

3.2.2.3 Abordagem para elementos terras raras

Levando-se em consideração critérios petrológicos, pode-se afirmar que razões entre elementos incompatíveis são quase constantes dentro de um conjunto de rochas cogenéticas, *i.e.*, dentro de uma suíte de rochas magmáticas correlacionadas por processos evolutivos. A variação esperada é de, no máximo, 1,5 vezes. Foi então selecionada a razão La/Yb normalizada ($[La/Yb]_N$) como parâmetro de discriminação entre conjuntos de rochas cogenéticas e não cogenéticas.

A razão $[La/Yb]_N$ foi calculada segundo os valores do condrito de Boynton (1984).

La e Yb são dois elementos terras raras, sendo o La uma terra rara leve (a mais leve) e Yb pesada (com exceção do Lu, Yb é a mais pesada). São dois elementos que, nos processos evolutivos (fusão parcial ou cristalização fracionada) de magmas básicos e intermediários, costumam ser incompatíveis, *i.e.*, preferem o líquido e não o sólido. Exceção feita quando allanita (que retém La e é um mineral comum em granitos) e granada (mineral que retém Yb, comum na fonte mantélica).

Sendo assim, foi realizado um tratamento estatístico, considerando a razão entre os elementos incompatíveis. O tratamento dos dados dos elementos terras raras foi realizado em duas etapas: primeiro para a série calcioalcalina (Tabela 7); e depois para a série transicional (Tabela 8).

Tabela 7 – Valores de SiO₂ e razões entre elementos incompatíveis imóveis para as rochas da série calcioalcalina

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N	Zr/Hf	Ta/Nb	Nb/Ta
JF-275B ²	58,5	13,64	39	0,04	22,81
JF-231A ²	58,7	2,4	32,7	0,01	109,1
JF-386A ²	58,9	8,33	34,5	0,05	18,33
JF-CM-516I ³	60,62	72,89	43,56	0,05	19,04
JF-369C ²	61	2,8	37,4	0,04	23,61
JF - 56 ¹	61	25,45	35,5	-----	-----
JF - 29 T ¹	61	16,78	42,4	-----	-----
JF-CM-516II ³	61,93	24,71	37,97	0,09	11,58
JF-31 ¹	62,6	30,17	36,9	-----	-----
JF-30A ¹	63,4	38,26	36,4	-----	-----
JF-29A ¹	63,5	6,18	55,2	-----	-----
JF-281 ²	63,6	13,26	40,2	0,05	21,05
JF - 61 A ¹	64	9,28	-----	-----	-----
JF-371E ²	64,3	18,7	33,9	0,08	12,5
JF-280A ²	64,9	17,59	39,5	0,02	45,45
JF-48B ²	65	11,37	41,8	0,06	17,02
JF-CM-516IV ³	65,08	28,32	36,39	0,06	17,91
JF-370 ²	66	82,7	39,4	0,1	10
MB-564I ¹	66,6	7,42	33,2	-----	13,68
MB-577C ¹	67,7	150,51	42,5	-----	26,23
JF-371A ²	67,9	28,63	37,4	0	-----
MB-564A ¹	68,8	139,56	37,5	-----	27,5
JF-367A ²	68,9	38,79	30	0,06	17,39
JF - 58 A ¹	69	-----	39,2	-----	-----
JF-174 ²	69,1	5,66	31,6	0,02	57,14
JF-CM-585I ³	69,24	53,94	41,20	0,06	17,46
MB-577F ¹	69,6	20,47	38,1	-----	21,4
MB-577E ¹	69,6	49,83	39,8	-----	23,18
JF - 190 A1 ¹	70,3	113,1	42,7	-----	-----
JF-282A ²	70,3	86,33	37,1	0,07	13,79
JF - 190 A2 ¹	71,1	144,28	35	-----	-----
JF - 29 P ¹	71,3	16,57	34,3	-----	-----
JF - 190 D ¹	71,3	116,19	42,3	-----	-----
JF - 189 B ¹	71,3	-----	41,3	-----	-----
JF-367C ²	72	17,56	32,8	0	-----
JF-372 ²	72,3	171,36	35,4	0	-----
JF-30B ¹	72,6	4,35	39,6	-----	-----
JF-275A ²	73,2	46,69	54,7	0,05	19,05
JF-367F ²	73,2	468,19	35,7	0	-----
MB-564B ¹	73,3	103,15	40,9	-----	48,57
JF-369A ²	74,5	144,14	32,7	0,19	5,26
JF-371G ²	74,7	90,43	34,4	0,04	23,08
MB-564E ¹	75,2	-----	32,6	-----	-----
JF - 85 D ¹	75,3	-----	24	-----	-----

Tabela 7 – Valores de SiO₂ e razões entre elementos incompatíveis imóveis para as rochas da série calcioalcalina (cont.).

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N	Zr/Hf	Ta/Nb	Nb/Ta
JF-94B ²	75,6	-----	73,2	0	-----
JF-107A ²	75,9	36,6	42,6	0	-----
JF-371C ²	76,6	21,42	60	0	-----
MB-577H ¹	76,9	65,06	35,5	-----	42,5
MB-564D ¹	77	-----	35	-----	-----
JF-367D ²	77	115,8	32,3	0	-----

1 – Duarte (1998); 2 – Nogueira (1999); 3 – Presente trabalho

Valores mínimos e máximos das razões entre elementos incompatíveis para os dados de Nogueira (1999):

- a) (La/Yb)_N: 2,40 – 468,19;
- b) Zr/Hf: 30,00 – 73,17;
- c) Nb/Ta: 5,26 – 109,09.

Valores mínimos e máximos das razões entre elementos incompatíveis para os dados de Duarte (1998):

- a) (La/Yb)_N: 4,35 – 150,51
- b) Zr/Hf: 24,00 – 55,15
- c) Nb/Ta: 13,68 – 48,57

Com base nos critérios petrológicos aplicados a todo o conjunto das rochas da série calcioalcalina, pode-se concluir que:

1) As razões entre elementos traços incompatíveis imóveis apresentam variação bem superior a 1,5 vezes, sendo de: 195 vezes ([La/Yb]_N); 2,44 vezes (Zr/Hf); 20,7 (Nb/Ta). Neste caso, os dados petrológicos desfavorecem uma relação de cogeneticidade entre toda a população de amostras da série calcioalcalina.

2) Desconsiderando a amostra JF-367F ([La/Yb]_N>400), os valores mínimos e máximos dessa razão são, respectivamente, 2,40 e 171,36, resultando em uma variação de 71,4 vezes;

3) O descarte da amostra JF-367F não altera o resultado das correlações para elementos maiores. Para os elementos traços, essa amostra destaca-se em Ba, Th, La, Ce e Nd.

Tabela 8 - Tabela com os valores de SiO₂, MgO e de razões entre elementos traços incompatíveis imóveis para as rochas da série transicional

Amostra	SiO ₂	MgO	(La/Yb) _N	Zr/Hf	Nb/Ta
JF-367B ²	51,50	3,31	11,79	51,66	106,82
JF-34A ²	52,71	3,86	22,78	34,4	12,5
JF-60B ¹	51,60	4,23	17,99	45,48	---
JF-58B ¹	48,25	4,56	13,1	38,55	---
JF-371B ²	50,23	4,63	3,35	33,65	15,91
JF-384A ²	49,93	4,71	8,29	34,11	16
JF-564F ¹	48,47	4,76	3,53	36,44	12,58
JF-371D ²	49,59	5,04	3,3	34,14	15,91
JF-371F ²	48,81	5,15	2,54	36,4	16
JF-CM-516III ³	49,16	5,25	4,64	0,06	36,18
JF-190C ¹	48,82	5,42	2,78	40,79	---
JF-CM-585II ³	47,46	5,93	4,78	0,07	37,56
MB-577B ¹	47,11	5,96	4,72	37,33	18,75
JF-367E ²	48,24	6,36	3,96	29,34	22,58
JF-29Q ¹	48,77	6,57	4,37	49,6	---
JF-30C ¹	47,66	6,87	1,11	51	---
JF-187A ¹	50,84	6,9	2,13	34,44	---
JF-369B ²	50,21	6,97	2,89	33,68	12,38

1 – Duarte (1998); 2 – Nogueira (1999); 3 – Presente trabalho

Valores mínimos e máximos das razões entre elementos incompatíveis para os dados de Nogueira (1999):

- a) (La/Yb)_N: 2,54 – 22,78 - (variação: 8,97 vezes)
- b) Zr/Hf: 29,34 – 51,66 - (variação: 1,76 vezes)
- c) Nb/Ta: 12,38 – 106,82 - (variação: 8,62 vezes)

Valores mínimos e máximos das razões entre elementos incompatíveis para os dados de Duarte (1998):

a) $(La/Yb)_N$: 1,11 – 17,99 - (variação: 16,21 vezes)

b) Zr/Hf: 34,44 - 51,00 - (variação: 1,48 vezes)

c) Nb/Ta: 12,58 - 18,75 (somente esses dois valores!) - (variação: 1,49 vezes)

Quando relacionadas as variações de MgO e SiO₂, verifica-se que amostras com valores de MgO bem próximos têm conteúdos também próximos de SiO₂. Por exemplo, as amostras JF-369B e JF-367E têm, respectivamente, MgO de 6,97 e 6,36 (diferença de 10%) e valores de SiO₂ de 48,24 e 50,21 (diferença de 4%). No entanto, ressalta-se que as correlações encontradas para os elementos maiores são de baixo nível de significância.

Com base em critérios petrológicos aplicados às rochas da série transicional, pode-se concluir que:

1) As razões entre elementos incompatíveis mostram variações, em geral, maiores que 1,5 vezes, sendo de: 8,97 vezes ($(La/Yb)_N$); 1,76 vezes (Zr/Hf) e 8,62 vezes (Nb/Ta). Esses dados apontam para a improbabilidade de todas as rochas desse grupo serem cogenéticas.

2) Quando relacionadas as variações de MgO com as razões entre elementos incompatíveis, verifica-se que amostras com valores bem próximos de MgO têm valores bem distintos de algumas dessas razões. Por exemplo, as amostras JF-384A e JF-371B têm, respectivamente, valores de MgO de 4,71 e 4,63 e valores de $(La/Yb)_N$ de 8,29 e 3,35. Essas relações indicam que essas duas amostras não fazem parte de uma mesma linha de evolução, ou seja, não são cogenéticas (não são de uma mesma suíte).

3) Os critérios estatísticos e petrológicos analisados em conjunto desfavorecem o grupo de rochas transicionais como um grupo cogenético. É, portanto, mais provável que nesse grupo estejam incluídas rochas de diferentes suítes.

Tanto os dados de Duarte (1998) quanto os de Nogueira (1999) fornecem alto nível de significância para as correlações dentre as amostras do grupo calcioalcalino, em termos de elementos maiores e traços, sendo melhores, em ambos os casos, as correlações polinomiais. Esse padrão aponta para processos evolutivos do tipo cristalização fracionada (com mudança da assembléia fracionante) ou fusão parcial (com mudança da composição do resíduo).

Os valores das razões entre elementos incompatíveis das amostras de Nogueira (1999) (Tabela 7) apontam para a existência de cinco a seis grupos de rochas calcioalcalinas: 1) $(La/Yb)_N$ entre 11,37 e 13,64 (rochas intermediárias - amostras JF-275B, JF-281, JF-48B); 2) $(La/Yb)_N$ entre 2,40 e 2,80 (rochas intermediárias - amostras JF-231A e JF-369C); 3) $(La/Yb)_N$ entre 17,56 e 46,69 (intermediárias a ácidas - amostras JF-371E, JF-280A, JF-371A, JF-367A JF-367C, JF-275A, JF-107A e JF-371C), 4) $(La/Yb)_N$ entre 82,70 e 90,43 (rochas ácidas - amostras JF-370, JF-282A e JF-371G); 5) $(La/Yb)_N$ entre 115,80 e 468,19 (rochas ácidas - amostras JF-372, JF-367F, JF-369A e JF-367D); 6) $(La/Yb)_N$ entre 5,66 e 8,33 (rochas intermediárias a ácidas - amostras JF-94B, JF-386A e JF-174).

Com base nas razões $[La/Yb]_N$, Duarte (1998) identificou 4 diferentes grupos de rochas calcioalcalinas: 1) razões de 6 a 9 (rochas intermediárias - amostras JF-29A, JF-61A e JF-564I); 2) razões de 16 e 38 (rochas intermediárias - amostras JF-30A, JF-31, JF-56, JF-29T, JF-29A, JF-61A); 3) razões de 4 a 65 (rochas ácidas - amostras JF-58A, JF-85D, JF-564D, JF-564E, JF-564I, MB-577F, MB-577E, JF-29P, JF-30B, MB-577H); 4) razões > 100 (rochas ácidas - amostras JF-189B, JF-190A1, JF-190A2, JF-190D, JF-564A, JF-564B e MB-577C).

A partir da análise e integração dos valores das razões entre elementos incompatíveis, definidos nesta tese a partir das amostras de Duarte (1998) e Nogueira (1999), pode-se concluir que:

- 1) Os grupos 1, 2 e 4 de Nogueira (1999) não encontram semelhantes dentre os agrupamentos de Duarte (1998).
- 2) O grupo 3 de Nogueira (1999) assemelha-se ao grupo 2 de Duarte (1998) em termos de razões $(La/Yb)_N$, sendo que o grupo de Nogueira (1999) é composto por rochas

intermediárias a ácidas, enquanto que o de Duarte (1998) é apenas de rochas intermediárias.

3) O grupo 5 de Nogueira (1999) assemelha-se ao grupo 4 de Duarte (1998), em termos de litotipos (rochas ácidas) e de razões $(La/Yb)_N$.

4) Com base em dados de campo e petrográficos, os grupos 4 de Nogueira e 4 de Duarte (1998) são constituídos do mesmo tipo litológico (mesma unidade em campo); além disso, os valores de razões $(La/Yb)_N$ também são próximos (de 82 a 90 para os dados de Nogueira (1999) e > 100 para os dados de Duarte (1998)). Considera-se, portanto, que os grupos 4 e 5 de Nogueira e 4 de Duarte integram, provavelmente, uma única suíte.

5) O grupo 6 de Nogueira (1999) assemelha-se ao grupo 1 de Duarte (1998), em termos de razões $(La/Yb)_N$, embora Nogueira (1999) tenha um conjunto de rochas ácidas a intermediárias e Duarte (1998), apenas rochas intermediárias.

6) O grupo 3 de Duarte (1998) é heterogêneo, com valores de $(La/Yb)_N$ variando de 4 a 65. Parte das rochas desse conjunto podem ser integrantes do grupo 2 de Duarte (1998).

3.2.3 Resultados da análise dos diagramas de integração

Com base nos procedimentos estatísticos e resultados discutidos nos itens anteriores, sempre considerando critérios quantitativos, foi possível identificar suítes (ou, em alguns casos, agrupamentos) dentro do conjunto de rochas do Complexo Mantiqueira, como será discutido adiante. foram identificadas 7 suítes para as rochas do Complexo Mantiqueira, duas para a série transicional (rochas básicas) e cinco para a série calcioalcalina (rochas intermediárias à ácida).

3.2.3.1 Rochas da Série Transicional

As rochas da série transicional englobam tanto as bandas, boudins e lentes anfibolíticas quanto os anfibolitos discordantes e tabulares intrusivos nos ortognaisses.

Foram encontradas duas suítes para essa série:

a) Suíte 1, constituída de rochas basálticas transicionais, com fontes do tipo E-MORB e/ou intraplaca, $[La/Yb]_N$ variando entre 1,11 e 4,78 (variação de 4,31 vezes) e MgO, de 4,63 a 6,97 (Tabela 9; Figura 24);

Tabela 9 – Características Químicas da Suíte 1 da série transicional

Amostra	MgO	SiO ₂	(La/Yb) _N	Nb/Ta	Zr/Hf	Tipo de Fonte
JF-371B ²	4,63	50,23	3,35	15,91	33,65	E-MORB ou intraplaca
JF-564F ¹	4,76	48,47	3,53	36,44	12,58	Intraplaca toleítico
JF-371D ²	5,04	49,59	3,30	15,91	34,14	E-MORB ou intraplaca
JF-371F ²	5,15	48,81	2,54	16,00	36,4	E-MORB
JF-CM-516III ³	5,25	49,16	4,64	36,18	0,06	Intraplaca toleítico
JF-190C ¹	5,42	48,82	2,78	40,79	---	E-MORB ou intraplaca
JF-CM-585II ³	5,93	47,46	4,78	37,56	0,07	Intraplaca alcalino
MB-577B ¹	5,96	47,11	4,72	37,33	18,75	Intraplaca alcalino
JF-367E ²	6,36	48,24	3,96	22,58	29,34	E-MORB ou intraplaca
JF-29Q ¹	6,57	48,77	4,37	49,60	---	Intraplaca toleítico
JF-187A ¹	6,90	50,84	2,13	34,44	---	E-MORB
JF-30C ¹	6,87	47,66	1,11	51	---	N-MORB - E-MORB
JF-369B ²	6,97	50,21	2,89	12,38	33,68	E-MORB ou intraplaca

1 – Duarte (1998); 2 – Nogueira (1999); 3 – Presente trabalho

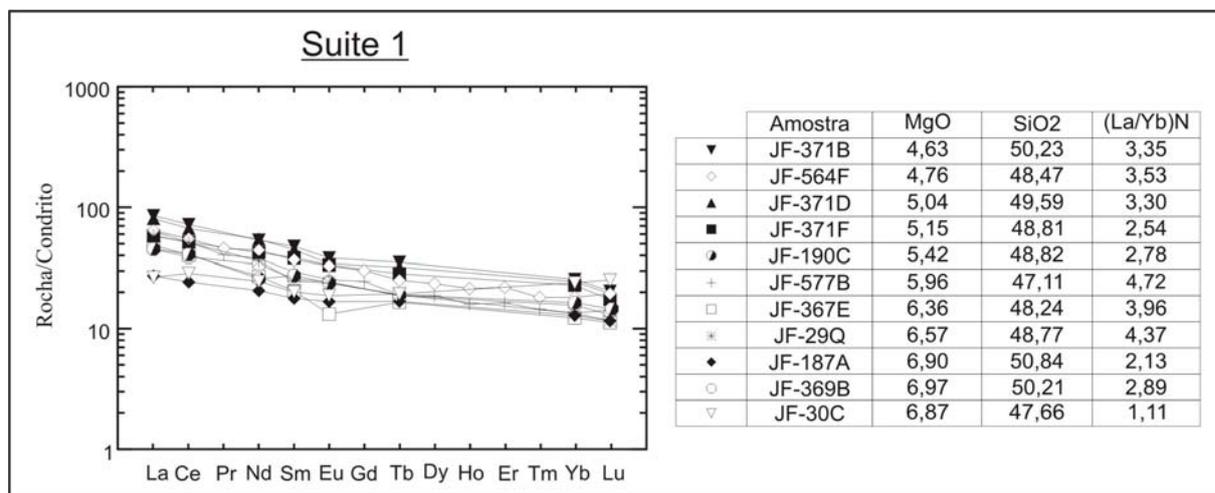


Figura 24 – Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 1 da série transicional

b) Suíte 2, constituída de rochas basálticas transicionais, com fontes do tipo intraplaca, $[La/Yb]_N$ variando entre 8,29 e 22,78 (variação de 2,75 vezes) e MgO variando de 3,31 a 4,71 (Tabela 10; Figura 25). É provável que a amostra JF-384A não faça parte dessa suíte, pois apresenta valor de $[La/Yb]_N$ (8,29) muito distinto dos demais. Desta forma, as variações dentro dessa suíte seriam de: $[La/Yb]_N$ de 11,79 a 22,78 (variação de 1,93 vezes) e MgO de 3,31 a 4,56.

Tabela 10 – Características Químicas da Suíte 2 da série transicional

Amostra	MgO	SiO ₂	(La/Yb) _N	Nb/Ta	Zr/Hf	Tipo de Fonte
JF-367B ²	3,31	51,50	11,79	106,82	51,66	Intraplaca alcalino
JF-34A ²	3,86	52,71	22,78	12,50	34,40	Intraplaca alcalino
JF-60B ¹	4,23	51,60	17,99	45,48	---	Intraplaca alcalino
JF-58B ¹	4,56	48,25	13,10	38,55	---	Intraplaca alcalino
JF-384A ²	4,71	49,93	8,29	16	34,11	Intraplaca tholeítico

1 – Duarte (1998); 2 – Nogueira (1999)

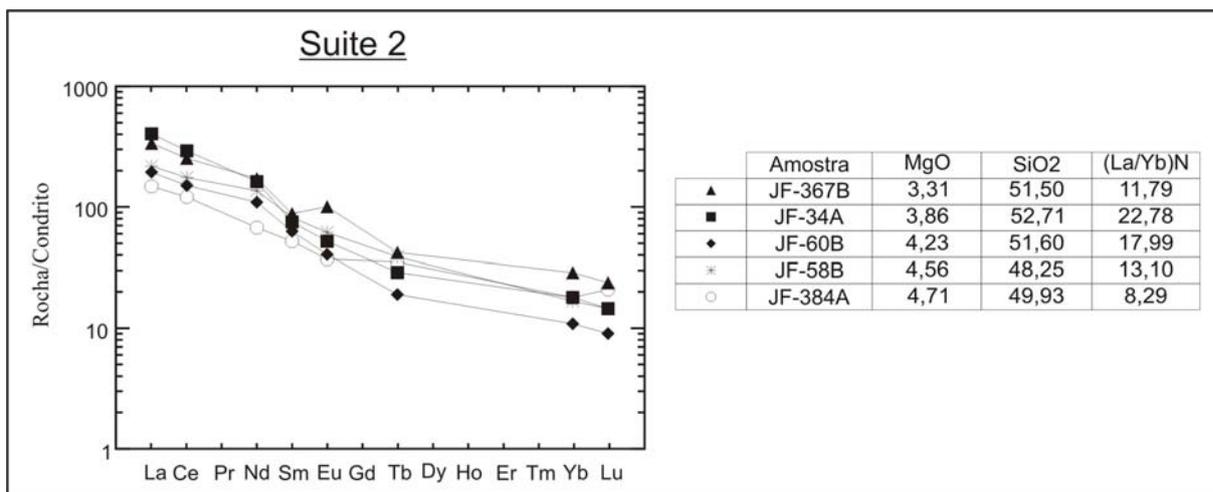


Figura 25 – Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 2 da série transicional

3.2.3.2 Rochas intermediárias à ácidas calcioalcalinas

Foram identificados 5 grupos quimicamente distintos dentre as rochas calcioalcalinas do Complexo Mantiqueira, denominados Suítes 1, 2, 3, 4 e 5. Estas serão apresentadas adiante.

a) Suíte 1

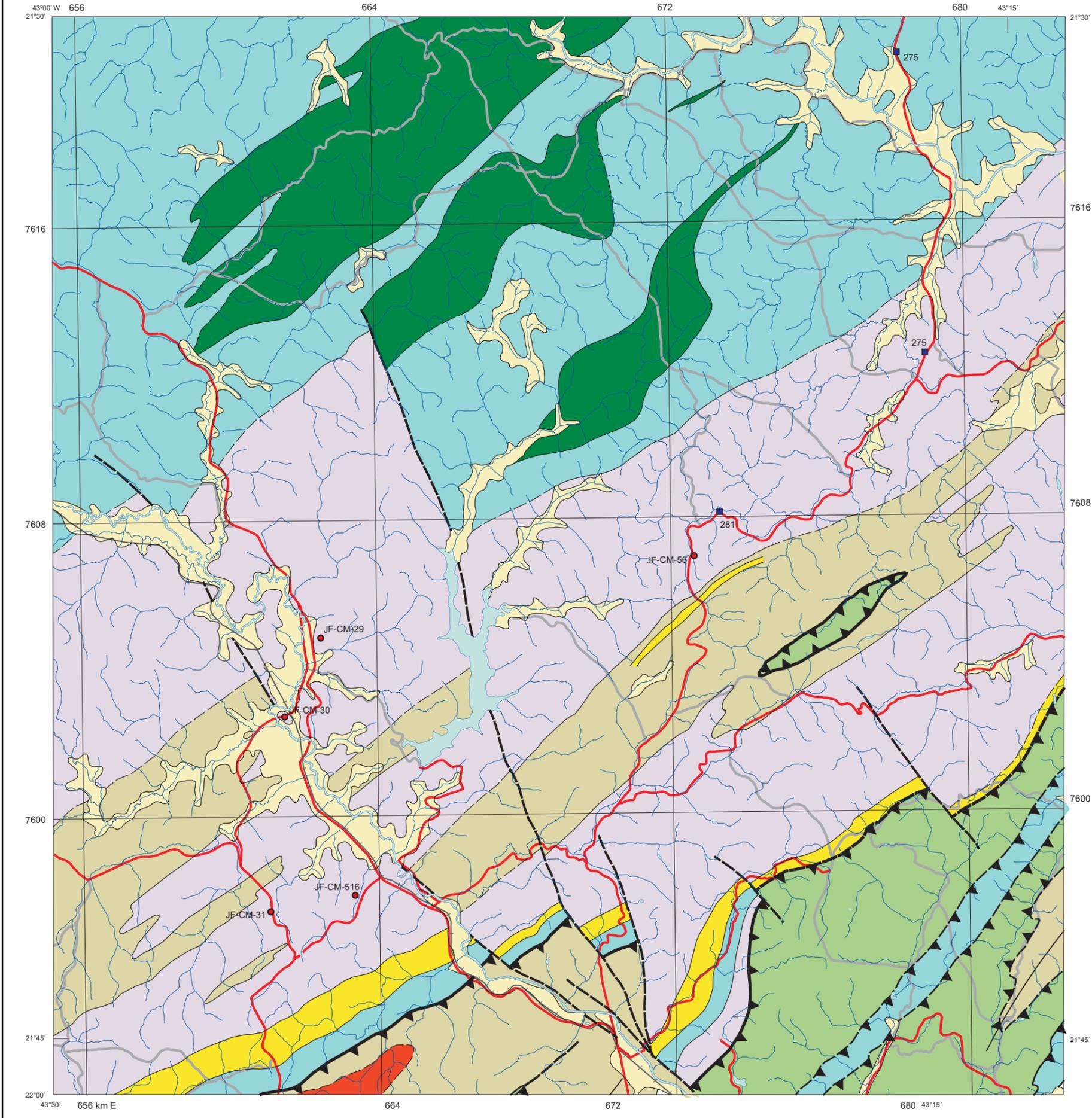
A suíte 1 localiza-se ao longo da área de estudo (Figura 26) é composta por uma associação litológica composta de ortogneisse tonalítico a granodiorítico bandado, intercalado com gnaisses enderbitos a charnoenderbitos e anfibolito. Esta suíte é formada pelo agrupamento 1 (JF-275B, JF-281 e JF-48B), definido pelos dados de Nogueira (1999), e parte do agrupamento 2 (JF-56, 29T, 31, 30A) e por uma amostra desta pesquisa (JF-516II), definidos pelos dados de Duarte (1998).

Quimicamente possui SiO₂ variando de 58,51 a 65,02 e [La/Yb]_N variando de 11,37 a 38,26 (variação de 3,36 vezes). A amostra 30A tem fracionamento de ETRleves relativamente forte e é a que apresenta maior valor de [La/Yb]_N (38,26) (Tabela 11; Figura 27).

Tabela 11 – Características Químicas da Suíte 1 da série calcioalcalina

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N	Zr/Hf	Ta/Nb	Nb/Ta	Rocha
JF-275B	58,51	13,64	38,97	0,04	22,81	Gnaisse Tonalítico
JF - 56	61,02	25,45	35,54	-----	-----	Gnaisse quartzo diorítico
JF - 29 T	61,04	16,78	42,37	-----	-----	Gnaisse quartzo diorítico
JF-516II	61,93	24,71	37,97	0,09	11,58	Gnaisse granodiorítico
JF-31	62,58	30,17	36,86	-----	-----	Gnaisse tonalítico
JF-30A	63,40	38,26	36,44	-----	-----	Gnaisse quartzo diorítico
JF-281	63,56	13,26	40,16	0,05	21,05	Gnaisse Tonalítico
JF-48B	65,02	11,37	41,82	0,06	17,02	Gnaisse Tonalítico

MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA JUIZ DE FORA



LEGENDA

FASE GEOLÓGICA

PERÓTIPO

ORÓGENESE BRASILEIRA

HECROTÓPO

PERÓTIPO

PERÓTIPO

SÍMBOLOS ESTRUTURAIS

SÍMBOLOS DAS AMOSTRAS

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

DATUM VERTICAL: Marégrafo de Imbituba - Santa Catarina

DATUM HORIZONTAL: Córrego Alegre - Minas Gerais

Origem da quilometragem UTM: "Equador e meridiano 45 W.Gr.", acrescidas as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente.

Impressão 2003

Figura 26 - Mapa de Localização dos pontos da suíte 1 da série calcioalcalina

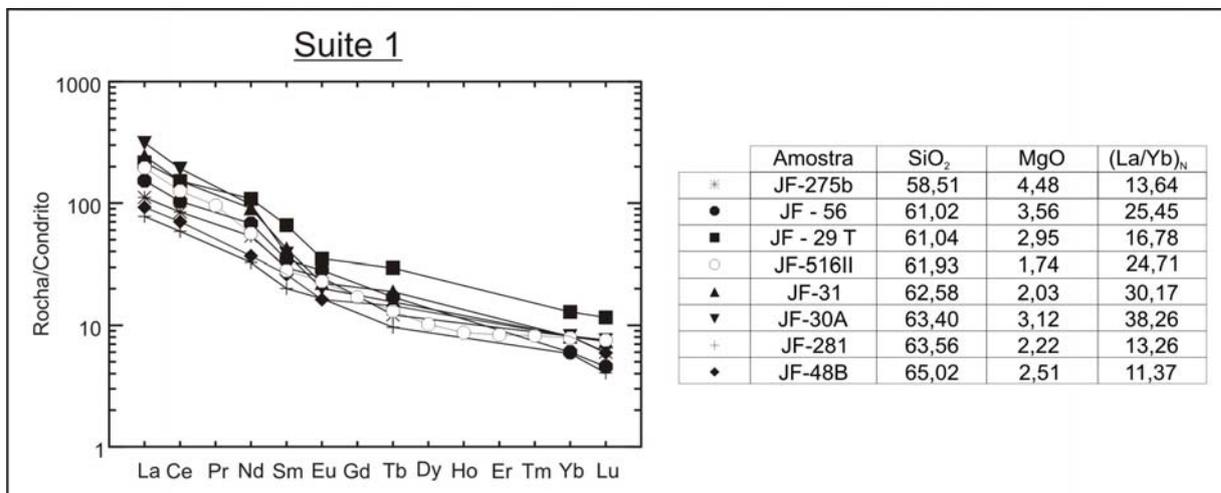


Figura 27 – Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 1 da série calcioalcalina

b) Suíte 2

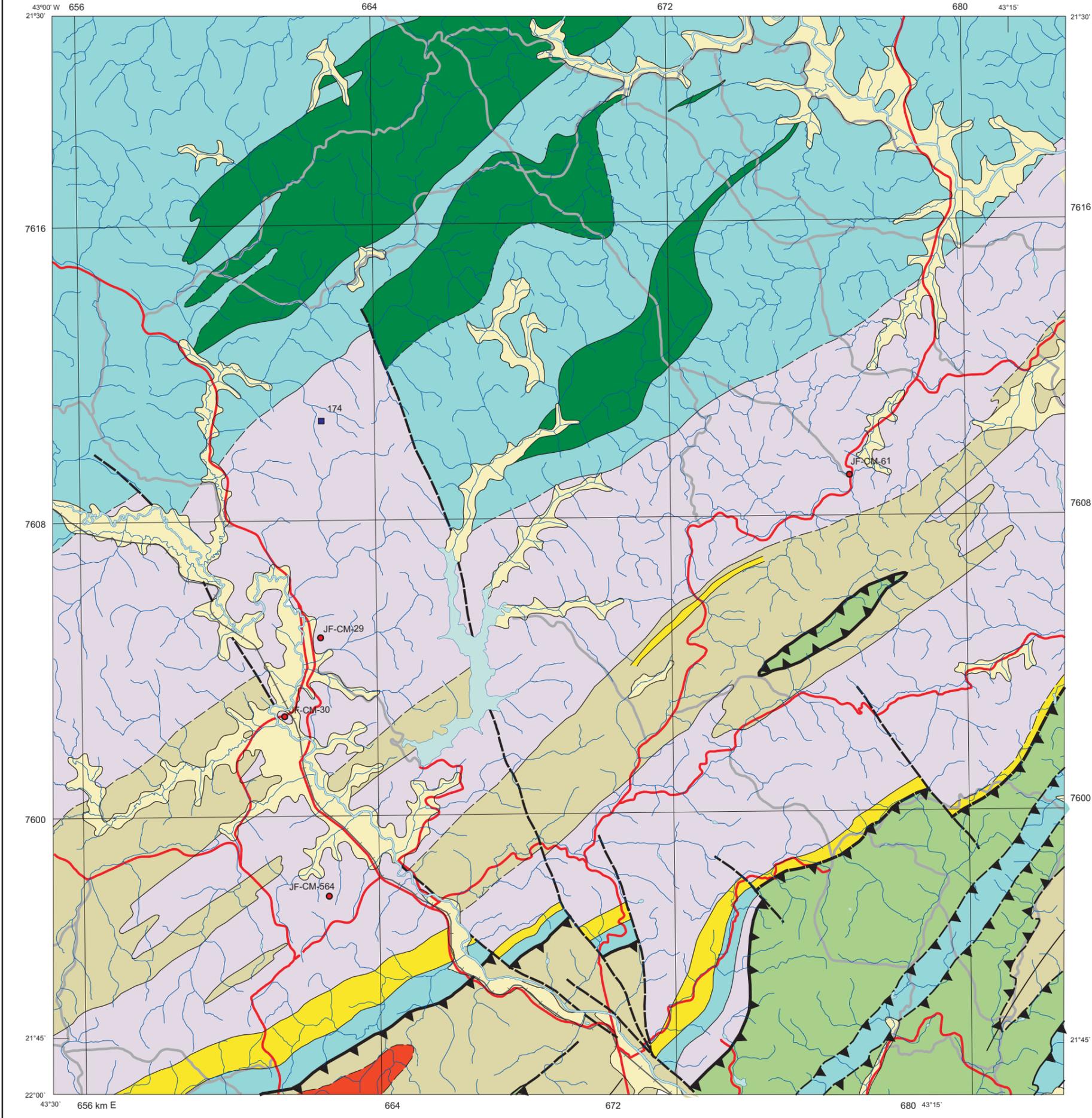
A suíte 2 localiza-se na porção oeste da área de estudo, com exceção ao ponto JF-61 que encontra-se na porção leste da área (Figura 28). Compreende uma associação litológica composta de ortognaisse tonalítico a granodiorítico foliado a levemente foliado. Esta suíte é formada pelo agrupamento 6 (JF-386A, JF-174), definido pelos dados de Nogueira (1999), e parte do agrupamento 2 (JF-29A, JF-61A) e 3 (JF-30B), definidos pelos dados de Duarte (1998).

Quimicamente apresenta SiO₂ variando de 58,89 a 72,60 e [La/Yb]_N variando de 4,35 a 9,28 (variação de 2,13 vezes). A amostra 564I tem anomalia positiva de Eu, o que não ocorre nas demais amostras da suíte (Tabela 12; Figura 29). A amostra JF-174 apresenta anomalia positiva de Ce, oriunda, provavelmente, de processos de alteração (Figura 29).

Tabela 12 – Características Químicas da Suíte 2 da série calcioalcalina

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N	Zr/Hf	Ta/Nb	Nb/Ta	Rocha
JF-386A	58,89	8,33	34,53	0,05	18,33	Gnaiss Mesocrático
JF-29A	63,48	6,18	55,15	-----	-----	Gnaiss quartzo diorítico
JF - 61 A	64,03	9,28	-----	-----	-----	Gnaiss enderbítico
MB-564I	66,55	7,42	33,21	-----	13,68	Gnaiss granodiorítico
JF-174	69,08	5,66	31,58	0,02	57,14	Gnaiss Tonalítico
JF-30B	72,60	4,35	39,6	-----	-----	Gnaiss granodiorítico

MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA JUIZ DE FORA



LEGENDA

PERÍODO GEOLÓGICO

QUATERNÁRIO

- Oc Sedimentos fluviais e coluviais, cenozóicos
- 0,130a Diques de diabásio

CRÓZOENE BRASILEIRA

- 0,5 Biótipto granito
- 0,560a Leucogranito
- 0,960a Granada charnockito e granada leucogranito foliados
- 0,960a Suíte Matias Barbosa: Homblenda-biótipto granitognaisse e leucognaisse

NEOZOICO

- 0,790a Megasequência Andrelândia
- 0,790a (Silimanita)-granada-biótipto gnaisse, com intercalações de quartzo impuro (q), rocha calcissilicática, anfólitto e gondito
- 0,790a Grupo Paraíba do Sul: (Silimanita)-granada-muscovita-biótipto gnaisse, com intercalações de rocha calcissilicática, mármore e anfólitto
- 1,0 Biótipto gnaisse bandado, com intercalações de quartzo impuro (q), gnaisse quartzoso, rocha anfólitica (a) e, subordinadamente, granada gnaisse e rocha calcissilicática

PRÉ-CAMBRIANO

- 1,85a Ph Complexo Mantiqueira: Ortogranulito ortognaisse tonalítico a granítico, rocha anfólitica
- 1,85a Pj Complexo Juiz de Fora: Ortogranulito enderbítico a charnockítico, com tipos gabríticos subordinados
- 1,85a Pk Complexo Quirino: Homblenda-biótipto ortognaisse granodiorítico a granítico, com enclaves de rocha básica e ultrabásica

SÍMBOLOS ESTRUTURAIS

- Falha indiscriminada, inferida quando tracejada
- Empurrão, inferido quando tracejado
- Empurrão basal dos domínios tectônicos, inferido quando tracejado
- Contato litológico, inferido quando tracejado
- Traço axial de sinformal (D₃)
- Traço axial de antiformal (D₃)
- Traço axial de sinformal revirado (D₂)
- Traço axial de antiformal revirado (D₂)

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Drenagem
- 240 Ponto cotado
- Sede Municipal
- R Distrito
- Rodovia pavimentada
- Rodovia não pavimentada
- Ferrovia

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

BARBACENA SF.23-X-C-III	RIO POMBA SF.23-X-D-I	LIBA SF.23-X-D-II
LIMA DUARTE SF.23-X-C-VI	JUIZ DE FORA SF.23-X-D-IV	LEOPOLDINA SF.23-X-D-V
RIO PRETO SF.23-Z-A-III	CHADOR SF.23-Z-B-I	ANTA SF.23-Z-B-II

2002
A declinação magnética grupo B atualizado
Base cartográfica compilada da Carta do Brasil, IBGE, escala 1:50.000

ESCALA 1:100.000

2000m 0 2000 4000 6000m

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM VERTICAL: Marógrafo de Imbituba - Santa Catarina
DATUM HORIZONTAL: Córrego Alegre - Minas Gerais
Origem da quilometragem UTM: "Equador e meridiano 45 W.Gr.", acrescidas as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente.
Impressão 2003

Figura 28 - Mapa de Localização dos pontos da suíte 2 da série calcioalcalina

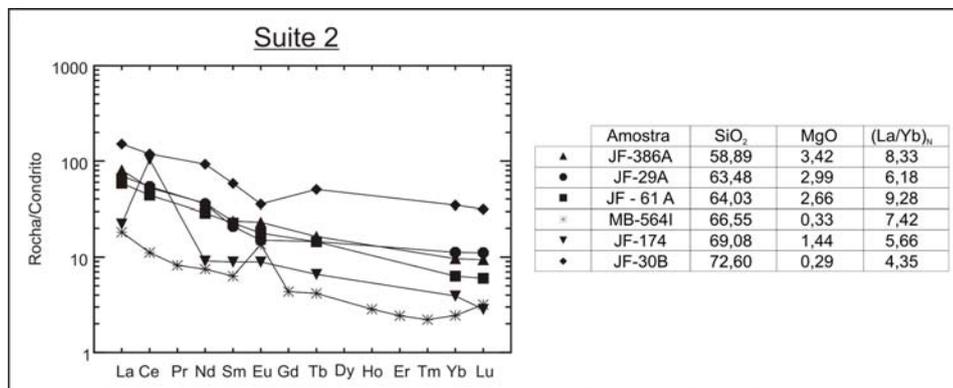


Figura 29 – Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boyton (1984) para suíte 2 da série calcioalcalina

c) Suíte 3

A suíte 3 localiza-se no centro da área (Figura 30) e como a suíte 1, é composta por uma associação litológica composta de ortogneisse tonalítico a granodiorítico bandado, intercalado com gnaisses enderbíticos a charnoenderbíticos e anfibolito. Esta suíte é formada pelo agrupamento 3 de Nogueira (1999) (JF-371E, JF-280A, 371A, 367A, 367C, 107A, 371C) e pelo agrupamento 3 de Duarte (1998) (JF-577F, 29P, 58A).

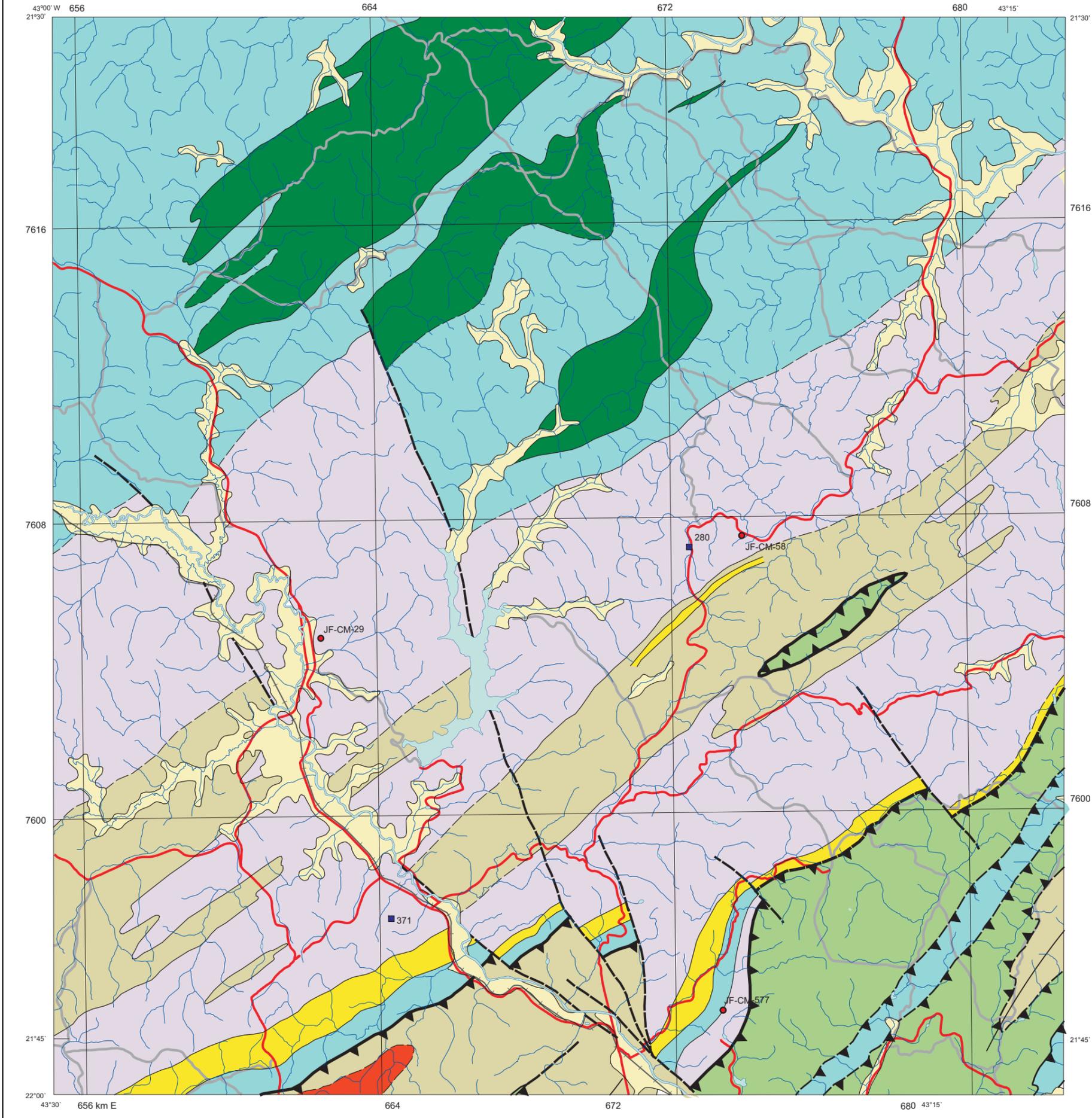
Quimicamente observa-se uma variação maior de SiO₂, que varia de 64,27 a 76,63. O conteúdo de [La/Yb]_N varia de 16,57 a 38,59 (Tabela 13; Figura 31).

A amostra JF-58 A por não ter sido analisado os valores de La e Y pode ser agrupada na suíte 1, já que esta apresenta uma quantidade de sílica (68,99) similar a encontra na suíte 1 (variação entre 58-51 e 65,02).

Tabela 13 – Características Químicas da Suíte 3 da série calcioalcalina

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N	Zr/Hf	Ta/Nb	Nb/Ta	Rocha
JF-371E	64,27	18,70	33,92	0,08	12,50	Gnaisse Tonalítico
JF-280A	64,93	17,59	39,47	0,02	45,45	Gnaisse Tonalítico
JF-516IV	65,08	28,32	36,39	0,06	17,91	Hbl Leucogneisse
JF-371A	67,85	28,63	37,37	0	-----	Gnaisse Tonalítico
JF-367A	68,87	38,79	30,00	0,06	17,39	Gnaisse Tonalítico
JF - 58 A	68,99	-----	39,23	-----	-----	Gnaisse granodiorítico
MB-577F	69,59	20,47	38,05	-----	21,4	Gnaisse granítico
JF - 29 P	71,25	16,57	34,29	-----	-----	Gnaisse granodiorítico
JF-367C	71,99	17,56	32,76	0	-----	Gnaisse Tonalítico
JF-107A	75,89	36,60	42,59	0	-----	Leucogranito
JF-371C	76,63	21,42	60	0	-----	Leucogranito

MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA JUIZ DE FORA



FASE GEOLÓGICA

FAZENDÁRIO

0.15Ga

0.5Ga

GIROGÊNESE BRASILEIRA

0.56Ga

0.98Ga

0.01Ga

NEOPROTEROZOICO

0.79Ga

VALDINO PROTEROZOICO

1.6Ga

1.8Ga

2.5Ga

Legenda Geológica:

- Di:** Sedimentos fluviais e coluviais, cenozoicos
- 0.15Ga:** Diques de diabásio
- 0.5Ga:** Biotita granito
- 0.56Ga:** Leucogranito
- 0.98Ga:** Granada charnockito e granada leucogranito foliados
- 0.01Ga:** Suite Matias Barbosa: Hornblenda-biotita granitognaisses e leucognaisses
- 0.79Ga:** Megasseqüência Andrelândia
 - Na:** (Silimanita)-granada-biotita gnaíse, com intercalações de quartzo impuro (q), rocha calcissilicática, anfibolito e gndrito
 - Na:** Grupo Paraíba do Sul: (Silimanita)-granada-muscovita-biotita gnaíse, com intercalações de rocha calcissilicática, mármore e anfibolito
- 1.6Ga:** Biotita gnaíse bandado, com intercalações de quartzo impuro (q), gnaíse quartzoso, rocha anfibolítica (a) e, subordinadamente, granada gnaíse e rocha calcissilicática
- 1.8Ga:**
 - Pt:** Complexo Mantiqueira: Hornblenda-biotita ortognaíse tonalítico a granítico, rocha anfibolítica
 - Pt:** Complexo Juiz de Fora: Ortogranulito enderbítico a charnockítico, com tipos gabrílicos subordinados
 - Pt:** Complexo Quirino: Hornblenda-biotita ortognaíse granodiorítico a granítico, com enclaves de rocha básica e ultrabásica

SÍMBOLOS ESTRUTURAIS

- Falha indiscriminada, inferida quando tracejada
- Empurrão, inferido quando tracejado
- Empurrão basal dos domínios tectônicos, inferido quando tracejado
- Contato litológico, inferido quando tracejado
- Traço axial de sinformal (D₃)
- Traço axial de antiformal (D₃)
- Traço axial de sinformal revirado (D₂)
- Traço axial de antiformal revirado (D₂)

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

BARBACENA SF.23-X-C-III	RIO POMBA SF.23-X-D-I	UBA SF.23-X-D-II
LIMA DUARTE SF.23-X-C-VI	JUIZ DE FORA SF.23-X-D-IV	LEOPOLDINA SF.23-X-D-V
RIO PRETO SF.23-Z-A-III	CHADOR SF.23-Z-B-I	ANTA SF.23-Z-B-II

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Drenagem
- 240 Ponto cotado
- Sede Municipal
- R Distrito
- Rodovia pavimentada
- Rodovia não pavimentada
- Ferrovia

2002
A declinação magnética grupo 5 anualmente
Base cartográfica compilada da Carta do Brasil, IBGE, escala 1:50.000

2002
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM VERTICAL: Marégrafo de Imbituba - Santa Catarina
DATUM HORIZONTAL: Corrego Alegre - Minas Gerais
Origem da quilometragem UTM: "Equador e meridiano 45 W.Gr.", acrescidas as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente.
impressão 2003

Escala 1:100.000

2000m 0 2000 4000 6000m

Figura 30 - Mapa de Localização dos pontos da suíte 3 da série calcioalcalina

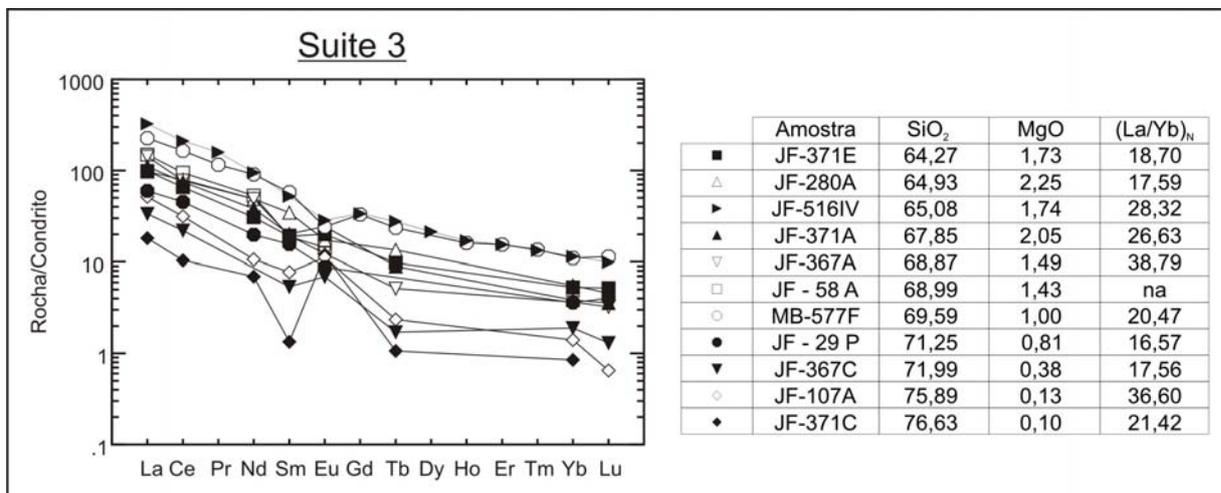


Figura 31 – Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 3 da série calcioalcalina

d) Suíte 4

A suíte 4 localiza-se na porção sul da área de estudo, com exceção do ponto JF-275 que encontra-se na porção norte (Figura 32). Esta suíte é composta por uma associação litológica composta de leucognaisses brancos de composição tonalítica/trondhjemitica a granítica que são intrusivos nos ortognaisses. Ela é formada pelo agrupamento 3 (JF-275A, JF-94B), definidos pelos dados de Nogueira (1999) e pelo agrupamento 3 (JF-577E, JF- 577H, JF-564E, JF-85D), definidos pelos dados de Duarte (1998).

Quimicamente possui SiO₂ variando de 69,63 a 76,99 e [La/Yb]_N variando de 46,69 a 65,06 (variação de 1,39 vezes). As amostras com SiO₂ > 75,23 têm anomalia positiva de Eu (Tabela 14; Figura 33).

Tabela 14 – Características Químicas da Suíte 4 da série calcioalcalina

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N	Zr/Hf	Ta/Nb	Nb/Ta	Rocha
JF-585I	69,24	53,94	41,20	0,06	17,46	Gnaiss granítico
MB-577E	69,63	49,83	39,8		23,18	Gnaiss granítico
JF-275a	73,16	46,69	54,67	0,05	19,05	Trondhjemito
MB-564E	75,23	-----	32,61	-----	-----	Gnaiss granítico
JF - 85 D	75,28	-----	24	-----	-----	Tonalito/trondhjemito
JF-94B	75,56	-----	73,17	0	-----	Leucogranito
MB-577H	76,91	65,06	35,52	-----	42,5	Gnaiss granítico
MB-564D	76,99	-----	35	-----	-----	Gnaiss granítico

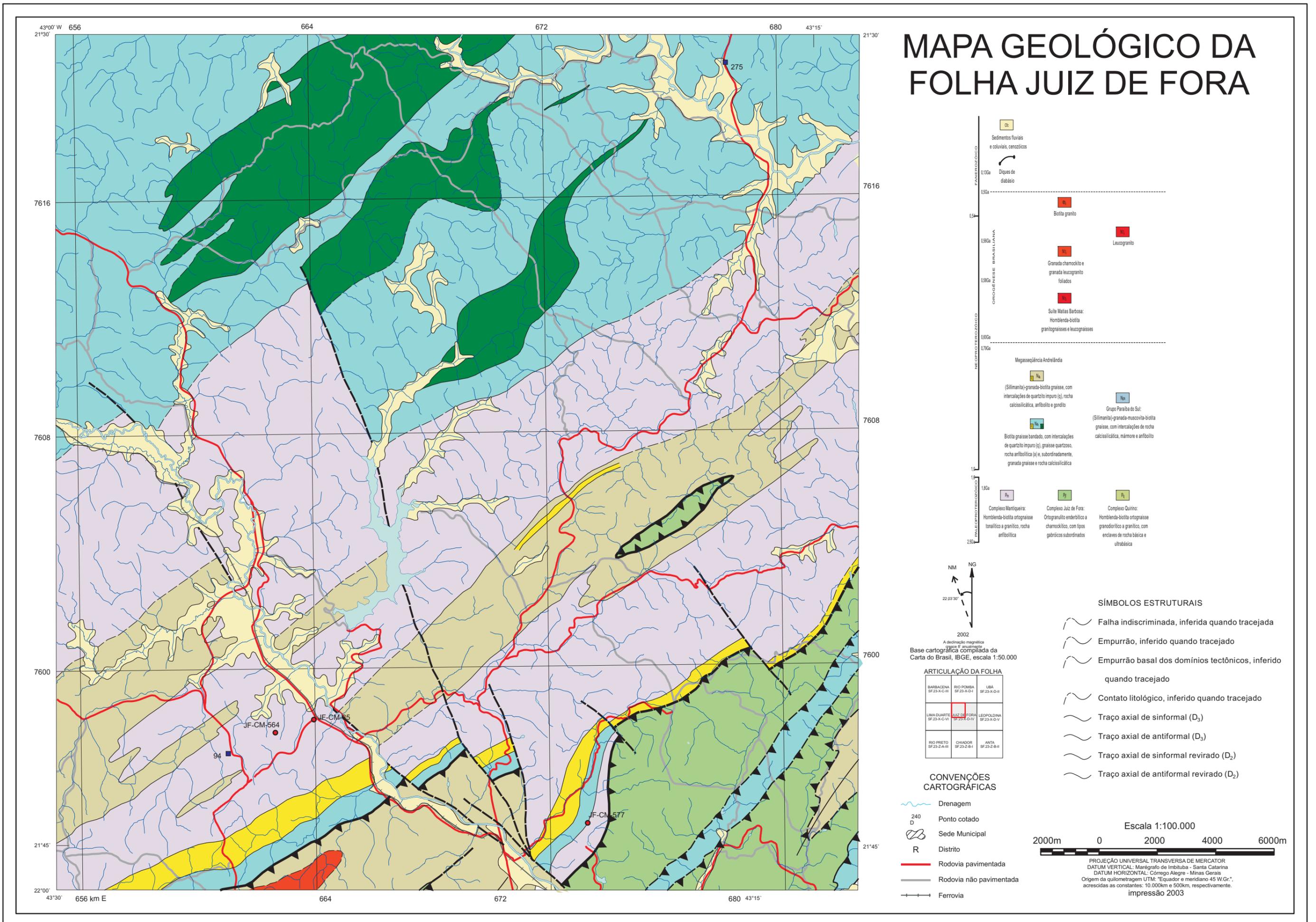


Figura 32 - Mapa de Localização dos pontos da suíte 4 da série calcioalcalina

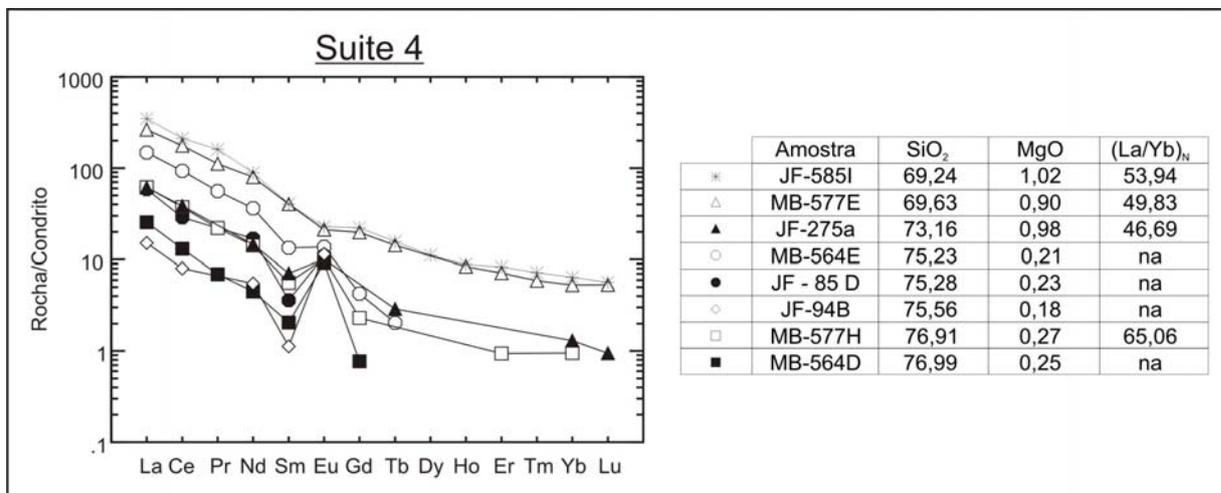


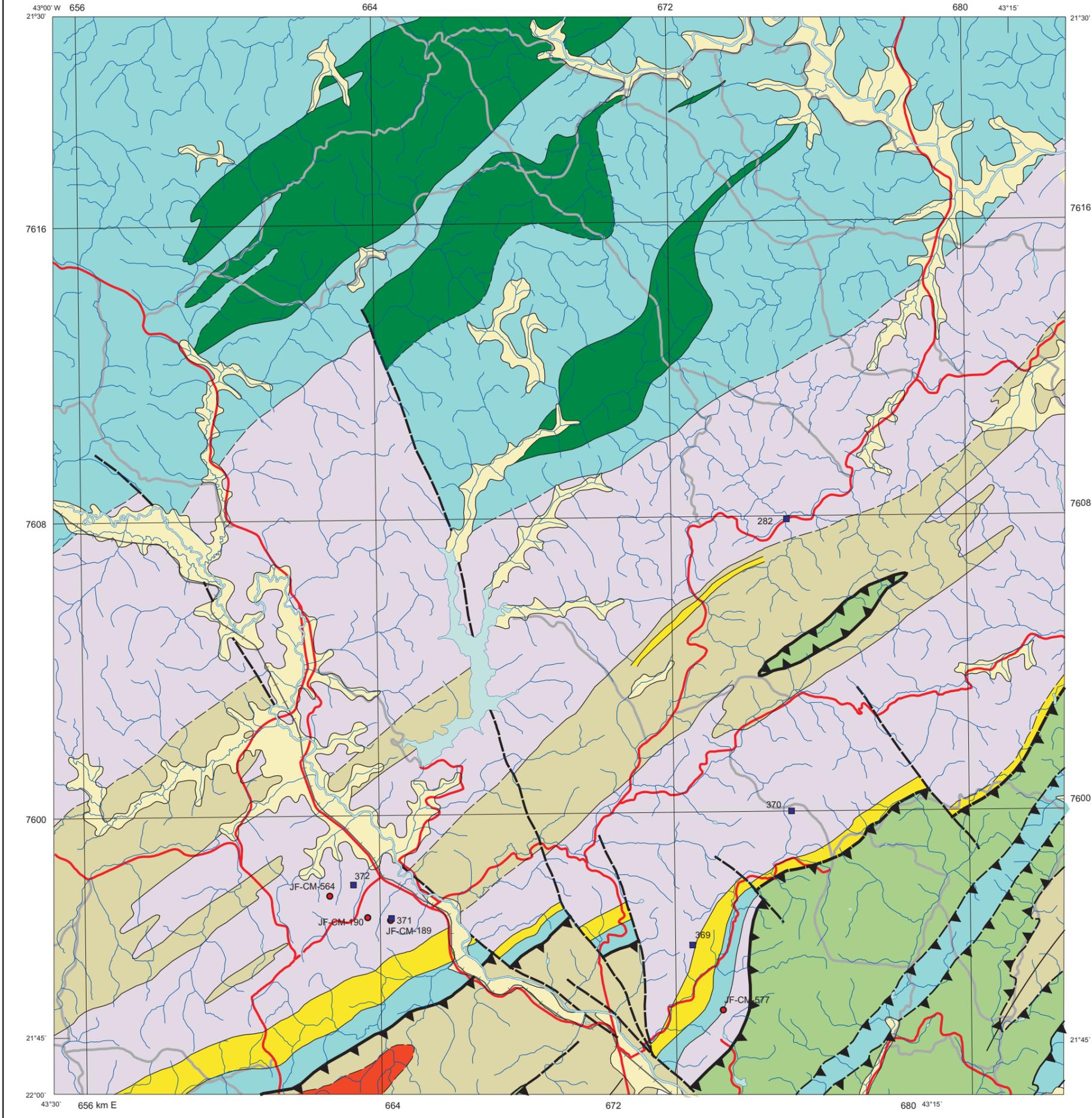
Figura 33 – Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para a suíte 4 da série calcioalcalina

e) Suíte 5

A suíte 5 localiza-se a sudoeste da área de estudo, com exceção dos pontos JF370, JF-369 e JF-577 que localizam-se a sudeste da área e do ponto JF-282 que encontra-se a nordeste da área (Figura 34). Esta suíte é composta por uma associação litológica composta de ortognaisses de coloração rosa, porfiroclástico, de composição tonalítica a granítica, levemente foliado, é intrusiva em todos os outros litotipos e possui enclaves dos mesmos. Ela é formada pelo agrupamento 4 e 5 (JF-370, JF-282A, JF-372, JF-367F, 369A, 367D, 371G, 189B), definidos pelos dados de Nogueira (1999), e pelo agrupamento 4 (JF-577C, JF-564A, JF-190A1, JF-190A2, 190D, 564B), definido pelos dados de Duarte (1998)

Quimicamente possui SiO₂ variando de 65,99 a 77,02 e [La/Yb]_N variando de 82,70 a 171,36 (variação de 2,07), exceção feita à amostra 367F que tem [La/Yb]_N igual a 468,19 (Tabela 15; Figura 35).

MAPA GEOLÓGICO DA FOLHA JUIZ DE FORA



FASE GEOLÓGICA

PERÓTIPO

ORÓGENESE BRASILEIRANA

NEOPROTEROZOICA

PALEOPROTEROZOICA

2002
A designação magnética grupo 6 atualizada
Base cartográfica compilada da Carta do Brasil, IBGE, escala 1:50.000

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

BARBACENA SF.23-X-C-III	RIO POMBA SF.23-X-D-I	LIBA SF.23-X-D-II
LIMA DUARTE SF.23-X-C-VI	JUIZ DE FORA SF.23-X-D-IV	LEOPOLDINA SF.23-X-D-V
RIO PRETO SF.23-Z-A-III	CHADOR SF.23-Z-B-I	ANTA SF.23-Z-B-II

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Drenagem
- 240 Ponto cotado
- Sede Municipal
- R Distrito
- Rodovia pavimentada
- Rodovia não pavimentada
- Ferrovia

SÍMBOLOS ESTRUTURAIS

- Falha indiscriminada, inferida quando tracejada
- Empurrão, inferido quando tracejado
- Empurrão basal dos domínios tectônicos, inferido quando tracejado
- Contato litológico, inferido quando tracejado
- Traço axial de sinformal (D₃)
- Traço axial de antiformal (D₃)
- Traço axial de sinformal revirado (D₂)
- Traço axial de antiformal revirado (D₂)

ESCALA 1:100.000

2000m 0 2000 4000 6000m

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM VERTICAL: Marégrafo de Imbituba - Santa Catarina
DATUM HORIZONTAL: Corrego Alegre - Minas Gerais
Origem da quilometragem UTM: "Equador e meridiano 45 W.Gr.",
acrescidas as constantes: 10.000km e 500km, respectivamente.
Impressão 2003

Figura 34 - Mapa de Localização dos pontos da suíte 5 da série calcioalcalina

Tabela 15 – Características Químicas da Suíte 5 da série calcioalcalina

Amostra	SiO ₂	(La/Yb) _N	Zr/Hf	Ta/Nb	Nb/Ta	Rocha
JF-CM-516I	60,62	72,89	43,56	0,05	19,04	Granodiorito
JF-370	65,99	82,70	39,39	0,1	10	Granito Róseo
MB-577C	67,67	150,51	42,45	-----	26,23	Granodiorito
MB-564A	68,8	139,56	37,53	-----	27,5	Granodiorito
JF - 190 A1	70,29	113,1	42,71	-----	-----	Granodiorito
JF-282A	70,32	86,33	37,07	0,07	13,79	Granito Róseo
JF - 190 A2	71,1	144,28	35	-----	-----	Granito
JF - 190 D	71,31	116,19	42,26	-----	-----	Granodiorito
JF - 189 B	71,34	-----	41,25	-----	-----	Granito
JF-372	72,28	171,36	35,38	0	-----	Granito Róseo
JF-367F	73,16	468,19	35,71	0	-----	Granito Róseo
MB-564B	73,3	103,15	40,92	-----	48,57	Granito
JF-369A	74,52	144,14	32,73	0,19	5,26	Granito Róseo
JF-371G	74,66	90,43	34,4	0,04	23,08	Leucogranito
JF-367D	77,02	115,8	32,31	0	-----	Gnaiss Tonalítico

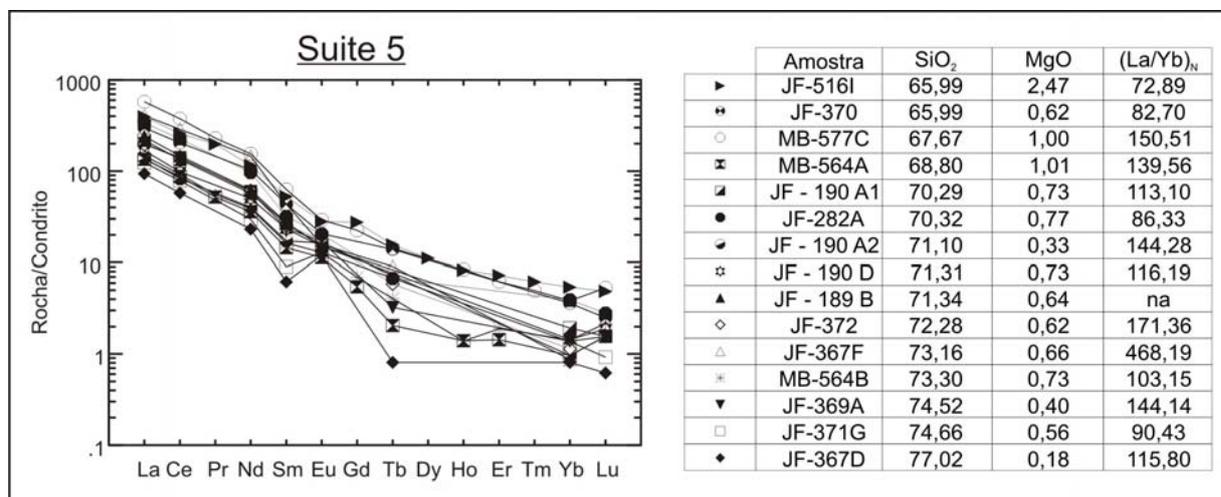


Figura 35 – Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boyton (1984) para a suíte 5 da série calcioalcalina

f) Amostras JF-CM-231A e JF-CM-369C

As amostras JF-CM-231A e JF-CM-369C, com valores de SiO_2 , respectivamente, de 58,71 e 61,00 e de $[\text{La}/\text{Yb}]_N$ de 2,4 e 2,8, não apresentam características semelhantes a qualquer das suítes anteriormente definidas (Tabela 16 e Figura 36), integrando, portanto, um grupo isolado.

Tabela 16 – Características Químicas das amostras JF-CM-231A e JF-CM-369C da série calcioalcalina

Amostra	SiO_2	$(\text{La}/\text{Yb})_N$	Zr/Hf	Ta/Nb	Nb/Ta	Rocha
JF-231A	58,71	2,4	32,7	0,01	109,09	Gnaiss Mesocrático
JF-369C	61,00	2,8	37,37	0,04	23,61	Gnaiss Tonalítico

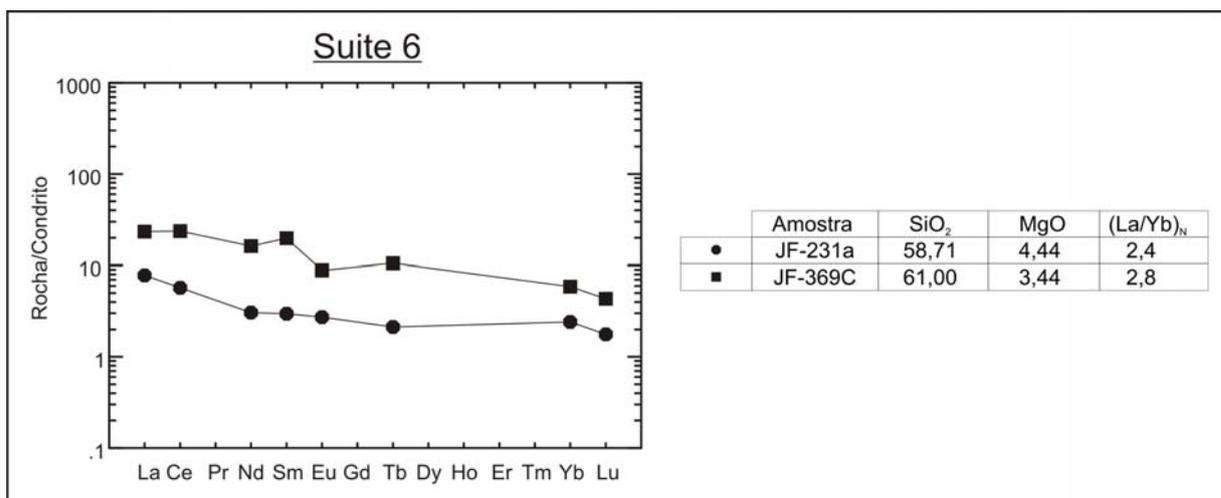


Figura 36 – Diagrama do padrão de distribuição dos ETR, normalizados pelo condrito de Boynton (1984) para as amostras JF-CM-231A e JF-CM-369C da série calcioalcalina