

ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL DE PREENCHIMENTO DE UM VEIO DE ROCHA BASÁLTICA ASSOCIADA ÀS AMETISTAS – VILA SÃO GABRIEL/PLANALTO, RIO GRANDE DO SUL

Rejane Maria Scopel (CPGeo - IG/UFRGS)
Milton Luiz Laquintinie Formoso (IG/UFRGS)
Alain Meurnier (Université de Poitiers)
Patrick Dudoignon (Université de Poitiers)

RESUMO

Os produtos de alteração hidrotermal mais comuns dos basaltos com veio, na Vila São Gabriel/Planalto, são os argilo-minerais, zeolitas, calcita e sílica (quartzo, opala e calcedônia). A observação petrográfica e os dados geoquímicos permitiram identificar as fases secundárias de preenchimento do veio. Este preenchimento se dá, da periferia para o centro do mesmo, por: a) argilo-mineral marrom (ferri-montmorilonita), b) zeolita prismática (heulandita) e/ou interestratificado fibro-radiado saponita/clorita e c) interestratificado fibro-radiado saponita/clorita.

SUMMARY

SCOPEL, R.M.; FORMOSO, M.L.L.; MEUNIER, A.; DUDOIGNON, P. 1990 Hydrothermal alteration related to vein filling in amethyst-bearing basaltic rocks - São Gabriel/Planalto - RS.

Clay minerals, zeolites, calcite and silica (quartz, opal and chalcedony) are the most common hydrothermal alteration products of the basalts with veins in São Gabriel (Planalto) Region. The petrographic and geochemical studies led to the identification of the secondary phases which fill the veins. From the border to the centre, the filling of the veins comprises: a) brown clay mineral (ferri-montmorillonite), b) prismatic zeolite (heulandite) and/or fibro-radiated saponite/chlorite, and c) interstratified saponite/chlorite.

INTRODUÇÃO

As rochas vulcânicas da Bacia do Paraná correspondem a uma das maiores províncias de basalto continental no mundo, com a extensão de 1.200.000 km² (Maack, 1952). As rochas vulcânicas que dominam são os basaltos toleíticos, perfazendo 90%, acompanhados por andesitos toleíticos com cerca de 7% e riolitos e riolitos com 3%.

As rochas basálticas têm sido estudadas mais direcionadas à petrografia, geoquímica, composição isotópica e natureza do vulcanismo.

A alteração hidrotermal dos basaltos tem sido muito investigada em ambiente marinho e áreas geotermiais (locais onde é fornecida a oportunidade de estudar os processos de alteração de fluidos e minerais). Em ambiente continental, a alteração hidrotermal de basaltos tem sido pouco estudada.

A feição mais característica da alteração hidrotermal é a mudança da assembléia mineralógica inicial para outra de minerais mais estáveis, sob condições de temperatura e pressão hidrotermais e principalmente dependente do fluido de alteração. Em um único tipo de rocha pode haver variações dessas condições.

Quando as rochas cristalinas sofrem a ação de fluidos hidrotermais, transformações mineralógicas são produzidas. Elementos são recombinados "in situ" e outros são transportados ou trazidos pelos fluidos. Raramente, uma fase monomineralica é o resultado da alteração. Novos minerais substituem alguns constituintes primários e outros ficam totalmente ou parcialmente intactos. No caso de vazios (veios, vesículas e geodos), as variações de temperatura e composição podem ocorrer desde distâncias milimétricas até vários metros.

AMOSTRAGEM E MÉTODOS ANALÍTICOS

A ocorrência estudada localiza-se na região de Planalto, Vila São Gabriel, RS.

A coleta da amostra foi feita no nível do derrame que contém geodos (fig. 1) e foi selecionada em função da mineralogia e estrutura (veio). Esta rocha denominada de rocha com veio apresenta um microambiente diferente das rochas com geodos. Estas últimas, além de argilo-minerais, preenchendo o vacúolo (geodo), revelam a presença de sílica não só como quartzo, calcedônia e opala, mas também ametista.

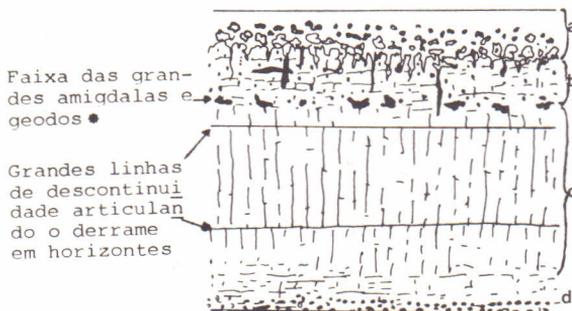


Figura 1 : Seção típica de um derrame de basalto. * - nível onde foi realizado o estudo da alteração hidrotermal; a - mistura de arenito e basalto vesicular, característica do topo; b - basalto vesicular com diaclasma predominantemente horizontal; c - basalto compacto, diaclasamen

to predominantemente vertical; e d - basalto vesicular basal, diaclasamento predominantemente horizontal.

O nível que contém geodos é caracterizado por basalto de cor cinza-escura, contendo algumas amígdalas, veios e diaclasamento predominantemente vertical. No local de estudo, a espessura aflorante do nível mineralizado a ametista é de 3,0 m. Este nível corresponde à zona não vesicular (densa) semelhante à descrita por Auble et al. (1988), onde as vesículas são raras ou inteiramente ausentes.

O estudo petrográfico constituiu a base do presente trabalho. Para a confecção da lâmina foi utilizada a técnica de impregnação (Crovisier, 1979), pois a amostra apresenta grande quantidade de material argiloso. A identificação das fases de alteração foi feita por difração de RX sobre pó de minerais e de argilas em lâminas orientadas (naturais e glicoladas). A morfologia de alguns constituintes mineralógicos foi visualizada através do microscópio eletrônico de varredura (MEV). Análises químicas pontuais dos micrositios de alteração puderam ser realizadas com o auxílio das microssondas CAMECA MS46 e CAMECA SX50. Foi realizado um perfil fotográfico com o auxílio do microscópio óptico e foi possível localizar precisamente cada sítio escolhido para análise. As composições químicas de minerais analisados a microssonda eletrônica são apresentadas na forma de: a) tabelas de análises com percentagem ponderal de óxidos e fórmulas estruturais calculadas sob as seguintes bases: argilo-minerais (ferri-montmorilonita) em base de 11 oxigênios, zeolitas em base de 18 oxigênios e interestratificados saponita/clorita em base de 14 oxigênios, b) diagramas triangulares (com as médias das análises e $Fe^* = Fe$ total).

ESTUDO MACROSCÓPICO

Esta rocha apresenta cor cinza-escura e é atravessada por veios preenchidos por minerais prismáticos rosados (heulandita), argilo-mineral preto (interestratificado saponita/clorita), minerais branco-vítreos (calcita) e branca forma de agulhas (mordenita). Estes foram identificados por difração de raios X (fig. 2).

MINERALOGIA DE ALTERAÇÃO

Microscopicamente, na amostra estudada, o veio varia de 0,3 a 9,2 mm de largura. Nesta região, observa-se que o veio apresenta da extremidade para o interior três tipos de preenchimentos: 1) fina banda (que varia de 0,12 a 0,20 mm), sinuosa, de matriz criptocristalina marrom (figs. 3.1 e 3.2) com birrefringência média, identificada como ferri-montmorilonita. As composições químicas das ferri-montmorilonitas estão na tabela 1. O teor de Al^{3+} no octaédrio é elevado, variando de 1,04 a 1,08 e o de Fe^{2+} de 0,35 a 0,49. No diagrama triangular Al-Fe-Mg situam-se próximas ao pólo Al (fig. 4); 2) minerais de forma prismática, incolores, com birrefringência baixa e planos de clivagem bem desenvolvidos (plano 010)-heulandita (fig. 3.3). Mostram composições químicas com elevado teor de SiO_2 (52,38 a 66,27%) (tabela 2). A razão Si/Al, na estrutura mineral, varia de 3,68 a 4,53 e é inferior à razão Si/Al das clinoptilonitas, que são a espécie do grupo da heu-

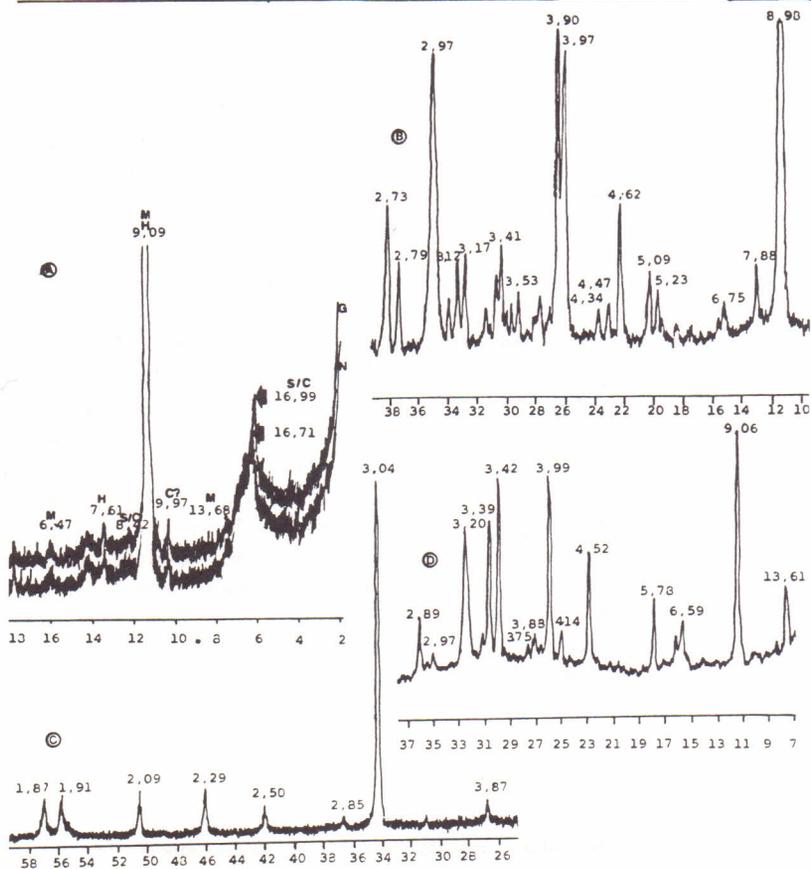


Figura 2 : Difratogramas de Raios X - $2^\circ 2\theta$ Co K α .

A - s/c: interestratificado saponita/clorita, M: mordenita e H: heulandita, N: natural e G: glicolada.
 B - heulandita; C - calcita; D - mordenita.

landita mais rica em Si^{4+} ($\text{Si}/\text{Al}=5$), conforme Lanau (1985). São pobres em Na^+ (0,54 a 0,67) (fig. 5); 3) argilo-minerais fibro-radiados de cores que variam de verde a marrom, com birrefringência média, e extinção ondulante. Ocorrem principalmente na parte interna do veio, mas, localizadamente, estão nos interstícios entre os minerais prismáticos (figs. 3.4, 3.5 e 3.6). As composições químicas mostradas na tabela 3, calculadas em base de 14 oxigênios, apresentam teores de Si^{4+} elevados (acima de 3,46) e o somatório do octaédrio com valores baixos (5,03-5,65) para serem consideradas composições de cloritas. Quando do cálculo de fórmula estrutural, com base de 11 oxigênios, a carga não é zero, conclui-se que estas composições devem corresponder aos interestratificados saponita/clorita. A razão $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ dos interestratificados é de 0,50. No diagrama triangular da fig. 6, estão localizadas as médias das composições dos interestratificados saponita/clor

rita.

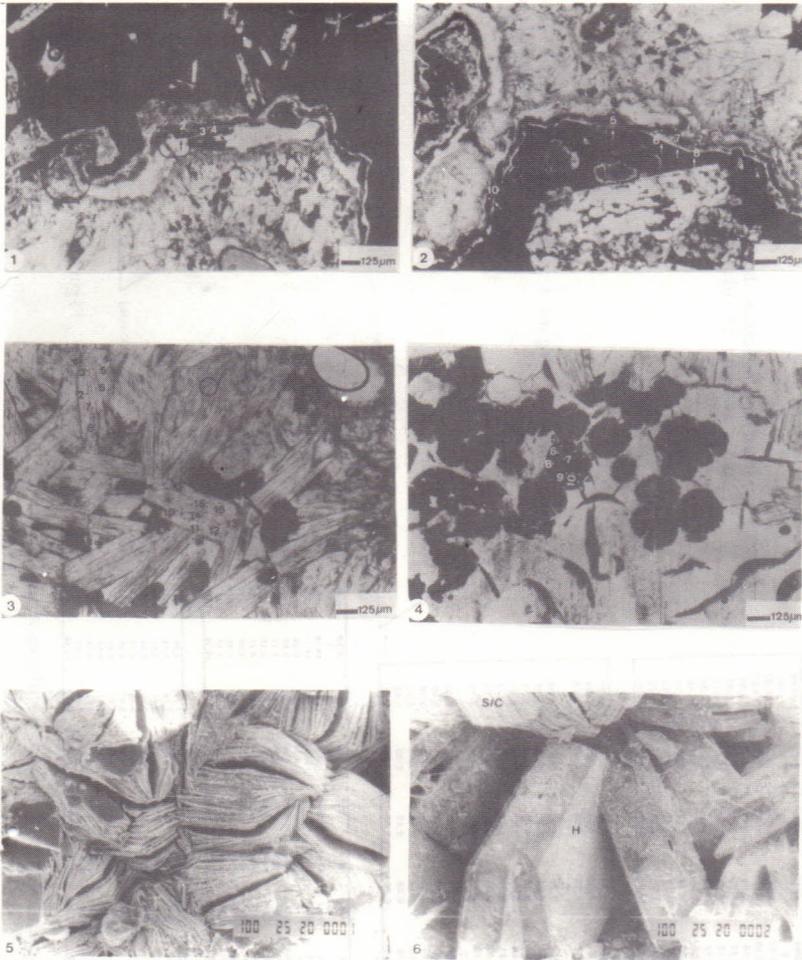


Figura 3 : Produtos de alteração hidrotermal de preenchimento do veio.

- 1 - Fotomicrografia da fina banda sinuosa de matriz (nº 2 a 4) (Ferri-montmorilonita) que preenche a parte mais externa do veio (limite superior).
- 2 - Idem a fotomicrografia 1, limite inferior (nº 5 a 8).
- 3 - Fotomicrografia dos minerais prismáticos, incolores com finas cli vagens (Heulandita). Estão associados localizadamente a argilo-mi nerais fibro-radiados.
- 4 - Fotomicrografia dos argilo-minerais fibro-radiados (saponita/clorita) que preenchem a parte mais interna do veio (nº 2 a 10).
- 5 - Eletromicrografia dos Interestratificados saponita/clorita.
- 6 - Eletromicrografia da associação Heulandita (H) e Interestratificada do saponita/clorita (s/c).

nom	AMV1	AMV2	AMV3	AMV4	AMV5	AMV6	AMV7	AMV9
n°	2	3	4	5	6	7	8	10
SiO2	58,48	50,31	49,84	50,47	47,70	55,80	51,34	56,97
Al2O3	14,20	11,94	12,49	12,58	10,74	13,45	12,64	14,31
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe2O3	7,84	7,28	6,48	7,27	7,85	7,45	7,38	6,83
MgO	6,04	4,62	4,80	5,17	3,89	5,48	5,16	6,17
TiO2	0,01	0,06	0,30	0,13	0,30	0,07	0,24	0,30
MnO	0,18	0,04	0,12	0,00	0,00	0,07	0,10	0,46
CaO	0,90	1,55	1,13	1,22	1,16	1,17	0,55	0,78
Ni2O	1,16	0,98	1,14	0,00	0,19	0,47	0,18	1,32
K2O	1,40	1,34	1,86	1,56	1,31	2,04	1,91	1,25
Total	90,23	78,11	78,18	78,40	73,14	86,01	79,60	88,38

Tabela 1 : Análises químicas da fina banda que preenche a parte mais externa do veio (ferri-montmorilonita = AMV).

base 11	Fe3+									
Si	3,94	3,94	3,91	3,92	3,98	3,96	3,93	3,91		
Al	0,06	0,06	0,09	0,08	0,02	0,04	0,07	0,09		
Fe3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Al	1,07	1,04	1,06	1,07	1,04	1,08	1,07	1,07		
Fe2+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Fe3+	0,40	0,43	0,38	0,43	0,49	0,40	0,43	0,35		
Mg	0,61	0,54	0,56	0,60	0,48	0,58	0,59	0,63		
Ti	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02		
Mn	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05		
oct	2,09	2,02	2,03	2,10	2,03	2,07	2,12	2,12		
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ca	0,06	0,13	0,09	0,10	0,10	0,09	0,04	0,06		
Na	0,15	0,15	0,17	0,00	0,03	0,06	0,03	0,18		
K	0,12	0,13	0,19	0,18	0,14	0,18	0,19	0,11		
OH	0,40	0,54	0,55	0,38	0,38	0,43	0,30	0,40		
eq cna	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		

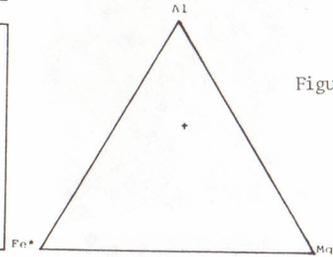


Figura 4 : Diagrama triangular Al-Fe-Mg com a média das composições das ferri-montmorilonitas.

nom	ZEO1	ZEO2	ZEO3	ZEO4	ZEO5	ZEO6	ZEO7	ZEO8	ZEO9	ZEO10	ZEO11	ZEO12	ZEO13	ZEO14	ZEO15
n°	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO2	83,39	85,28	84,25	84,84	82,83	82,45	82,87	80,83	89,89	85,77	85,74	86,87	82,38	85,98	84,28
Al2O3	14,17	13,48	12,50	12,25	11,75	12,77	13,29	13,06	12,83	13,83	13,17	13,75	12,07	13,82	13,42
FeO	0,24	0,30	0,38	0,39	0,39	0,46	0,00	0,00	0,13	0,56	0,09	0,48	0,42	0,00	0,21
Fe2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,88	0,32	0,24	0,08	0,57	0,83	0,04	0,78	0,82	0,58	0,17	0,80	0,48	0,48	0,88
TiO2	0,38	0,63	0,60	0,56	0,84	0,26	0,68	0,68	0,54	0,84	0,78	0,88	0,08	0,53	0,47
MnO	0,12	0,00	0,04	0,09	0,03	0,15	0,01	0,00	0,00	0,08	0,27	0,16	0,00	0,13	0,07
CaO	5,81	4,93	4,69	4,82	4,28	5,08	5,08	4,82	5,14	4,85	4,89	4,92	4,57	5,09	5,09
Ni2O	0,33	0,27	0,14	0,00	0,29	0,29	0,83	0,86	0,13	0,29	0,42	0,22	0,75	0,07	0,08
K2O	0,18	0,52	0,57	0,43	0,48	0,37	0,44	0,45	0,53	0,50	0,52	0,67	0,51	0,58	0,33
Total	87,55	85,88	84,16	73,29	81,45	82,84	83,24	81,22	79,62	87,07	86,08	86,32	71,21	86,56	86,56

Si	7,10	7,25	7,29	7,14	7,34	7,22	7,21	7,13	7,17	7,21	7,28	7,21	7,08	7,24	7,28
Al	1,87	1,78	1,87	1,88	1,82	1,74	1,80	1,82	1,82	1,76	1,72	1,75	1,92	1,78	1,74
Fe2+	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,00	0,03	0,01	0,01	0,04	0,05	0,00	0,02	0,04
Fe3+	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,14	0,05	0,04	0,02	0,10	0,14	0,01	0,14	0,11	0,09	0,03	0,10	0,09	0,08	0,11
Ti	0,03	0,05	0,07	0,05	0,07	0,02	0,04	0,04	0,07	0,08	0,07	0,07	0,01	0,04	0,04
Mn	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00
Ca	0,87	0,59	0,57	0,67	0,54	0,83	0,82	0,81	0,86	0,57	0,58	0,57	0,86	0,80	0,80
Na	0,07	0,08	0,18	0,00	0,07	0,06	0,18	0,15	0,03	0,08	0,08	0,08	0,29	0,01	0,01
K	0,07	0,11	0,08	0,07	0,07	0,05	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,05
eq cna	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00	-14,00

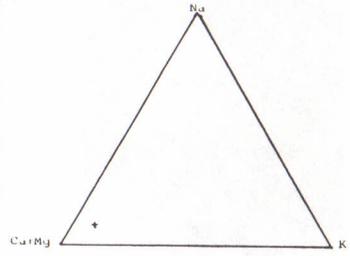


Figura 5 : Diagrama triangular Na-K-Ca+Mg com a média das composições químicas das Heulanditas.

Tabela 2 : Análises químicas dos minerais prismáticos, incolores e com finas clivagens (Heulandita = ZEO).

nom	AFIB158	AFIB159	AFIB160	AFIB161	AFIB162	AFIB163	AFIB164	AFIB165	AFIB166	AFIB167
Si	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	37,09	36,55	31,10	34,18	34,17	35,51	35,45	41,45	34,85	28,88
Al ₂ O ₃	7,88	10,37	11,89	8,37	12,12	11,27	12,39	11,41	10,78	8,81
FeO	22,81	22,45	25,14	20,94	28,81	23,92	26,73	24,82	24,24	22,83
FeCO ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	10,57	12,97	13,60	11,95	15,20	15,60	15,10	14,55	14,58	11,68
TiO ₂	0,00	0,12	0,04	0,24	0,00	0,00	0,32	0,00	0,05	0,00
MnO	0,18	0,67	1,51	0,15	1,09	0,72	1,23	0,35	0,58	0,90
CaO	2,51	1,33	0,91	1,68	1,18	1,66	0,72	1,37	1,30	0,59
Na ₂ O	0,37	0,48	0,99	0,41	0,52	0,00	0,48	1,01	0,70	0,88
K ₂ O	0,00	0,54	0,33	0,74	0,46	0,18	0,55	0,71	0,36	0,39
total	81,42	88,49	85,70	78,68	91,37	89,88	92,08	95,68	87,42	72,74

base 14	Fe ²⁺									
Si	4,11	3,81	3,38	3,93	3,46	3,62	3,51	3,90	3,64	3,46
Al	-0,11	0,19	0,62	0,07	0,54	0,38	0,49	0,10	0,36	0,54
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,14	1,08	0,87	1,07	0,90	0,98	0,95	1,16	0,97	0,80
Fe ²⁺	2,12	1,95	2,32	2,01	2,25	2,04	2,21	1,95	2,12	2,44
Fe ³⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	1,75	2,17	2,20	2,05	2,29	2,37	2,23	2,04	2,27	2,24
Ti	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Mn	0,03	0,10	0,24	0,03	0,16	0,11	0,18	0,05	0,09	0,17
out	5,03	5,32	5,64	5,17	5,61	5,50	5,59	5,29	5,45	5,95
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,30	0,15	0,11	0,21	0,13	0,18	0,08	0,14	0,15	0,08
Na	0,08	0,10	0,21	0,09	0,10	0,00	0,09	0,18	0,14	0,22
K	0,00	0,07	0,05	0,11	0,08	0,02	0,07	0,09	0,05	0,08
chl	0,68	0,47	0,47	0,81	0,42	0,39	0,31	0,55	0,48	0,45
mg cha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 3 : Análises químicas dos minerais fibro-radiados (Interestratificado saponita/clorita = AFIB).

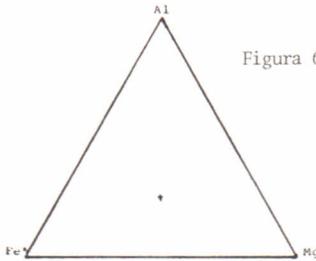


Figura 6 : Diagrama triangular Al-Fe-Mg com as médias químicas dos Interestratificados saponita/clorita.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

As paragêneses esmectita e interestratificados saponita/clorita são características de áreas geotermiais. São formadas com temperaturas entre 200^o e 270^oC (Kristmannóttir, 1978). São comuns ocorrências de zeolitas (heulandita e mordenita) com argilo-minerais nos veios, sugerindo que aqueles minerais são formados provavelmente por precipitação de solução no vazio após reação química entre vidro e solução. Kristmannóttir (op.cit.) cita temperaturas acima de 100^o C para formação dessas zeolitas em basaltos toleíticos de áreas geotermiais.

O veio representa o local de grande influência da atividade hidrotermal. A evidência da circulação de fluido é manifestada pelo seu preenchimento. O fluido provavelmente enriquecido em Al³⁺, Fe²⁺, Mg²⁺, Si⁴⁺ e Ca²⁺ percolou a rocha com grande permeabilidade (veio) precipitando, da borda do veio para o centro, ferri-montmorilonita, heulandita e interestratificado saponita/clorita. Ocorre uma diminuição de Al³⁺ e aumento de Fe²⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺ para o interior do veio.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AUBELE, J.C.; CRUMPLER, L.C.; WOLFGANG, E.E. 1978 Vesicle zonation and vertical structure of basalt flows. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 35, Amsterdam, p. 349-374.
- CROIVISIER, J.L. 1979 Technique d'induration superficielle pour la réalisation de lames minces dans les matériaux poreux. *Cah Orstom, sér. Pedologie*, 18(3), p. 229-231.
- KRISTMANNÓTTIR, H. 1978 Alteration of basaltic rocks by hydrothermal activity at 100 - 300 . In: *Proceedings International Clay Conference*, M.M. Farmer , v.c. ed., p. 359-367.
- MAACK, R. 1952 Die entwicklung der Gondwana schichten Süd-Brasiliens und ihre Beziehungen zur Karru Formation, Süd-Afrikas. In: *Geochemical Stratigraphy of the Paraná Continental flood basalts: borehole evidence*. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, 18(2), p. 212-221.