-VC-378b	37	18	13,7	33,4	4,53	19,8	4,7	1,39	4,6	0,7	4,2	0,8	2,3	0,32	2,1	0,33	93
RP- VC- 111B	43	41	27,3	60,2	8,45	35,6	8,5	2,46	9,6	1,5	8,9	1,7	4,9	0,68	4,1	0,66	175
RP- VC- 111C	41	44	30,6	70,1	9,15	37,7	9,2	2,57	9,7	1,5	9,3	1,8	5	0,7	4,5	0,69	192
UB- VC- 149	41	50	33,6	59,7	8,01	34,2	9,1	2,58	9,9	1,6	9,9	2,1	5,8	0,8	5,2	0,83	183
ER-VC-156	37	41	33,8	73	8,95	35,2	8,1	2,37	8,5	1,4	8,5	1,7	5	0,71	4,7	0,74	192
RP-VC-106	38	20	16,2	35,3	4,52	18,6	4,6	1,65	4,9	0,8	4,7	0,9	2,4	0,34	2,1	0,33	97
UB-VC-168c	38	22	17,8	39,3	4,93	20,2	4,9	1,72	5,2	0,9	5,1	1	2,8	0,39	2,5	0,37	107
UB-VC-369	28	41	49,3	110	13,9	55,3	11,8	3,48	11	1,6	9,4	1,8	4,7	0,64	4	0,6	347
MR- VC- 23b (CJF)	32	40	42,8	100	12,7	51,2	10,4	3,19	10,2	1,5	9	1,7	4,7	0,63	4	0,63	325
RP- VC- 103C	37	33	34,5	75,8	9,42	35,8	7,9	2,58	7,6	1,2	6,9	1,4	3,9	0,53	3,5	0,54	190
UB- VC- 150A	39	25	19,8	47,9	6,25	26,3	6,4	2,03	6,3	1	6,1	1,2	3,2	0,44	2,9	0,44	130
RP-VC-339c	31	26	34,1	75,9	9,51	38,5	8,2	2,93	7,7	1,2	6,3	1,2	3,1	0,42	2,5	0,4	190
UB- VC- 70D	50	28	10,1	23,2	3,32	14,7	4,4	1,48	5,7	0,9	5,9	1,2	3,5	0,49	3,3	0,52	79
VC- VC- 21ª	26	35	77,1	162	19,2	70,2	11,6	2,97	9,6	1,4	7,6	1,5	4	0,54	3,3	0,52	370

Nota: Análise pacote 4Litho (ICP e ICP-MS), Actlabs Laboratories.
valores de concentrações em ppm.
uma amostra do Complexo Juiz de Fora (CJF).

Fonte: O autor, 2018.

Tabela 8 – Valores composição mineral normativa, conforme norma CIPW, calculada para livre de voláteis, para 16 amostras de metabasitos do Complexo Mantiqueira.

AMOSTRA	Qz	Or	Ab	An	Nph	Di	Hyp	Ol	Ilm	Ap	TOTAL
VC VC 19B	0,7	4,8	19,0	26,9	0,0	20,4	24,5	0,0	1,6	0,2	98,1
ER VC 141	0,0	6,1	26,1	19,1	0,3	23,3	0,0	20,2	2,5	0,3	97,9
RPVC378b	0,0	7,1	22,0	18,1	0,0	24,5	18,5	6,1	1,8	0,5	98,6
RP VC 111B	0,3	4,6	18,4	20,5	0,0	21,3	24,5	0,0	7,2	0,9	97,8
RP VC 111C	0,4	5,3	19,9	20,7	0,0	20,5	25,2	0,0	6,1	1,0	98,9
UB VC 149	1,6	4,6	19,8	21,1	0,0	18,9	24,3	0,0	6,4	0,8	97,7
ERVC156	0,0	8,4	22,3	20,5	0,0	16,9	23,7	1,2	4,9	0,8	98,7
RPVC106	0,0	4,1	23,0	24,2	0,0	25,9	2,1	14,5	3,8	0,4	98,1
UBVC168c	0,0	3,1	19,2	26,3	0,0	23,4	18,4	3,4	3,8	0,5	98,2
RP VC 103C	0,0	5,7	22,5	23,4	0,0	20,7	0,3	18,0	6,0	1,0	97,6
UB VC 150[a]	0,0	2,9	11,8	28,0	3,3	25,8	0,0	18,7	6,5	0,8	97,9
RPVC339c	0,0	5,0	27,2	21,1	0,0	16,8	6,2	13,7	6,3	1,1	97,5
UB VC 70D	0,0	6,8	20,5	20,8	0,0	26,0	4,5	14,4	4,5	0,4	97,9
UBVC369	3,8	12,6	23,6	14,8	0,0	14,2	20,2	0,0	6,8	1,5	97,4
MR VC 23B(CJF)	0,0	9,2	25,5	16,9	0,0	18,8	3,5	15,6	7,5	1,3	98,3
VC VC 21a	0,0	3,7	27,2	27,5	0,0	7,6	17,8	7,5	4,1	2,4	97,8

Nota: abreviaturas: Qz – Quartzo; Or – Ortoclasio; Ab – Albita; Na – Anortita; Nph – Nefelina; Di – Diopsídio; Hyp – Hipertênio; Ol – Olivina; Ilm – Ilmenita; Ap – Apatita.
[a] uma amostra do Complexo Juiz de Fora (CJF);
valores de concentrações em %.
Fonte: O autor, 2018.

Tabela 9 – Valores de razões diversas, entre elementos traços incompatíveis de diferentes coeficientes de partição, de 16 amostras de metabasitos do Complexo Mantiqueira.

Amostra	SiO2	Ti (ppm)	Rb/ Sr	Zr/ Y	Ce/ Y	Ba/ Nb	La/ Nb	La/ Yb	Ti/ Zr	Ti/ Y	Ba/ La	Zr/ Nb	Nb/ Y	LaN/ YbN	LaN/ SmN	EuN/ YbN	Eu/ Eu*
VC- VC- 19B	52,14	5234	0,08	2,50	0,95	39	3	4	87	218	15	15	0,17	2,8	2,1	1,1	0,8
ER- VC- 141	49,39	8009	0,03	3,00	1,13	45	3	5	103	308	17	13	0,23	3,7	2,0	1,2	0,8
RP-VC-378b	52,18	5569	0,14	4,17	1,86	501	7	7	74	309	73	38	0,11	4,4	1,8	1,9	0,9
RP- VC- 111b	48,52	22925	0,04	6,29	1,47	6	1	7	89	559	6	10	0,66	4,5	2,0	1,7	0,8
RP- VC- 111c	50,08	19262	0,10	6,45	1,59	8	1	7	68	438	7	11	0,61	4,6	2,1	1,6	0,8
UB- VC- 149	49,65	20245	0,09	4,84	1,19	101	1	6	84	405	81	9	0,54	4,4	2,3	1,4	0,8
ER-VC-156	50,39	15311	0,34	5,51	1,78	53	3	7	68	373	16	23	0,24	4,8	2,6	1,4	0,9
RP-VC-106	49,17	11912	0,02	5,80	1,77	20	1	8	103	596	14	11	0,55	5,2	2,0	2,2	1,1
UB-VC-168c	49,78	11930		6,32	1,79	14	1	7	86	542	10	11	0,59	4,8	2,3	2,0	1,0
RP- VC- 103c	46,11	18914	0,01	8,27	2,30	5	1	10	69	573	5	9	0,91	6,6	2,8	2,1	1,0
UB- VC- 150a	43,61	20647	0,01	5,88	1,92	4	1	7	140	826	7	4	1,32	4,6	2,0	2,0	1,0
RP-VC-339c	47,31	19789	0,02	8,62	2,92	10	1	14	88	761	9	8	1,12	9,2	2,6	3,3	1,1
UB-VC-369(*)	51,86	21654	0,00	8,17	2,68	24	2	12	65	528	13	12	0,68	7,2	2,6	1,9	0,9
MR- VC- 23b(CJF)	47,76	23712		9,13	2,50	16	1	11	65	593	15	9	1,00	8,3	2,6	2,3	1,0
UB- VC- 70d	48,34	14190	0,04	4,43	0,83	47	1	3	114	507	37	16	0,29	2,1	1,4	1,3	0,9
VC- VC- 21a	48,79	12985	0,06	10,09	4,63	21	4	23	37	371	5	19	0,54	15,8	4,2	2,5	0,9

Nota: -uma amostra do Complexo Juiz de Fora (CJF).
Fonte: O autor, 2018.

Tabela 10 - Resumo da classificação litogeoquímica e de discriminação tectôncia de 16 amostras de metabasitos do Complexo Mantiqueira.

AMOSTRA	OCORRÊNCIA	ENCAIXANTE	TiO_2 (%)	CLASSIFI-CAÇÃO	DISCRIMI-NAÇÃO TECTÔNICA
VC- VC- 19b	banda espessa(?)	Hbn gnaisse	0,9	toleitica	IAT-MORB
ER- VC- 141	bandas delgadas	saprolito	1,3	toleitica	CAB-IAT
RP-VC-378b	enclaves estirados	Hbn gnaisse migmatitico	0,9	toleitica	CAB-IAT
RP- VC- 111b	corpo espesso	Hbn gnaaisse	3,8	toleítica	intraplaca
RP- VC- 111c	corpo espesso	Hbn gnaaisse	3,2	toleítica	intraplaca
UB- VC- 149	dique semi discordante	saprolito	3,4	toleítica	intraplaca
ER-VC-156	corpo espesso	Hbn Bt gnaisse	2,6	toleítica	intraplaca
RP-VC-106	principal	//////////////////	2,0	toleítica	intraplaca
UB-VC-168c	blocos (principal)	//////////////////	2,0	toleítica	intraplaca
RP-VC-103c	bandas, lentes,enclaves	Hbn gnaisse migmatitico	3,9	basalto alcalina	intraplaca
UB- VC- 150a	banda espessa	saprolito	3,4	basalto alcalina	intraplaca
RP-VC-339c	lentes estiradas	Hbn gnaaisse	3,3	basalto alcalina	intraplaca
UB-VC-369 (*)	corpo espesso	///////////////////	3,6	toleítica	intraplaca
MR- VC- 23b(CJF)	banda métrica	Hbn gnaisse migmatitico	4,0	basalto alcalina	intraplaca
UB- VC- 70d	banda métrica	´Hbn gnaisse	2,4	toleítica	intraplaca
VC- VC- 21a	banda tabular métrica	Hbn gnaaisse	2,2	Basalto andesítica	intraplaca

Nota: -uma amostra do Complexo Juiz de Fora (CJF).
Fonte: O autor, 2018.

Tabela 11 - Valores analíticos, elementares e isotópicos, medidos e calculados de 8 amostras de metabasitosdo Complexo Mantiqueira.

AMOSTRA	Rb (ppm) ACTLAB	Sr (ppm) ACTLAB	Sm (ppm) LAGIR	Nd (ppm) LAGIR	Rb/ Sr	Sm/ Nd	87Rb/ 86Sr (calc)	187Sr/ 86Sr (med)	147Sm/ 144Nd (med)	143Nd/ 144Nd (med)
VC-VC-19b	13	159	3,4	12,8	0,081761	0,265625	0,2362893	0,708092	0,158129	0,512058
RP-VC-111b	8	192	9,3	38,6	0,041667	0,240933	0,1204167	0,706068	0,145659	0,512486
RP-VC-106	6	263	4,6	19	0,022814	0,242105	0,0659316	0,705213	0,145154	0,512489
RP-VC-103c	2	283	8,2	38,6	0,007067	0,212435	0,020424	0,706464	0,128149	0,512292
UB-VC-369	58	454	11,6	55,5	0,127753	0,209009	0,369207	0,000005	0,126500	0,512383
MR-VC-23b (CJF)	16	363	11,2	53,1	0,044077	0,210923	0,1273829	0,711713	0,127388	0,512231
UB-VC-70d	8	220	4,8	16,1	0,036364	0,298137	0,1050909	0,706182	0,180003	0,512508
VC-VC-21a	3	647	12,6	76,2	0,004637	0,165354	0,0134003	0,703626	0,100079	0,510754

AMOSTRA	T_{DM}Nd	T_{CHUR}Nd	*f* (147Sm/144Nd) -	εNd(0)	(t) assumido Ga	147Sm/ 144Nd (t)	143Nd/ 144Nd(t)	(87Rb/ 86Sr)(t)	(87Sr/ 86Sr)(t)	εNd(t)	εNd (T_{DM})
VC-VC-19b	2,4	2,29	-0,20	-11,30	2	0,160840816	0,5093462	0,2451762	0,6992052	2	1
RP-VC-111b	1,2	0,46	-0,26	-3,00	0,66	0,146289081	0,5118559	0,1215505	0,7049342	1	5
RP-VC-106	1,2	0,45	-0,26	-2,90	0,66	0,145781897	0,5118611	0,0664957	0,7030052	1	5
RP-VC-103c	1,3	0,77	-0,35	-6,80	0,66	0,128703338	0,5117377	0,0206515	0,7062717	-1	5
UB-VC-369	1,1	0,6	-0,35	-7,9	0,66	0,127219109	0,5117194	0,3737793	0,7023708	1	5
MR-VC-23b (CJF)	1,4	0,9	-0,36	-5	0,66	0,127939046	0,5115628	0,1285824	0,7105136	-2	4
UB-VC-70d	2,1	1,20	-0,08	-2,50	2,1	0,182492216	0,5100188	0,1082719	0,7030010	2	2
VC-VC-21a	2,9	2,96	-0,49	-36,70	2,7	0,10186189	0,5090377	0,0139241	0,7046893	-5	-1

Nota: -uma amostra do Complexo Juiz de Fora (CJF).
Fonte: O autor, 2018.Fonte.

4.2.2 Complexo Juiz de Fora

4.2.2.1 Litogeoquímica

Foram realizadas de metabasitos do Complexo Juiz de Fora 18 análises de geoquímica elementar (litogeoquímica) (Tabelas 5.8, 5.9, 5.10). São de amostras, maior parte de composição básica e menor número básica-intermediária (basalto-andesítica), representantes de granulitos máficos subordinados, em meio aos granulitos félsicos (básicos-intermediários), e principal, com texturas metamórficas, nematoblástica, e milonítica.

4.2.2.1.1 Classificação em séries e afinidades magmáticas

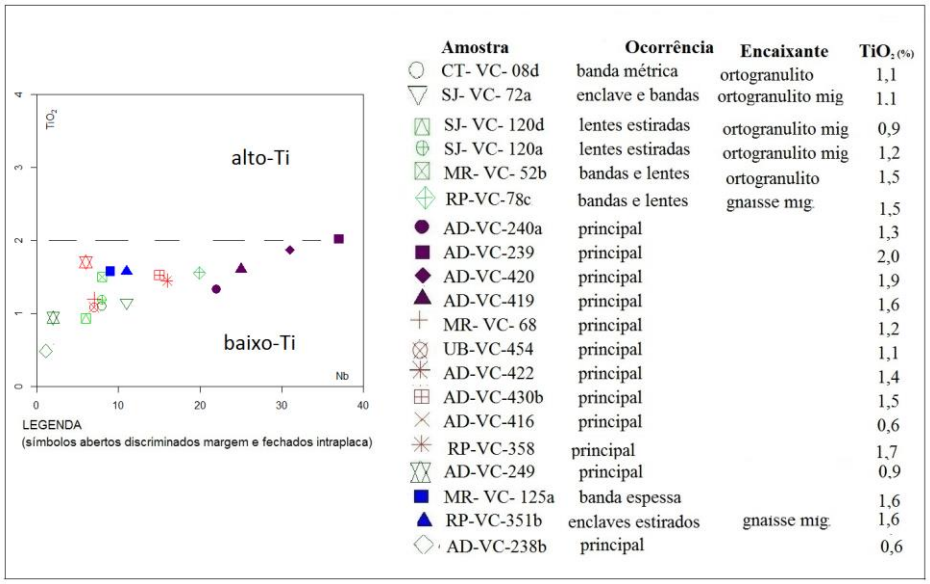
O percentual de SiO_2 variam entre 45,3% e 54%, de MgO entre 3,9-14,6% e Mg# entre 0,26-0,63. Na separação com relação ao percentual de TiO2, são todas abaixo ou em torno de 2%, sendo que o mais baixo é de 0,6% (Tabela 50, Fig 31).

Na classificação quanto às grandes séries de cristalização magmática, no diagrama SiO_2 *versus* Na2O+K2O (TAS de Cox *et al* 1979), são maior parte francamente subalcalinas e algumas plotadas no limite subalcalino-alcalino (Fig 32a).

Com o objetivo de corroborar a classificação acima, no diagrama Nb/Ti versus Zr/Ti (Pearce 1996), maior parte são classificadas como basalto, parte como basalto alcalino,com algumas como basalto-andesito (Fig 32b). Com objetivo de corroborar com essa classificação, também foi feito cálculo composição mineral normativa CIPW (Tabela 15)

Na classificação quanto ao tipo de afinidade magmática, nos diagramas Na_2O-K_2O-FeO-MgO (AFM) de Irvine e Baragar (1971), são maior parte classificadas como toleíticas, com algumas poucas como calcioalcalinas (Fig 32c), assim como diagrama SiO_2 *versus* FeO/MgO, de Miyashiro (1974), plotam no campo toleítico e no limite calcioalcalino (Fig 32d). Destaque para duas amostras, relativamente ricas em MgO, que no diagrama Al-Fe^T+Ti-Mg, de Jensen (1976), plota no campo dos komatiítos (Fig 33).

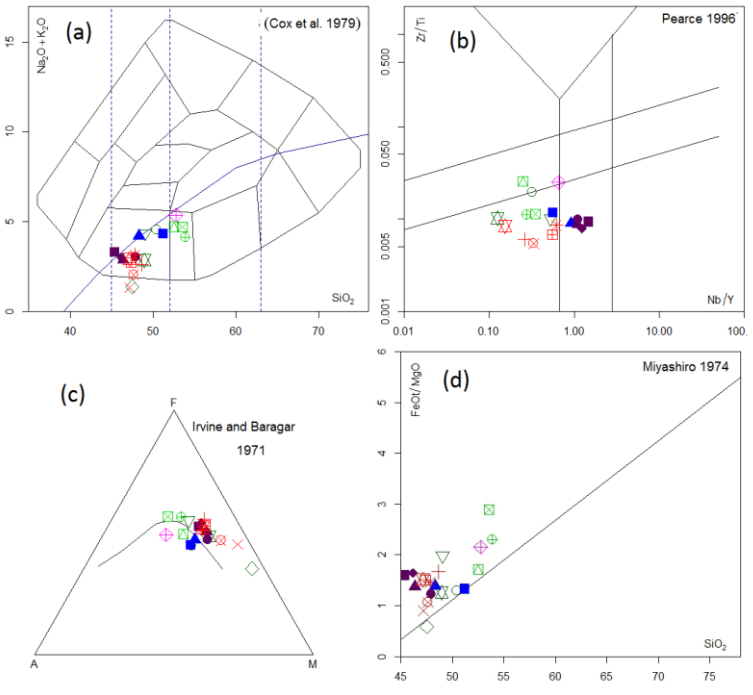
Figura 31 – Diagrama binário, Nb *versus* TiO_2, utilizado para representar separação entre de baixo-Ti e alto-Ti, das 20 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (granulitos máficos e miloníticos), do Complexo Juiz de Fora.



Amostra	Ocorrência	Encaixante	TiO_2 (%)
CT- VC- 08d	banda métrica	ortogranulito	1,1
SJ- VC- 72a	enclave e bandas	ortogranulito mig	1,1
SJ- VC- 120d	lentes estiradas	ortogranulito mig	0,9
SJ- VC- 120a	lentes estiradas	ortogranulito mig	1,2
MR- VC- 52b	bandas e lentes	ortogranulito	1,5
RP-VC-78c	bandas e lentes	gnaisse mig	1,5
AD-VC-240a	principal		1,3
AD-VC-239	principal		2,0
AD-VC-420	principal		1,9
AD-VC-419	principal		1,6
MR- VC- 68	principal		1,2
UB-VC-454	principal		1,1
AD-VC-422	principal		1,4
AD-VC-430b	principal		1,5
AD-VC-416	principal		0,6
RP-VC-358	principal		1,7
AD-VC-249	principal		0,9
MR- VC- 125a	banda espessa		1,6
RP-VC-351b	enclaves estirados	gnaisse mig	1,6
AD-VC-238b	principal		0,6

Fonte: O Autor, 2018.

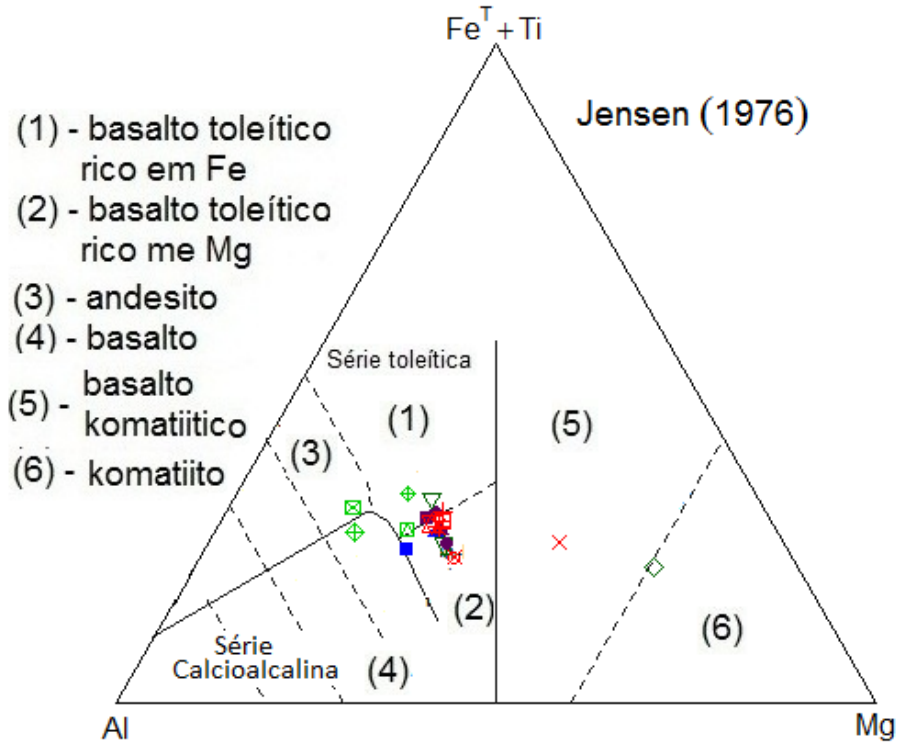
Figura 32 – Diagramas de classificação das 20 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (granulitos máficos e miloníticos), do Complexo Juiz de Fora



(a) TAS de Cox *et al* 1979 (SiO_2 *versus* $Na_2O + K_2O$); (b) Nb/Y *versus* Zr/Ti (Winchester e Floyd 1977, modificado por Pearce 1996); (c) AFM (A – $Na_2O + K_2O$; F – $FeO + Fe_2O_3$; M - MgO), de Irvine e Baragar (1971); (d) SiO_2 *versus* FeO(t)/MgO (Myashiro 1974)

Fonte: O Autor, 2018.

Figura 33 – Diagrama de classificação, com base no diagrama ternário Al-Fe(T)+Ti-Mg, das 20 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (granulitos máficos e miloníticos), do Complexo Juiz de Fora.



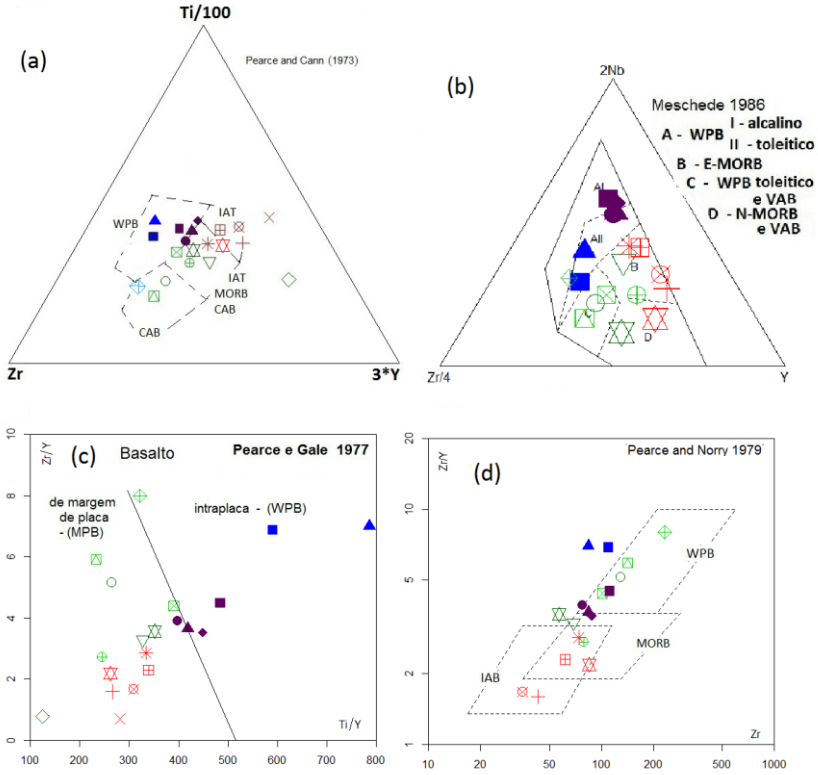
Nota: Diagrama ternário Al-Fe(T)+Ti-Mg de Jensen, 1976.
Fonte: O Autor, 2018.

4.2.2.1.2 – Discriminação de ambiente tectônico

Os metabasitos no Complexo Juiz de Fora, todos de baixo-Ti, nos diagramas Ti-Zr-Y (Pearce e Cann 1973), Nb-Zr-Y (Meschede 1986) e Zr versus Zr/Y (Pearce e Norry 1979), Zr versus Zr/Y (Pearce e Gale 1977) (Fig 34a, b, c d), são discriminados do tipo IAT, CAB, MORB, N-MORB, relacionados a ambiente divergente (de margem de placa). Nos diagramas Ti-Zr-Sr (Pearce e Cann 1973) e Ti-Mn-P (Mullen 1983) (Fig 35a, b), são maior parte discriminados do tipo MORB e IAT, contudo com um pequeno número discriminado ou do campo do CAB. O conjunto de amostras classificadas

Também é discriminado como intraplaca continental, conjunto bem definido de amostras, classificadas no limite alcalino-subalcalino, no diagrama TAS (Fig 34a), e como basalto alcalinas, no diagrama Nb/Y versus Zr/Ti (Fig 34b). As mesmas são representantes de litotipo principal e relacionadas em campo com outro conjunto também bem definido do tipo MORB. Um resumo da classificação e discriminação tectônica é apresentada na Tabela 18.

Figura 34 – Diagramas de discriminação de ambiente tectônico de 20 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (granulitos máficos e miloníticos), do Complexo Juiz de Fora.

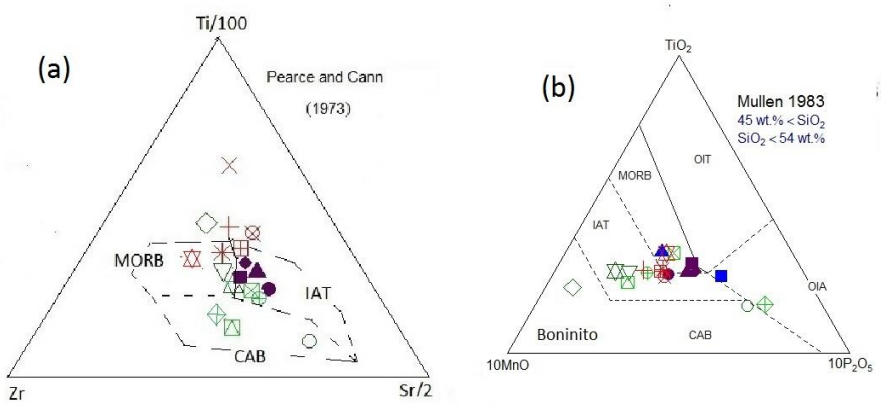


(a) - Zr-Ti-Y; b) Zr-T-Sr (Pearce e Cann 1973); (b) Zr-Nb-Y (Meschede 1986); (c) Ti/Y-Zr-Y (Pearce e Gale 1977); (d) Zr-Zr/Y (Pearce e Norry 1979).

Nota: Abreviaturas: WPB – Basalto intra-placa; CAB – Basalto Calcioalcalino; IAT – Toleíto de Arco de Ilhas; VAB – Basalto de Arco Vulcânico; MORB – *Mid Ocean Ridge Basalts*; N-MORB – *Normal - Mid Ocean Ridge Basalts,* E-MORB – *Enriched -Mid Ocean Ridge Basalt*; OIT – *Ocean Islands Tholeites* (Toleíto de Ilhas Oceânicas); OIA – *Ocean Islands Alkalines* (Basaltos Alcalinos de Ilhas Oceânicas).

Fonte: O autor, 2018.

Figura 35 – Diagramas de discriminação de ambiente tectônico de 20 amostras de de rochas metabásicas, de composição basáltica (granulitos máficos e miloníticos), do Complexo Juiz de Fora.



(a) - Zr-Ti-Y; b) Zr-T-Sr (Pearce e Cann 1973); **(b)** Mn-Ti-P (Mullen 1983).

Nota: Siglas: WPB – Basalto intra-placa; CAB – Basalto Calcioalcalino; IAT – Toleíto de Arco de Ilhas; VAB – Basalto de Arco Vulcânico; MORB – *Mid Ocean Ridge Basalts*; N-MORB – *Normal - Mid Ocean Ridge Basalts,* E-MORB – *Enriched - Mid Ocean Ridge Basalt*; OIT – Toleíto de Ilhas Oceânicas; OIA – Basaltos Alcalinos de Ilhas Oceânicas)

Fonte: O autor, 2018.

4.2.2.1.3 – Assinatura geoquímica, com base nos padrões de distribuição de ETR e outros elementos incompatíveis

As amostras de metabasitos do Complexo Juiz de Fora, todas de baixo-Ti, com base em diagramas do tipo Harker e multielementares, de distribuição normalizados, de ETR (normalizados pelo condrito) e demais elementos incompatíveis (normalizados pelo MORB e pelo Manto Primitivo) (Fig 36, 37, 38, 39), são separadas em cinco grupos geoquímicos (três relativamente bem representados), corroborando a classificação e discriminação feitas nos itens anteriores. Para definição desses grupos, também foram analisadas razões diversas entre elementos (Tabela 16).

O primeiro grupo é composto por seis amostras toleíticas de baixo-Ti, representantes de metabasitos subordinados (pequenos corpos), de composição que varia de básica a básica-intermediaria (basalto-andesítica) (discriminadas do tipo IAT e CAB). O padrão de distribuições de ETR é caracterizado pelo moderado a forte enriquecimento em ETR leves, que varia de acordo com a composição, algumas amostras com leve anomalia negatia de Eu* [(La/Yb)N = 4 a 10; Eu/Eu* = 1,0-0,9] (Tabela 16; Fig 36a). Os metabasitos deste grupo são interpretados como membros menos evoluídos das séries calcioalcalinas de arco magmático do Complexo Juiz de Fora.

O segundo grupo é composto por quatro amostras referidas como “basalto-alcalinas”, não obstante serem de baixo-Ti, representantes de metabasitos como litotipo principal ou único (grandes corpos) (discriminados intraplaca continental). O padrão de distribuição de ETR é moderado em ETR leves [(La/Yb)N = 4 a 6] (Tabela 16; Fig 36b), em parte similar ao primeiro grupo, não fosse outros aspectos poderiam compor mesmo agrupamento. O diagrama de distribuição multielementar, normalizado pelo MORB (Pearce 1983) (Fig 37b), apresenta um padrão muito bem definido, similar ao descrito para derrames de basaltos continentais (CFB) da Serra Geral (Bacia do Paraná), Decan e Snake River Plain (Fig 10.17, página 308, Wilson 1989). Também destaque para diagrama de distribuição multielementar, normalizado pelo Manto Primitivo (Sun e McDonough 1989), com padrão muito bem definido (Fig 38b).

O terceiro grupo é composto por seis amostras referidas toleíticas de baixo-Ti, do tipo MORB, representantes de metabasitos como litotipo principal ou único (grandes corpos) (discriminados de ambiente divergente). O padrão de distribuição de ETR é horizontalizado,

com destaque para amostra com acentuado empobrecimento em ETR leves [(La/Yb)N = 1 a 2] (Tabela 16; Fig 36c).

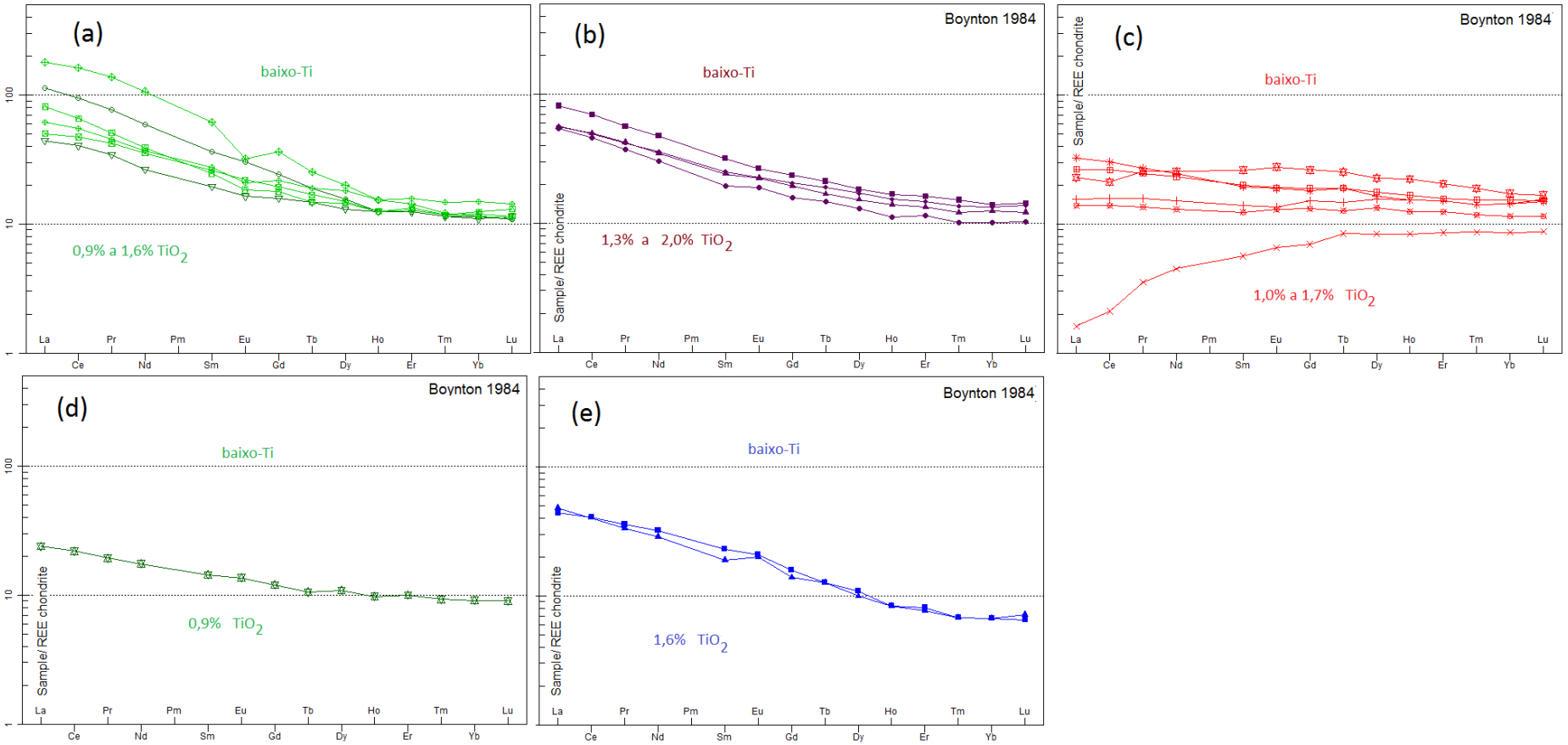
Os metabasitos do segundo e do terceiro grupo no campo ocorrem inseridos em mesmo trend. Não obstante a clara separação entre estes, evidente na discriminação tectônica e diagramas multielementares, demais parâmetros, com destaque para geoquímica isotópica, indicam serem associados a mesma fonte petrogenética.

O quarto grupo é composto por uma única amostra toleítica de baixo-Ti, representante de metabasito como litotipo principal ou único (grandes corpos) (discriminada como IAT). O padrão de distribuição de ETR é próximo a horizontal, com leve enriquecimento em ETR leves, sem anomalia de Eu* [(La/Yb)N = 2,6; Eu/Eu* = 1] (Tabela 16; Fig 36d). Com padrão geoquímico e modo de ocorrência similar aos das amostras do terceiro grupo, do tipo MORB, porém discriminada do tipo IAT, igual ao primeiro grupo, e com valores isotópicos distintos, é "agrupada" separadamente.

O quinto grupo é composto por duas amostras de afinidades alcalina e calcioalcalina de baixo-Ti, representante de metabasito como litotipo subordinado (pequenos corpos) e como litotipo principal (grande corpo) (discriminadas como intraplaca continental). O seus padrões de distribuição de ETR são muito similares entre si (praticamente coincidentes), caracterizado por enriquecimento moderado em ETR leves, com anomalia positiva de Eu* [(La/Yb)N ~ 7; Eu/Eu* = 1,2] (Tabela 16; Fig 36e).

Nos diagramas binários (Harker), MgO versus elementos maiores e traços selecionados (Fig 39), principalmente, corroboram parte das separações feitas pelos diagramas de ETR. As amostras do tipo IAT, do primeiro grupo, plotam maior parte separadas das basalto alcalinas e do tipo MORB (de ambientes divergentes), do segundo e terceiro grupo. As amostras do tipo CAB em menor número do primeiro grupo, mais enriquecidas em ETR leves, também plotam separadas, similares à amostra do quinto grupo do Complexo Mantiqueira. A amostra do quarto grupo plota entre amostras do primeiro e segundo grupo, tornando ambígua a sua associação com um destes. As duas amostras intraplaca continental, do quinto grupo, plotam quase invariavelmente juntas e em meio às amostras do primeiro e segundo grupo, de margem de placa, e separadas das amostras do terceiro grupo, também intraplaca continental.

Figura 36 – Diagramas de distribuição de Elementos Terras Raras (ETR), normalizados pelo condrito de 20 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (granulitos máficos e miloníticos), do Complexo Juiz de Fora.

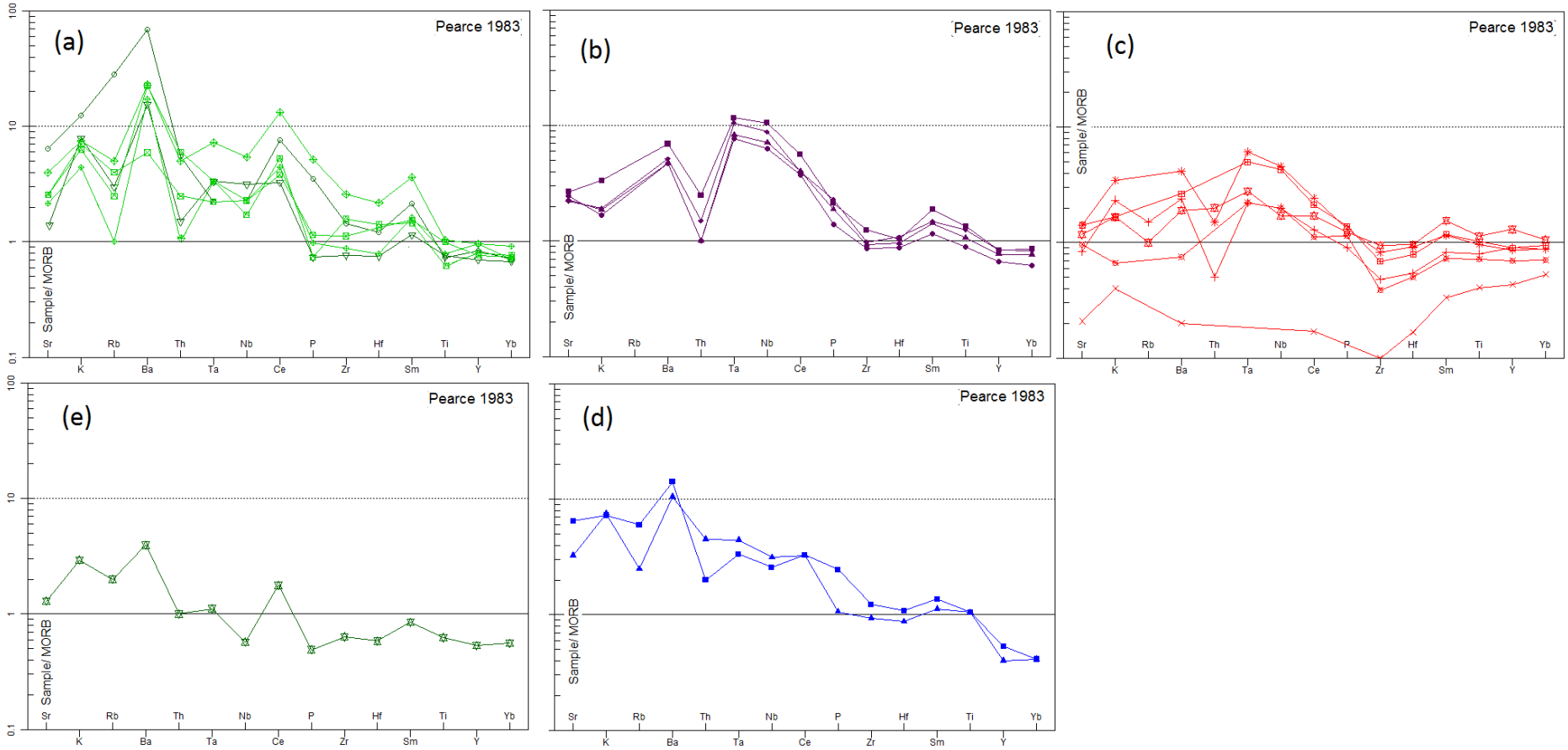


(a) toleíticas e uma calcioalcalina, de baixo-Ti do tipo IAT e uma do tipo CAB; (b) alcalinas de baixo-Ti intraplaca; (c) toleíticas baixo-Ti do tipoMORB e (d) calcioalcalina de baixo-Ti intraplaca.

Nota: normalizados pelo condrito de Boyinton, 1984.

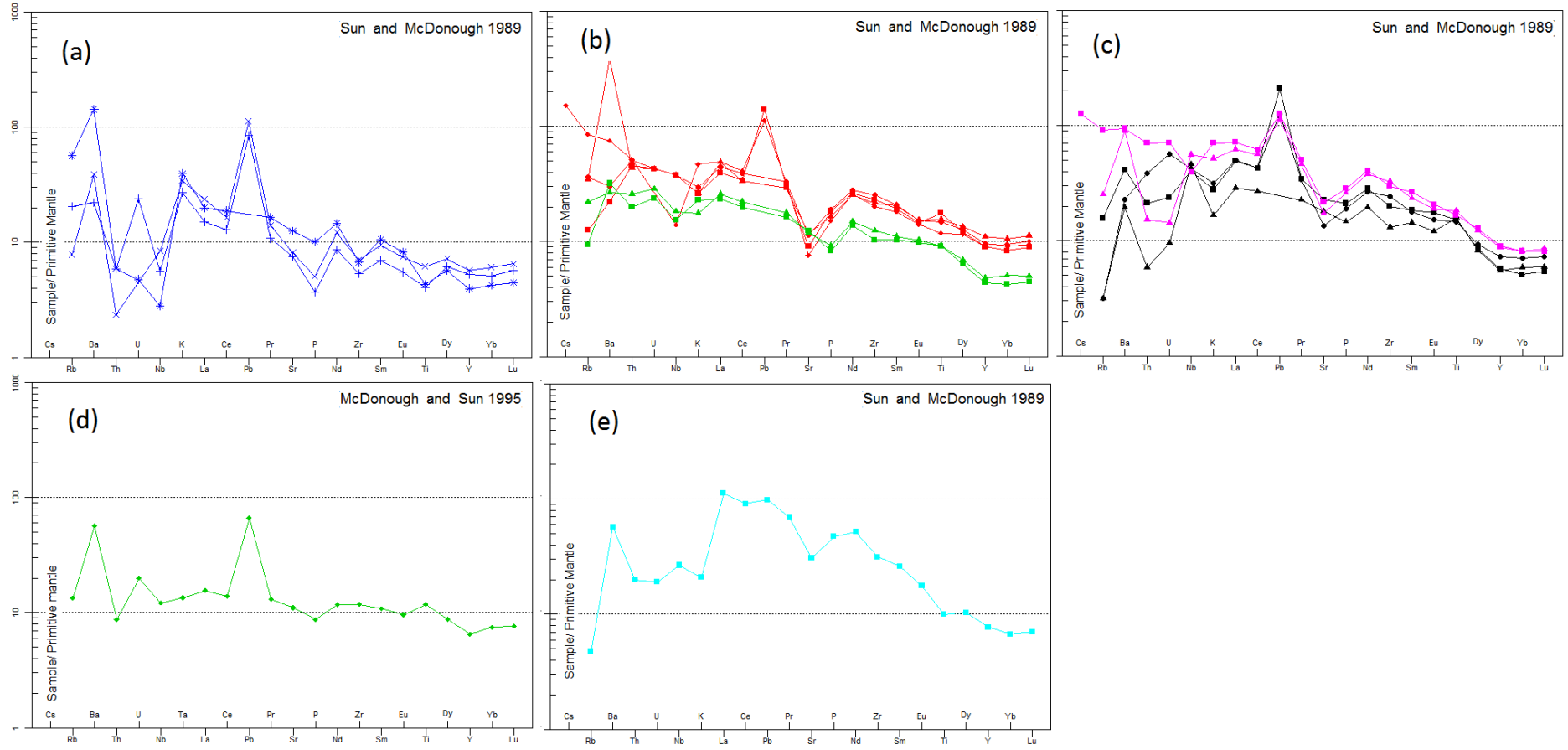
Fonte: O autor, 2018.

Figura 37 – Diagramas de variação multielementar, de elementos mais e menos incompatíveis, normalizados pelo MORB (Pearce 1983), de 20 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (granulitos máficos e miloníticos), do Complexo Juiz de Fora.



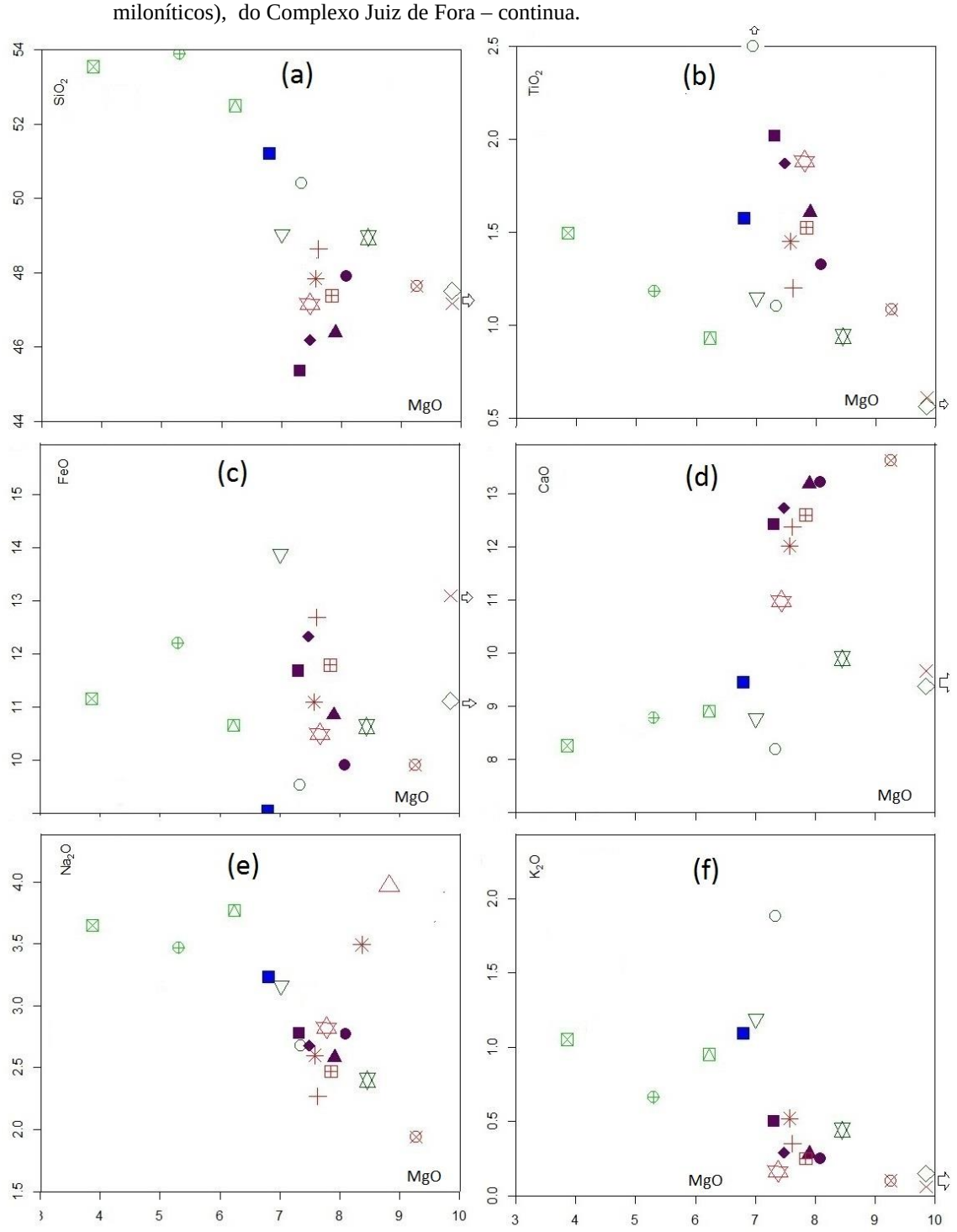
a);b);c);d). [Descrições na Fig. 36].
Nota: normalizados pelo MORB de Pearce, 1983.
Fonte: O Autor, 2018.

Figura 38 – Diagramas de variação multielementar, de elementos mais e menos incompatíveis, normalizados pelo Manto Primintivo de 20 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (granulitos máficos e miloníticos), do Complexo Juiz de Fora.



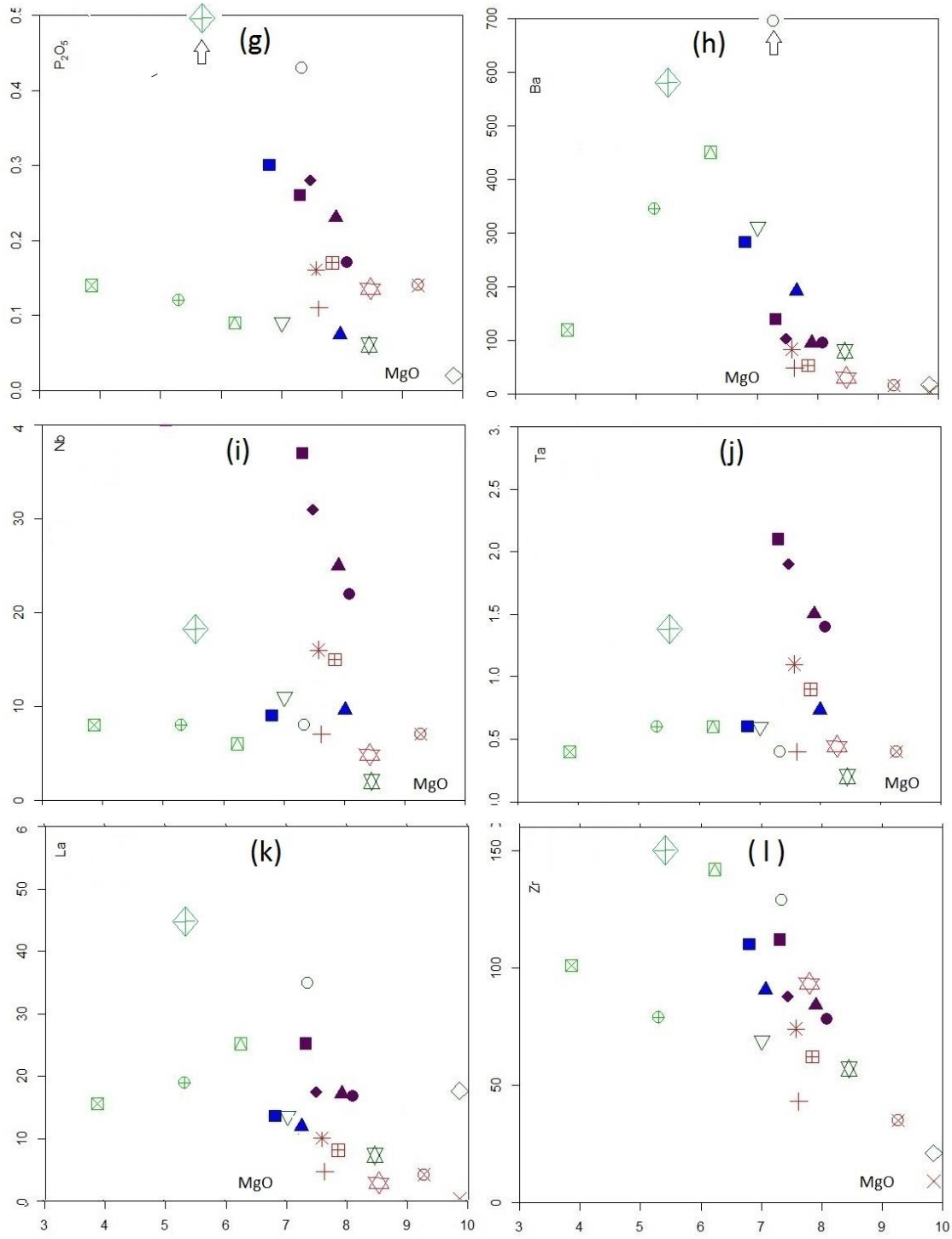
a);b);c);d). [Descrições na Fig. 36].
Nota: normalizados pelo Manto Primitivo de Sun e Mc Donough 1989.
Fonte: O Autor, 2018.

Figura 39 – Diagramas binários do tipo Harker de MgO *versus* elementos maiores e traços selecionados, de 20 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (granulitos máficos e miloníticos), do Complexo Juiz de Fora – continua.



Fonte: O Autor, 2018.

Figura 39 – Diagramas binários do tipo Harker de MgO *versus* elementos maiores e traços selecionados, de 20 amostras de rochas metabásicas, de composição basáltica (granulitos máficos e miloníticos), do Complexo Juiz de Fora. conclusao.



Fonte: O Autor, 2018.

4.2.2.2 Geoquímica Isotópica

Foram feitas 13 análises de geoquímica isotópica Sr-Nd, com representantes dos cinco grupos litogeoquímicos separados do Complexo Mantiqueira (Tabela 18).

Do primeiro grupo de seis amostras são feitas duas análises com valores de idade modelo (T_{DM}Nd) do Neoarqueano (2,6 e 2,8 Ga) e de εNd(2,1 Ga) negativos (-5) e $^{87}Sr/^{86}Sr$(2,1Ga) moderado (0,706) do tipo IAT (0,706) e muito alto (0,713) do tipo CAB. Uma terceira amostra, com alto teor de MgO, classificada como komatiito, também apresentou valores isotópicos em grande parte similare, à exceção da razão $^{87}Sr/^{86}Sr$(2,1 Ga), que é baixa (0,702) (Tabela 18).

Do segundo e terceiro grupo, basalto alcalino e toleítico do tipo MORB, foram feitas quatro e cinco análises, respectivamente. Os valores de idade modelo T_{DM}Nd do são do limite Esteniano-Toniano (1,0-0,9 Ga), εNd(0,66 Ga) positivos (+4 a +6), levemente inferiores para o grupo de basalto alcalino, e $^{87}Sr/^{86}Sr$(0,66 Ga) baixos (0,703) (Tabela 18). Ao grupo toleítico do tipo MORB é acrescido uma amostra do Complexo Mantiqueira.

Do quarto grupo, litoripo principal, toleítico do tipo IAT, foi obtido valor de idade modelo (T_{DM}Nd) do Riaciano (2,1 Ga), εNd(2,1 Ga) levemente positivo (+1) e $^{87}Sr/^{86}Sr$(2,1 Ga) relativamente alto (0,707).

Do quinto grupo, calcioalcalina, discriminada intraplaca continental, foi obtido valor de idade modelo (T_{DM}Nd) do Calaminiano (1,5 Ga), εNd(0,66 Ga) negativo (-4) e $^{87}Sr/^{86}Sr$(0,66 Ga) relativamente alto (0,707) (Tabela 18).

São também representados os diagramas de evolução de $\varepsilon Nd_{(t)}$ ao longo do tempo (Fig 40b) e do alinhamento do manto (*mantle array*) $\varepsilon Nd_{(t)}$ *versus* $^{87}Sr/^{86}Sr_{(t)}$ (Fig 41b), que relaciona aos tipos de fontes. Neste diagrama, as amostras dos grupos 2, 3 e 5, de idades modelo T_{DM}Nd menores que 1,8 Ga, plotam no quadrante de fontes mais empobrecidas, seja do tipo MORB ou OIB; as amostras do Grupo 1 e a amostra do Grupo 4, com idades modelo T_{DM}Nd e U-Pb maiores, plotam de forma bastante dispersa, no quadrante mais enriquecido.

Tabela 12- Valores analíticos, de elementos maiores e menores, das 20 amostras de metabasitos do Complexo Juiz de Fora.

Amostra	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO	MnO	MgO	Mg#	CaO	Na2O	K2O	P2O5	LOI	Total
CT- VC- 08d	50,41	1,10	16,07	9,53	0,15	7,33	0,43	8,18	2,68	1,88	0,43	0,33	99,15
SJ- VC- 120a	53,90	1,18	13,54	12,20	0,20	5,30	0,30	8,78	3,47	0,66	0,12	-0,16	100,90
SJ- VC- 120d	52,50	0,93	15,09	10,65	0,21	6,23	0,37	8,90	3,77	0,95	0,09	0,06	100,60
MR- VC- 52B	53,55	1,50	16,08	11,15	0,15	3,86	0,26	8,25	3,65	1,05	0,14	-0,05	100,50
SJ- VC- 72a	49,04	1,15	14,57	13,88	0,21	7,01	0,34	8,77	3,16	1,19	0,09	0,05	100,70
RP- VC- 78C	52,73	1,56	16,46	9,34	0,16	4,33	0,32	7,19	4,24	1,12	0,63	0,57	99,36
AD-VC-240a	47,91	1,33	14,40	9,91	0,20	8,09	0,45	13,22	2,77	0,25	0,17	0,52	99,87
AD-VC-239	45,36	2,02	15,35	11,68	0,21	7,31	0,38	12,42	2,78	0,50	0,26	0,37	99,55
AD-VC-420	46,19	1,87	14,73	12,33	0,21	7,48	0,38	12,73	2,68	0,29	0,28	0,46	100,60
AD-VC-419	46,37	1,60	14,68	10,84	0,20	7,90	0,42	13,19	2,58	0,28	0,23	0,38	99,47
MR- VC- 68	48,63	1,20	14,25	12,69	0,20	7,62	0,38	12,38	2,27	0,35	0,11	-0,13	101,00
UB-VC-454	47,63	1,08	15,48	9,90	0,18	9,26	0,48	13,63	1,94	0,10	0,14	0,32	100,80
AD-VC-422	47,83	1,45	14,52	11,09	0,21	7,57	0,41	12,02	2,60	0,52	0,16	0,27	99,49
AD-VC-430b	47,38	1,53	14,62	11,79	0,23	7,84	0,40	12,60	2,47	0,25	0,17	0,36	100,60
AD-VC-416	47,17	0,61	11,77	13,09	0,25	14,58	0,53	9,66	1,25	0,06	< 0.01	0,35	100,20
RP-VC-358(CMANT)	47,15	1,70	14,90	11,20	0,19	7,40	0,40	11,09	2,67	0,25	0,15	0,90	98,83
AD-VC-249	48,95	0,94	15,33	10,63	0,19	8,45	0,44	9,89	2,40	0,44	0,06	0,24	98,70
MR- VC- 125a	51,20	1,57	16,01	9,03	0,15	6,80	0,43	9,44	3,23	1,09	0,30	0,46	100,30
RP-VC-351b	48,31	1,57	14,66	10,41	0,18	7,54	0,42	9,80	3,05	1,13	0,13	0,94	98,87
AD-VC-238b	47,51	0,56	7,56	11,11	0,18	19,09	0,63	9,37	1,22	0,15	0,02	0,68	98,70

Nota: Análise pacote 4Litho (ICP e ICP-MS), Actlabs Laboratories.
valores de concentrações em % de massa de óxido).
uma do Complexo Mantiqueira (CMANT).

Fonte: O autor, 2018.

Tabela 13 - Valores analíticos, de elementos traços, das 20 amostras de metabasitos no Complexo Juiz de Fora

Amostra	Ti	Zr	Nb	Ta	V	Hf	Th	U	K	Ba	Sr	Rb	Cs	Pb	Sc	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	V	Mo	W
CT- VC- 08d	6600	129	8	0,4	181	2,9	1,1	0,3	15606	1392	775	57	< 0.5	8	24	380	40	90	80	110	181	< 2	35
SJ- VC- 120a	7098	79	8	0,6	293	1,9	0,2	< 0.1	5479	345	259	2	< 0.5	6	40	120	60	70	110	140	293	< 2	42
SJ- VC- 120d	5580	142	6	0,6	246	3,4	1,2	0,2	7886	451	307	5	< 0.5	9	34	250	51	90	50	120	246	< 2	54
MR- VC- 52B	8976	101	8	0,4	319	3,2	0,5	0,2	8716	119	307	8	< 0.5	6	26	30	47	60	30	110	319	< 2	89
SJ- VC- 72a	6882	69	11	0,6	292	1,8	0,3	0,1	9878	311	159	6	< 0.5	5	41	280	57	120	30	140	292	< 2	45
RP- VC- 78C	9330	232	19	1,3	180	5,2	1	0,3	9297	459	477	10	9	< 0.5	21	30	34	40	40	130	180	< 2	51
AD-VC-240a	7956	78	22	1,4	279	2,1	0,2	< 0.1	2075	95	296	2	< 0.5	< 5	40	70	51	70	70	100	279	3	188
AD-VC-239	12018	112	37	2,1	345	2,5	0,5	0,2	4151	139	322	2	< 0.5	< 5	38	80	51	60	110	100	345	< 2	< 1
AD-VC-420	11220	88	31	1,9	368	2,6	0,3	< 0.1	2407	103	264	2	< 0.5	< 5	42	< 20	64	50	110	90	368	< 2	105
AD-VC-419	9624	84	25	1,5	310	2,3	0,2	< 0.1	2324	94	272	2	< 0.5	< 5	40	90	53	80	70	80	310	< 2	42
MR- VC- 68	7188	43	7	0,4	355	1,3	0,1	< 0.1	2905	48	100	3	< 0.5	< 5	48	80	60	70	40	100	355	< 2	32
UB-VC-454	6492	35	7	0,4	291	1,2	< 0.1	< 0.1	830	15	116	2	< 0.5	< 5	46	180	55	90	180	70	291	< 2	74
AD-VC-422	8694	74	16	1,1	300	2,2	0,3	0,2	4317	83	170	2	< 0.5	< 5	43	60	58	70	160	90	300	< 2	92
AD-VC-430b	9150	62	15	0,9	331	1,9	< 0.1	< 0.1	2075	53	170	2	< 0.5	< 5	46	30	58	40	100	100	331	< 2	98
AD-VC-416	3654	9	1	< 0.1	296	0,4	< 0.1	< 0.1	498	4	25	2	< 0.5	< 5	48	1030	86	360	110	100	296	< 2	72
RP-VC-358 (CMANT)	10203	85	6	0,5	329	2,3	0,4	0,1	2325	38	141	2	< 0.5	< 5	52	150	45	50	80	60	329	< 2	< 1
MR- VC- 125a	9444	110	9	0,6	188	2,6	0,4	0,2	9048	283	777	12	< 0.5	< 5	20	80	48	130	130	90	188	< 2	41
RP-VC-351b	9432	84	11	0,8	277	2,1	0,9	0,2	9380	211	391	5	5	< 0.5	33	220	49	110	20	60	277	< 2	2
AD-VC-249	5622	57	2	0,2	274	1,4	0,2	< 0.1	3652	79	155	4	< 0.5	41	38	260	49	140	30	70	274	< 2	1
AD-VC-238b	3360	21	1	0.1	189	0,5	< 0.1	< 0.1	1245	17	42	2	< 0.5	< 5	27	1800	90	710	140	60	189	< 2	< 1

Nota: Análise pacote 4Litho (ICP e ICP-MS), Actlabs Laboratories.
Valores de concentrações em ppm.
Uma do Complexo Mantiqueira (CMANT).
Fonte: O autor, 2018.

Tabela 14 - Valores analíticos, de Elementos Terras Raras (ETR), inclusive Sc e Y, das 20 amostras de metabasitos do Complexo Juiz de Fora.

Amostra	Sc	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Soma ETR
CT- VC- 08d	24	25	35	76,6	9,33	35,6	7,1	2,24	6,3	0,9	5	0,9	2,6	0,37	2,4	0,35	234
SJ- VC- 120a	40	29	19	44,3	5,52	22	5,4	1,54	5,6	0,9	5,8	1,1	3,3	0,48	3,1	0,46	188
SJ- VC- 120d	34	24	25,2	53	6,22	23,4	4,8	1,35	4,6	0,7	4,7	0,9	2,8	0,38	2,6	0,42	189
MR- VC- 52B	26	23	15,6	38,2	5,14	21,3	5,1	1,61	5	0,8	4,8	0,9	2,7	0,38	2,5	0,37	153
SJ- VC- 72a	41	21	13,7	32,8	4,21	15,9	3,8	1,21	4,1	0,7	4,2	0,9	2,6	0,37	2,3	0,37	149
RP- VC- 78C	21	29	55,9	132	16,8	63,9	12	2,35	9,4	1,2	6,4	1,1	3	0,39	2,4	0,36	357
AD-VC-240a	40	20	16,8	37,2	4,54	18,2	3,8	1,39	4,1	0,7	4,2	0,8	2,4	0,33	2,1	0,33	157
AD-VC-239	38	25	25,2	56,1	6,88	28,5	6,2	1,95	6,1	1	5,9	1,2	3,4	0,49	2,9	0,46	209
AD-VC-420	42	25	17,5	40,1	5,11	21,4	4,9	1,66	5,3	0,9	5,5	1,1	3,1	0,44	2,8	0,44	177
AD-VC-419	40	23	17,2	40,3	5,17	20,9	4,7	1,64	5	0,8	4,9	1	2,8	0,39	2,6	0,39	171
MR- VC- 68	48	27	4,8	12,8	1,93	9,1	2,7	0,99	3,9	0,7	5	1,1	3,2	0,46	3	0,5	125
UB-VC-454	46	21	4,3	11,2	1,65	7,8	2,4	0,95	3,4	0,6	4,3	0,9	2,6	0,38	2,4	0,37	110
AD-VC-422	43	26	10,1	24,4	3,29	14,7	3,8	1,38	4,7	0,9	5,3	1,1	3,2	0,46	3	0,48	146
AD-VC-430b	46	27	8,2	21,2	3,02	13,9	3,9	1,4	4,9	0,9	5,7	1,2	3,3	0,5	3,2	0,49	145
AD-VC-416	48	13	0,5	1,7	0,43	2,7	1,1	0,48	1,8	0,4	2,7	0,6	1,8	0,28	1,8	0,28	78
RP-VC-358(CMANT)	52	39	7,1	17,1	3,13	15,3	5,1	2,03	6,8	1,2	7,3	1,6	4,3	0,61	3,6	0,54	75
AD-VC-249	38	16	7,4	17,7	2,36	10,5	2,8	1	3,1	0,5	3,5	0,7	2,1	0,3	1,9	0,29	108
MR- VC- 125a	20	16	13,6	33	4,37	19,3	4,5	1,54	4,1	0,6	3,5	0,6	1,7	0,22	1,4	0,21	125
RP-VC-351b	33	12	14,9	32,5	4,08	17,2	3,7	1,46	3,6	0,6	3,2	0,6	1,6	0,22	1,4	0,23	130
AD-VC-238b	27	27	17,7	5,3	4,79	19,1	4,5	1,54	4,9	0,8	4,6	1	2,6	0,36	2	0,29	123

Nota: Análise pacote 4Litho (ICP e ICP-MS), Actlabs Laboratories.
Valores de concentrações em ppm.
Uma do Complexo Mantiqueira (CMANT).

Fonte: O autor, 2018.

Tabela 15 - Valores composição mineral normativa, conforme norma CIPW, calculada para livre de voláteis, para 16 amostras de metabasitos do Complexo Juiz de Fora.

AMOSTRA	Qz	Or	Ab	An	Nph	Di	Hyp	Ol	Ilm	Ap	TOTAL
CT VC 08D	0	11,206	22,872	26,491	0	9,554	13,348	11,871	2,108	1,027	98,477
SJ VC 120a	0,542	3,866	29,1	19,247	0	19,437	23,584	0	2,228	0,282	98,285
SJ VC 120D	0	5,581	31,71	21,318	0	18,285	6,716	12,957	1,757	0,212	98,536
SJ VC 72A	0	6,984	24,879	21,903	0,907	17,319	0	23,811	2,164	0,212	98,179
MR VC 52B	0,441	6,174	30,732	24,269	0	13,137	20,836	0	2,828	0,33	98,747
RP VC 78C	0	6,662	36,109	22,718	0	7,557	17,85	2,895	2,974	1,502	98,265
ADVC240a	0	1,479	17,927	26,153	3,002	31,535	0	15,165	2,523	0,403	98,188
ADVC239	0	2,968	13,283	28,055	5,605	26,583	0	17,177	3,852	0,619	98,142
ADVC420	0	1,704	15,282	27,143	3,933	28,025	0	17,735	3,532	0,659	98,013
ADVC419	0	1,664	14,881	27,795	3,828	30,052	0	16,387	3,064	0,548	98,218
MR VC 68	0	2,048	19,018	27,385	0	27,174	3,429	16,959	2,254	0,258	98,525
UBVC454	0	0,586	16,285	32,971	0	27,168	0,494	18,516	2,04	0,329	98,389
ADVC422	0	3,089	20,253	26,548	1,008	26,715	0	17,521	2,767	0,381	98,282
ADVC430b	0	1,469	18,475	27,899	1,246	27,396	0	18,306	2,88	0,4	98,072
ADVC416	0	0,354	10,556	26,275	0	17,796	32,878	4,27	1,155	0	93,283
RPVC358(CMANT)	0	1,495	22,86	28,263	0	21,829	2,238	17,358	3,272	0,36	97,674
ADVC249	0	2,635	20,576	30,149	0	15,775	14,987	12,307	1,804	0,144	98,375
MR VC 125a	0	6,422	27,25	25,889	0	15,498	9,9	9,759	2,982	0,708	98,407
RPVC351b	0	6,754	23,698	23,235	1,303	20,663	0	18,737	3,021	0,311	97,723
ADVC238b	3,138	0,898	10,459	14,903	0	26,327	31,661	0	1,078	0,048	88,513

Nota: abreviaturas: Qz – Quartzo; Or – Ortoclasio; Ab – Albita; Na – Anortita; Nph – Nefelina; Di – Diopsídio; Hyp – Hipertênio; Ol – Olivina; Ilm – Ilmenita; Ap – Apatita.
uma do Complexo Mantiqueira (CMANT).
Valores de concentrações em ppm.
Fonte: O autor, 2018.

Tabela 16 - Valores de razões diversas, entre elementos traços incompatíveis de diferentes coeficientes de partição, de 20 amostras de metabasitos do Complexo Juiz de Fora.

Amostra	SiO2(%)	Ti(ppm)	Rb/ Sr	Zr/ Y	Ce/ Y	Ba/ Nb	La/ Nb	La/ Yb	Ti/ Zr	Ti/ Y	Ba/ La	Zr/Nb	Nb/ Y	LaN/ YbN	LaN/ SmN	EuN/ YbN	Eu/ Eu*
SJ- VC- 120a	53,9	7098	0,01	2,72	1,53	43	2	6	90	245	18	10	0,28	4,1	2,2	1,4	0,9
SJ- VC- 120d	52,5	5580	0,02	5,92	2,21	75	4	10	39	233	18	24	0,25	6,5	3,3	1,5	0,9
MR- VC- 52B	53,55	8976	0,03	4,39	1,66	15	2	6	89	390	8	13	0,35	4,2	1,9	1,8	1,0
CT- VC- 08d	50,41	6600	0,07	5,16	3,06	174	4	15	51	264	40	16	0,32	9,8	3,1	2,7	1,0
SJ- VC- 72a	49,04	6882	0,04	3,29	1,56	28	1	6	100	328	23	6	0,52	6,0	2,5	1,5	1,0
RP- VC- 78C	52,73	9330		8,00	4,55	24	3	23	40	322	8	12	0,66	15,7	2,9	2,8	0,7
AD-VC-240a	47,91	7956	0,01	3,90	1,86	4	1	8	102	398	6	4	1,10	5,4	2,8	1,9	1,1
AD-VC-239	45,36	12018	0,01	4,48	2,24	4	1	9	108	484	6	3	1,48	5,9	2,6	1,9	1,0
AD-VC-420	46,19	11220	0,01	3,52	1,60	3	1	6	128	449	6	3	1,24	4,2	2,3	1,7	1,0
AD-VC-419	46,37	9624	0,01	3,65	1,75	4	1	7	115	418	5	3	1,09	4,5	2,3	1,8	1,0
MR- VC- 68	48,63	7188	0,03	1,59	0,47	7	1	2	167	266	10	6	0,26	1,1	1,1	0,9	0,9
UB-VC-454	47,63	6492	0,02	1,67	0,53	2	1	2	185	309	3	5	0,33	1,2	1,1	1,1	1,0
AD-VC-422	47,83	8694	0,01	2,85	0,94	5	1	3	117	334	8	5	0,62	2,3	1,7	1,3	1,0
AD-VC-430b	47,38	9150	0,01	2,30	0,79	4	1	3	148	339	6	4	0,56	1,7	1,3	1,2	1,0
AD-VC-416	47,17	3654	0,08	0,69	0,13	4	1	0	406	281	8	9	0,08	0,2	0,3	0,8	1,0
RP-VC-358(CMANT)	47,15	10203	0,01	2,18	0,44	6	1	**2**	120	262	5	14	0,15	1,3	0,9	1,6	1,1
AD-VC-249	48,95	5622	0,03	3,56	1,11	40	4	4	99	351	11	29	0,13	2,6	1,7	1,5	1,0
MR- VC- 125a	51,2	9444	0,02	6,88	2,06	31	2	10	86	590	21	12	0,56	6,6	1,9	1,1	1,1
RP-VC-351b	48,31	9432		7,00	2,71	19	1	11	112	786	14	8	0,92	7,2	2,5	3,0	1,2
AD-VC-238b	47,51	3360	0,05	0,78	0,20	17	18	9	160	124	1	21	0,04	4,0	2,3	2,2	1,0

Nota: Uma do Complexo Mantiqueira (CMANT).
Valores de concentrações em ppm.

Fonte: O autor, 2018.

Tabela 17 - Resumo da classificação litogeoquímica e de discriminação tectôncia de 20 amostras de metabasitos do Complexo Juiz de Fora.

AMOSTRA	OCORRÊNCIA	ENCAIXANTE	TiO_2 (%)	CLASSIFICAÇÃO	DISCRIMINAÇÃO TECTÔNICA
CT- VC- 08d	banda métrica	ortogranulito	1,1	toleitica	IAT-CAB
SJ- VC- 72a	enclave e bandas	ortogranulito migmatitico	1,1	toleitica	IAT-CAB
SJ- VC- 120d	lentes estiradas	ortogranulito migmatitico	0,9	calcioalcalina	IAT-CAB
SJ- VC- 120a	lentes estiradas	ortogranulito migmatitico	1,2	toleitica	IAT-CAB
MR- VC- 52B	bandas e lentes estiradas		1,5	toleitica	IAT-CAB
RP- VC- 78C	bandas e enclaves	Hbn gnaisse migmatitico	1,6	calciioalcalina	intraplaca
AD-VC-240a	Principal	//////////////////////////	1,3	alcalina	intraplaca
AD-VC-239	Principal	//////////////////////////	2,0	alcalina	intraplaca
AD-VC-420	Principal	//////////////////////////	1,9	alcalina	intraplaca
AD-VC-419	Principal	//////////////////////////	1,6	alcalina	intraplaca
MR- VC- 68	Principal	///////////////////////////	1,2	toleítica	IAT
UB-VC-454	Principal	///////////////////////////	1,1	toleítica	IAT
AD-VC-422	Principal	///////////////////////////	1,4	toleítica	IAT
AD-VC-430b	Principal	///////////////////////////	1,5	toleítica	IAT
AD-VC-416	Principal	///////////////////////////	0,6	toleítica	IAT
RP-VC-358 (CMANT)	Principal	///////////////	1,7	toleitica	IAT-MORB
AD-VC-249	Principal	//////////////////////	0,9	toleítica	IAT
MR- VC- 125a	banda espessa (principal?)	intercalado Grt gnaisse	1,6	calcioalcalina	intraplaca
RP-VC-351b	enclaves estirados	Hbn gnaisse migmatitico	1,6	alcalina	intraplaca
AD-VC-238b	Principal	//////////////////////////	0,6	komatiito	//////

Nota: Uma do Complexo Mantiqueira (CMANT). Valores de concentrações em ppm. Fonte: O autor, 2018.

Tabela 18 - Valores analíticos, elementares e isotópicos, medidos e calculados de 14 amostras de metabasitos do Complexo Juiz de Fora (continua). .

AMOSTRA	Rb (ppm) - ACTLAB	Sr (ppm) ACTLAB	Sm (ppm) LAGIR	Nd (ppm) LAGIR	Rb /Sr	Sm/ Nd	87Rb/ 86Sr (calc)	87Sr/ 86Sr (med)	147Sm/ 144Nd (med)	143Nd/ 144Nd (med)
CT-VC-08d	57	775	7,4	38	0,073548	0,194737	0,212555	0,712501	0,117190	0,511275
SJ-VC-72a	6	159	4,2	17,7	0,037736	0,237288	0,109057	0,717039	0,145219	0,511667
AD-VC-239	2	322	6	28,2	0,006211	0,212766	0,017950	0,703301	0,127786	0,512519
AD-VC-240a	1	296	4	18,6	0,003378	0,215054	0,009764	0,000010	0,129200	0,512539
AD-VC-419	1	272	4,7	21,3	0,003676	0,220657	0,010625	0,000008	0,133400	0,512550
AD-VC-420	1	264	5	22,2	0,003788	0,225225	0,010947	0,000006	0,136300	0,512556
MR-VC-68	3	100	2,9	9,5	0,030000	0,305263	0,086700	0,704335	0,187162	0,512861
AD-VC-422	1	170	3,8	14,6	0,005882	0,260274	0,017000	0,000010	0,158300	0,512737
AD-VC-430b	1	170	3,9	14	0,005882	0,278571	0,017000	0,000010	0,167300	0,512762
UB-VC-454	1	116	2,5	8,1	0,008621	0,308642	0,024914	0,000009	0,185100	0,512882
RP-VC-358 (CMANT)	2	141	4,8	15,6	0,014184	0,307692	0,040993	0,703557	0,186188	0,512959
AD-VC-249	4	155	2,7	10,6	0,025806	0,254717	0,074581	0,710055	0,155983	0,512177
RP-VC-351b	5	391	4	18,7	0,012788	0,213904	0,036597	0,707666	0,129515	0,512157
AD-VC-238b	2	42	4,4	19,3	0,047619	0,227979	0,137619	0,705742	0,138179	0,511572

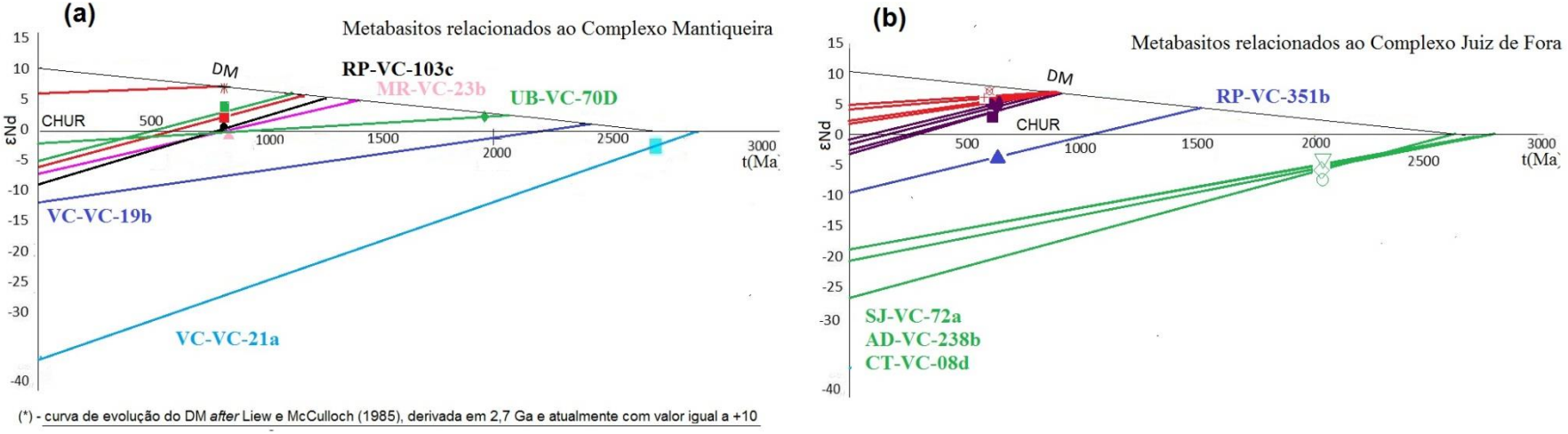
Nota: Uma do Complexo Mantiqueira (CMANT).
Fonte: O autor, 2018.

Tabela 18 - Valores analíticos, elementares e isotópicos, medidos e calculados de 14 amostras de metabasitos do Complexo Juiz de Fora. (conclusão). .

AMOSTRA	$T_{DM}Nd$	$T_{CHUR}Nd$	*f* (147Sm/ 144Nd)	eNd (0)	(t) assumido Ga	147Sm/ 144Nd (t)	143Nd/ 144Nd (t)	(87Rb/ 86Sr) (t)	(87Sr/ 86Sr) (t)	εNd(t)	εNd (T_{DM})
CT-VC-08d	2,6	2,6	-0,40	-26,6	2,1	0,118810591	0,509654	0,218989	0,706378	-5	0
SJ-VC-72a	2,8	2,9	-0,26	-18,9	2,1	0,147130941	0,509659	0,112358	0,713897	-5	-1
AD-VC-239	0,9	0,3	-0,35	-2,3	0,66	0,128338768	0,511966	0,018119	0,703132	3	6
AD-VC-240a	0,9	0,2	-0,32	-1,7	0,66	0,129934458	0,511980	0,009884	0,703344	4	6
AD-VC-419	1,0	0,2	-0,31	-1,6	0,66	0,134296332	0,511973	0,010781	0,703119	4	6
AD-VC-420	0,9	0,2	-0,34	-1,9	0,66	0,137329714	0,511966	0,011127	0,703049	4	5
MR-VC-68	1,0	-3,6	-0,05	4,3	0,66	0,187971612	0,512051	0,087442	0,703519	5	6
AD-VC-422	0,9	-0,4	-0,20	1,9	0,66	0,127219109	0,512052	0,017191	0,704480	5	6
AD-VC-430b	0,9	-0,6	-0,15	2,4	0,66	0,16842411	0,512038	0,017226	0,703308	5	6
UB-VC-454	0,9	-3,2	-0,06	4,8	0,66	0,186498387	0,512081	0,025287	0,703052	6	6
RP-VC-358 (CMANT)	0,6	-4,7	-0,05	6,3	0,66	0,186993399	0,512154	0,041379	0,703171	7	7
AD-VC-249	2,1	1,7	-0,21	9	2	0,158036659	0,510123	0,076729	0,707907	1	2
RP-VC-351b	1,5	1,1	-0,34	-9,4	0,66	0,130075247	0,511596753	0,037305	0,707318	-4	4
AD-VC-238b	2,7	2,8	-0,30	-20,8	2	0,140089842	0,509661	0,141785	0,701778	-5	0

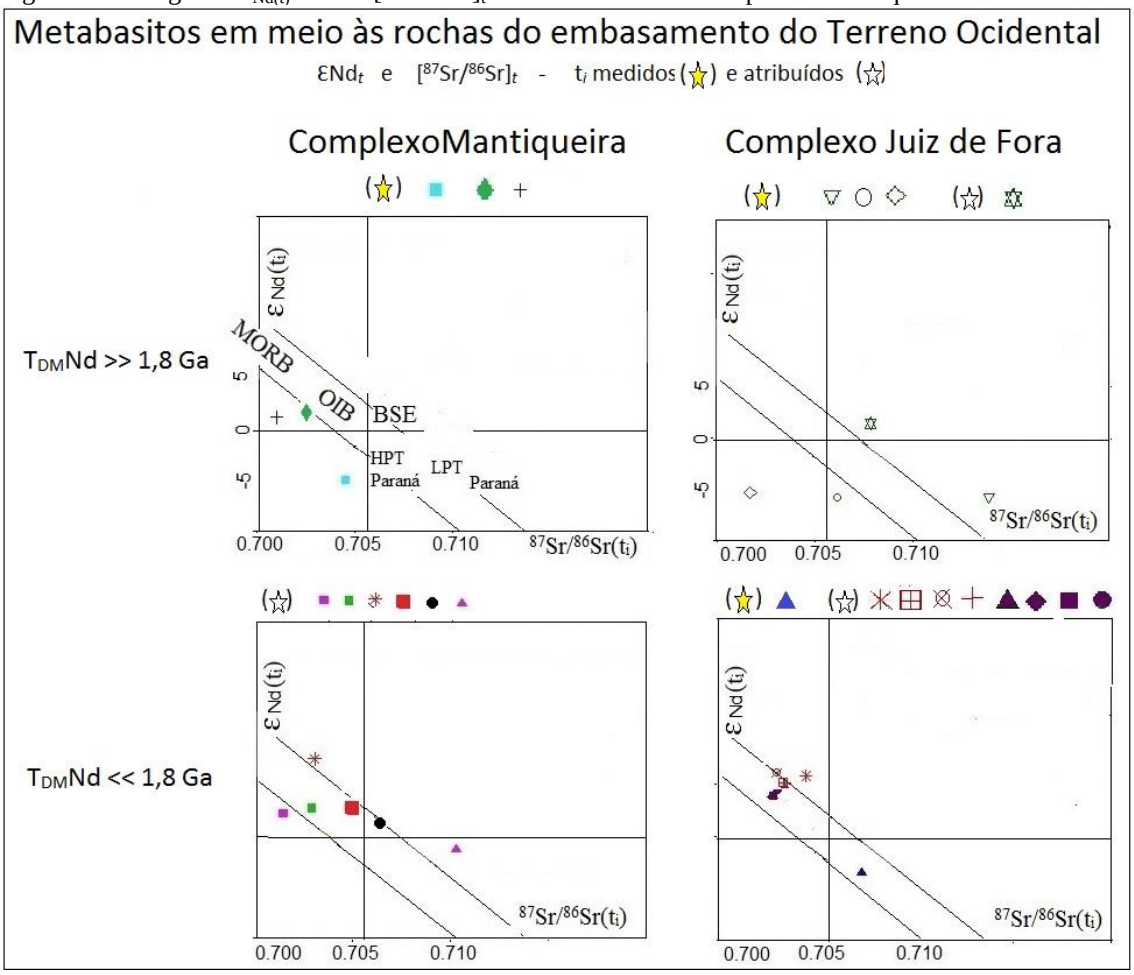
Nota: Uma do Complexo Mantiqueira (CMANT).
Fonte: O autor, 2018.

Figura 40 – Diagramas de evolução de Nd de metabasitos dos complexo e Mantiqueira e Juiz de Fora.



(a) Complexo Mantiqueira e **(b)** Complexo Juiz de Fora.
Fonte: O Autor, 2018.

Figura 41 – Diagrama $\varepsilon_{Nd(t)}$ *versus* $[^{87}Sr/^{86}Sr]_t$ de metabasitos dos complexos Mantiqueira e Juiz de Fora.



Nota: separado por idades modelo ($T_{DM}Nd$) maiores e menores que 1,8 Ga, com base em valores de idade inicial (t_i) medidos (datação apresentada no Capítulo 6) ou atribuídos, com base no contexto geológico assumido.

Fonte: O autor, 2018.