GEOLOGIA E GEOQUÍMICA DOS FILÕES DE FLUORITA SEGUNDA LINHA TORRENS E COCAL - SC *

MARCEL AUGUSTE DARDENNE* e CLOVIS NORBERTO SAVI**

ABSTRACT In the fluorite province of Southern Brazil (Santa Catarina State), the mineralized veins are positioned in open NS to N30E trending faults. Those faults are open fractures in the crystalline basement (granites and quartz-monzonites of the Upper Proterozoic), that from a paleogeographic high, limiting the eastern edge of Paraná Basin. The mineralized faults also cut across Eocambrian porphyry-quartz dykes, Upper Carboniferous sediments of Itararé Group and Upper Cretaceous diabase dykes. The fluorite veins show a symmetrical and/or asymmetrical simple zonation, characterized by banded fluorite, fine and coarse breccias, "cocardes" and associated geodes. Fluorite samples are green, light-yellow and white in color, and are found associated with chalcedony, quartz, barite, pyrite, kaolinite and more rarely galena. Precipitation of fluorite occur in melange zone between rising hydrothermal fluids and connate water in sediments of the Itararé Group, that is underlain by crystalline basement. The formation of fluorite veins is linked to the evolution of the rifting event that separated the South-American and African continents, probably from the end of Cretaceous to the beginning of Tertiary. The origin of fluids investigated by oxygen and sulphur isotope studies in barite, fluid inclusions in fluorite and rare earth distribution in various types of fluorite samples, is related to convective circulations of superficial waters percolated at depth, which are then heated, starting the leaching of fluorine from basement rocks and depositing fluorite during the ascending process towards the surface.

INTRODUÇÃO No presente trabalho, que constitui o prolongamento dos estudos geológicos desenvolvidos sobre os filões de fluorita Segunda Linha Torrens e Cocal, situados a mais ou menos 15 km a nordeste da cidade de Criciúma, município de Morro da Fumaça (Santa Catarina), apresentam-se dados geoquímicos relativos a inclusões fluidas, terras raras e isótopos de enxofre e oxigênio, que contribuem significativamente na elaboração de um modelo genético para a origem desses filões.

OS FILÕES DE FLUORITA SEGUNDA LINHA TORRENS E COCAL Esses filões, que pertencem à província de fluorita da Região Sul do Brasil (Fig. 1), foram reconhecidos inicialmente por Putzer (1955, 1976) e estudados sucessivamente por Angeiras & Teixeira (1965), Teixeira (1969a e b), Bevilacqua (1973), Willing (1973), Horbach & Marimon (1980, 1982), Savi (1980), Savi & Dardenne (1980).

Quadro geológico regional Os filões são encaixados em falhas de direção NS a N30E abertas no embasamento cristalino que constitui, desde o Carbonífero, um alto paleogeográfico limitando a borda oriental da Bacia do Paraná (Fig. 1). Essas falhas normais cortam tanto o embasamento cristalino (granitos e quartzo-monzonitos do Proterozóico Superior) como os diques de quartzo-pórfiro (Eo-Cambriano), os sedimentos do Grupo Itararé (Carbonífero Superior) e os diques de diabásio (Cretáceo Superior).

A mineralização de fluorita O filão Cocal mostra, no nível 40, uma zonation simples simétrica (Fig. 2a) caracterizada por fluorita bandada de cor amarelo-claro e branco acompanhada por sílica e, localmente, por veios e vênulas de fluorita roxa (Savi 1980, Savi & Dardenne 1980).

Figura 1 - Distribuição dos principais filões de fluorita do Estado de Santa Catarina (Segundo Horbach & Marimon 1982, Savi & Dardenne 1980)

* Dept^o de Geociências, Universidade de Brasília, CEP 70910, Brasília, DF, Brasil.

** Minerflour S.A., CEP 88 800, Criciúma, SC, Brasil.

O filão Segunda Linha Torrens, descrito nos níveis 40 e 70 (Savi 1980, Savi & Dardenne 1980), além de mostrar como no caso precedente uma zonação simples simétrica (Fig. 2a), apresenta também uma zonação assimétrica (Fig. 2b), caracterizada pela presença de brechas grossas e finas, de "cocardes" e geodos associados.

Figura 2 - Representação esquemática dos diferentes tipos de zonação observados nos filões Segunda Linha Torrens e Cocal (Segundo Savi 1980)

Nesse filão, a fluorita ocorre com as cores verde, verde-claro, amarelo-claro e branco. É intimamente associada à calcedônia em proporções variáveis. Os minerais acessórios mais comuns são a barita, o quartzo, a pirita, a caolinita e, muito raramente, a galena.

No contato com a encaixante quartzo-monzonítica, aparece no teto uma salbanda argilosa de dimensão decimétrica que traduz um intenso fenômeno de alteração hidrotermal de média a baixa temperatura.

A origem das zonas de brechas e "cocardes" é relacionada à movimentação sinistral da falha, com deslocamento longitudinal do bloco Leste em direção ao Sul (Willing 1973, Savi 1980, Savi & Dardenne 1980). Esses movimentos são acompanhados pela introdução de fluidos mineralizantes que depositam novas gerações de fluorita e calcedônia.

DADOS GEOQUÍMICOS Para progredir no conhecimento dos filões de fluorita de Santa Catarina, deve-se realizar paralelamente aos trabalhos geológicos, estudos geoquímicos que venham a fundamentar as teorias genéticas avançadas. Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos a partir da análise isotópica do enxofre e do oxigênio da barita, do estudo das inclusões fluidas da fluorita por microtermometria e da determinação do espectro das terras raras por ativação neutrônica.

Isótopos do enxofre e oxigênio da barita A análise por espectrometria de massa dos isótopos do enxofre ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) e do oxigênio ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) de uma amostra de barita associa-

da a fluorita foi realizada no Laboratoire de Géologie Dynamique, da Universidade Pierre e Marie Curie, em Paris. Os resultados a seguir

$^{18}\text{O}/\text{SMOW} = +12,8\text{‰}$ $^{34}\text{S}/\text{CDT} = +8,0\text{‰}$ mostram valores frequentemente encontrados nos fluidos hidrotermais (Pilot 1974).

Inclusões fluidas da fluorita O estudo das inclusões fluidas visou determinar a composição química e a temperatura dos fluidos mineralizantes aprisionados durante a precipitação da fluorita. Foi realizado no laboratório da Ecole Normale Supérieure de Paris, com um equipamento de criotermometria do tipo Chaix-Meca, que permite observar o comportamento das fases num intervalo de temperatura compreendido entre -190 °C e $+600\text{ °C}$ com uma reprodutibilidade de $\pm 0,1\text{ °C}$.

As inclusões observadas contêm uma fase aquosa e uma bolha de retração, indicando que as condições de observação são diferentes das de formação, quando o fluido aprisionado era homogêneo. Os métodos utilizados foram os seguintes:

- microtermometria, para estimar a temperatura de formação da fluorita (temperatura de homogeneização, T_h);
- microcrioscopia, para determinar a salinidade equivalente das soluções aprisionadas (temperatura de fusão do gelo, T_f).

A Fig. 3 ilustra os resultados obtidos sobre as amostras de fluorita verde, verde-claro, amarelo-claro e branca para as inclusões primárias, pseudo-secundárias e secundárias (Fotos 1, 2, 3, 4, 5, e 6). Os diversos tipos de inclusões apresentam temperaturas de homogeneização compreendidas entre 125 °C e 145 °C , enquanto as temperaturas de fusão, variando entre 0 °C e -2 °C , traduzem a baixa salinidade (equivalente a 0 – 2% de NaCl) das soluções mineralizantes.

Figura 3 - Temperaturas de homogeneização e fusão do gelo nas inclusões fluidas primárias, pseudo-secundárias e secundárias da fluorita (Filão Segunda Linha Torrens)

* SMOW Standart Meur Ocean Water

**CDT: Cañon Diablo Troilite

1

2

3

4

5

6

Foto 1 – Inclusão primária na fluorita verde (x 500) Foto 2 – Inclusão primária na fluorita verde (x 312,5) Foto 3 – Inclusão pseudo-secundária na fluorita amarela (x 312,5) Foto 4 – Inclusão pseudo-secundária na fluorita amarelo-clara (x 312,5) Foto 5 – Inclusões secundárias na fluorita amarelo-clara (x 125) Foto 6 – Inclusões secundárias na fluorita amarelo-clara (x 125)

As correções de temperatura devidas à pressão e salinidade são mínimas em função da pequena espessura da cobertura sedimentar sobreposta ao embasamento na época da formação dos filões de fluorita e das baixas salinidades observadas nas soluções.

Concluindo, é possível dizer que os diversos tipos de fluorita foram depositados a partir de soluções diluídas caracterizadas por uma temperatura em torno de 130-140°C. Paralelamente, a homogeneidade das medidas realizadas nos permite concluir que os fluidos mineralizantes são oriundos

de uma mesma fonte ou de fontes com características semelhantes, resultantes de um mesmo processo global.

Espectro das terras raras da fluorita As análises de terras raras foram realizadas por ativação neutrônica no laboratório de Pierre Süe do Commissariat à l'Energie Atomique, em Saclay. O método, não destrutivo, e a preparação das amostras foram descritos em detalhe por Marchand (1976) e Marchand *et al.* (1976). A precisão das análises é da ordem de $\pm 5\%$. São apresentados na Tab. 1 os resultados analíticos obtidos em diversas amostras que pertencem a várias gerações de fluorita verde, verde-clara, amarelo-clara e branca. As concentrações determinadas para a soma das terras raras variam entre 153 e 12 ppm.

Para melhor comparar os resultados entre si, utilizam-se as curvas normalizadas aos condritos (Figs. 4 e 5), que permitem visualizar, sobre um número reduzido de figuras, a anomalia eventual em európio e os enriquecimentos e empobrecimentos eventuais em terras pesadas e leves.

FILÃO DE FLUORITA SEGUNDA LINHA TORRENS

Em valores absolutos, as fluoritas precoces bandadas de verde, verde-claro, cinzento-azulado e amarelo mostram, de maneira geral, concentrações maiores em relação às fluoritas tardias bandadas e geódicas de cor amarelo-clara e branca. Apesar disso, os espectros das terras raras normalizadas aos condritos apresentam uma configuração semelhante (Figs. 4a, b, c, d) com importante e característica anomalia negativa em európio: $Eu/Eu^* < 1$

$$Eu^* = Eu_c(Sm/Sm_c - 2/3(Sm/Sm_c - Tb/Tb_c))$$

c = condritos

No bandamento das fluoritas precoces, observa-se uma cristalização em continuidade de fluoritas de cor sucessiva-

mente verde ou verde-claro, cinza-azulado e amarelo-claro, que oferecem teores em terras raras decrescentes, mas com espectros ainda semelhantes. Esses dados demonstram, neste caso particular, que houve precipitação da fluorita a partir de uma solução com composição inicial definida e que sofreu um empobrecimento relativo durante a precipitação da fluorita (Fig. 4d).

FILÃO DE FLUORITA COCAL Nas fluoritas do Filão Cocal, onde predominam o amarelo-claro a muito claro e o branco mais ou menos translúcido, foram registradas as menores concentrações de terras raras (Tab. 1), mas as curvas normalizadas aos condritos conservam o aspecto característico observado anteriormente no Filão Segunda Linha Torrens, com uma importante anomalia negativa em európio (Fig. 5).

MODELO GENÉTICO As diversas hipóteses genéticas já avançadas para os filões de fluorita de Santa Catarina, assim como o modelo proposto pelos autores, serão examinadas e discutidas sucessivamente.

Relação com o magmatismo granítico Inicialmente, a origem dos fluidos hidrotermais mineralizantes foi relacionada ao magmatismo granítico da província (Putzer 1955, Angeiras & Teixeira 1965). Os próprios Angeiras & Teixeira (1965) e Teixeira (1969a, b) contestaram-na em função do caráter posterior da mineralização que corta diques de diabásio datados em 88 Ma pelo método K-Ar e em 131 Ma pelo método Rb-Sr (Teixeira 1969b) e se contentaram em classificar os filões como de origem hidrotermal sem maiores detalhes. Nos trabalhos mais recentes, quase todos os autores (Willig 1973, Horbach & Marimon 1980, 1982,

Tabela 1 — Análises das terras raras nos diversos tipos de fluorita dos filões Segunda Linha Torrens e Cocal, SC

	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Total	Eu*	Eu/Eu*	Cor
F ₂ A	6,3	19,7	10,6	3,37	0,93	1,21	5,2	0,75	48,06	1,5	0,62	Verde-claro
Fa ₃ A	6,1	17,8	11,5	2,8	0,92	1,1	4,7	0,66	45,58	1,4	0,65	Verde-claro
Fa ₄ A	21,0	56,8	37,0	1,26	3,18	4,10	16,6	2,5	153,78	5,4	0,59	Verde
F ₅	19,6	53,2	30,5	9,4	1,96	2,46	12,5	1,88	133,96	3,53	0,55	Verde
F ₆ A	22,7	56,7	37,10	10,5	2,6	3,0	12,8	2,0	147,4	4,18	0,62	Verde-claro
F ₇	3,3	12,9	4,3	2,18	0,64	1,12	8,2	1,23	33,87	1,33	0,48	Verde-claro
F ₁₂	3,0	17,7	12,2	3,3	1,8	2,2	14,5	2,2	56,9	2,50	0,72	Verde-claro
F ₁₄	5,8	16,4	8,1	2,3	0,75	0,9	4,1	0,6	38,95	1,14	0,65	Verde-claro
F ₂ B	4,3	20,4	11,1	4,9	1,33	2,98	13,9	2,06	60,97	3,44	0,38	Acinzentado
F ₃ B	5,6	30,3	14,5	7,8	1,7	5,1	22,9	3,5	91,4	5,82	0,29	Acinzentado
F ₆ B	2,3	17,6	0	4,3	1,97	2,5	18,5	2,8	49,97	2,91	0,67	Acinzentado-azulado
F ₄ B	2,1	11,6	4,9	3,34	1,12	1,79	9,2	1,43	35,48	2,12	0,53	Amarelo-claro
F ₆ B	1,97	12,6	0	2,8	1,3	1,8	10,2	1,6	32,27	2,06	0,63	Amarelo-claro
F ₈ A	7,7	21,1	11,6	3,38	1,24	1,34	6,6	1,04	54,00	1,70	0,73	Amarelo
F ₄ 8	1,7	9,2	0	1,7	0,7	1,17	6,7	1,0	22,17	1,32	0,53	Amarelo-geodo
F ₁	1,5	6,8	4	1,49	0,43	0,87	4,7	0,71	20,5	1,01	0,42	Branco
F ₁₀	1,6	4,9	0	0,85	0,26	0,38	1,82	0,27	10,08	0,46	0,56	Branco-amarelado
F ₁₁	2,1	6,2	1,0	1,26	0,33	0,55	2,05	0,31	12,8	0,68	0,48	Branco
F ₁₃	1,75	5,2	0	1,18	0,33	0,62	2,47	0,37	11,92	0,74	0,44	Branco-amarelado

Figura 4a – Curvas normalizadas aos condritos das fluoritas verdes do Filão Segunda Linha Torrens, SC

Figura 4b – Curvas normalizadas aos condritos das fluoritas cinza-azulado do Filão Segunda Linha Torrens, SC

Figura 4c – Curvas normalizadas aos condritos das fluoritas amarelas e brancas do Filão Segunda Linha Torrens, SC

Figura 4d – Curvas normalizadas aos condritos das fluoritas verdes, cinza-azulado e amarelas no bandejamento do Filão Segunda Linha Torrens, SC

Savi 1980, Savi & Dardenne 1980) concordam no sentido de considerar a origem dos filões de fluorita em geral sem qualquer vínculo com o magmatismo granítico pré-cambriano.

Relação com o magmatismo alcalino Desde o trabalho de Willig (1973), diversos autores (Horbach & Marimon 1980 e 1982) defendem a existência de uma relação genética entre os filões de fluorita da província e as intrusões dos complexos alcalinos de Anitápolis (± 120 Ma) ou Lajes (± 65 Ma). O último trabalho de Horbach & Marimon (1982) é bastante explícito, ligando a gênese dos filões ao carbonatito de Lajes. Os argumentos apresentados pelos autores precedentes são fundamentados essencialmente no estudo da tectônica em escala regional do sudeste catarinense. Dados geoquímicos, essenciais para sustentar tal hipótese, são inexistentes. Por outro lado, deve-se salientar a ausência de fluorita nesses carbonatitos e as distâncias importantes que

Figura 5 – Curvas normalizadas em relação aos condritos das fluoritas do Filão Cocal (SC) – Fluoritas bandadas do nível 40.

separam a área de ocorrência dos filões em relação aos focos alcalinos.

Recentemente, foram publicados dados interessantes de terras raras relativos ao carbonatito de Lajes (Scheibe & Formoso 1982). A curva normalizada aos condritos (Fig. 6) apresentada pelos autores é totalmente diferente das curvas observadas para as fluoritas dos filões Segunda Linha Torrens e Cocal, obedecendo ao comportamento teórico das terras raras durante a diferenciação magmática alcalina (Taylor 1965):

- os magmas residuais deverão enriquecer-se nos elementos maiores do grupo, as terras leves ou céricas (La até Eu), em oposição às terras raras menores, as terras pesadas ou ítricas (Gd até Lu), que são precipitadas nos primeiros estágios da diferenciação magmática;
- os teores registrados em terras leves são, de fato, muito elevados no carbonatito de Lajes e podem atingir vários milhares de ppm, sobretudo para La e Ce.

Figura 6 — Curvas normalizadas em relação aos condritos para os teores de terras raras e ítrio de cinco amostras de carbonatitos da Fazenda Varela (Segundo Scheibe & Formoso 1982)

Se a origem dos filões de fluorita fosse relacionada à concentração de fluidos hidrotermais durante a fase magmática residual de natureza carbonática, teores semelhantes em terras leves deveriam ser esperados, assim como um déficit extremo em terras pesadas. Este não é o caso: em geral, os teores em terras leves são relativamente baixos, observando-se um aparente equilíbrio entre as terras leves e pesadas e mesmo um ligeiro enriquecimento para as terras pesadas (Fig. 4 e 5).

Assim, no estágio atual do conhecimento geoquímico dos filões de fluorita Segunda Linha Torrens e Cocal, a relação direta de sua gênese com o magmatismo alcalino parece pelo menos prematura e não fundamentada.

Lixiviação das rochas encaixantes em profundidade

Desde o trabalho de Willig (1973), aceita-se o papel relevante do rifteamento que provocou a separação das placas africana e sul-americana na gênese dos filões de fluorita de Santa Catarina (Horbach & Marimon 1980 e 1982, Savi 1980, Savi & Dardenne 1980). É possível que a circulação dos fluidos hidrotermais fosse relacionada não somente ao rifteamento mesoatlântico, mas também indiretamente às intrusões alcalinas através de movimentos convectivos induzidos na escala regional pelo gradiente térmico originado por elas mesmas.

Neste contexto, Savi & Dardenne (1980) salientaram a possibilidade de relacionar o conteúdo em flúor, sílica e bário dos fluidos hidrotermais com a lixiviação parcial em profundidade das rochas do embasamento (granitos calcoalcalinos, leucogranitos, gnaisses) por esses mesmos fluidos.

A relação genética avançada entre a formação dos filões de fluorita e a abertura do Atlântico Sul no Cretáceo encontra o seu equivalente na Europa Ocidental com a abertura do Atlântico Norte no Triássico.

Para verificar essa hipótese, devem-se comparar as curvas de distribuição das terras raras nessas litologias com as curvas obtidas a partir da análise das fluoritas.

As curvas normalizadas aos condritos dos granitos calcoalcalinos, leucogranitos e gnaisses e de seus minerais constituintes foram extraídas da literatura internacional (Fourcade 1978, *apud* Grappin *et al.* 1979; Towell *et al.* 1965; Green *et al.* 1972) e reproduzidas na Fig. 7.

Comparando essas curvas com as obtidas para os filões Segunda Linha Torrens e Cocal (Figs. 4 e 5), pode-se visualizar a semelhança delas. É importante salientar também que a contribuição da biotita deve ter sido essencial em função da anomalia negativa em európio observada: alteração preferencial? Comparativamente à biotita, a contribuição dos feldspatos deve ter sido bem menor, tendo em vista que o bário, apesar de constantemente presente sob a forma de barita, aparece somente em pequenas quantidades. É ainda possível que a contribuição dos feldspatos tenha sido mais efetiva em relação aos fluidos hidrotermais que precipitaram as fluoritas verdes onde, a anomalia negativa em európio é menos acentuada.

Neste contexto, é importante lembrar uma conclusão de Savi (1980), a qual destaca o fato de que, devido à baixa salinidade das inclusões, o efeito complexante da solução sobre as terras raras é desprezível e, conseqüentemente, a curva obtida para as fluoritas analisadas é representativa da composição da solução hidrotermal original (Marchand *et al.* 1976, Grappin *et al.* 1979).

Figura 7 – a) Curvas normalizadas aos condritos dos domínios dos granitos calco-alcálinos e leucogranitos (Segundo Fourcade 1978, In: Grappin et al. 1979)

b) Curvas da biotita, de um plagioclásio (An 20) e de um feldspato potássico (Segundo Towell et al. 1965)

Assim, é possível elaborar um modelo genético (Fig. 8) para os filões de fluorita Segunda Linha Torrens e Cocal onde, a favor do rifteamento ocorrido, infiltrações de águas meteóricas e conatas são aquecidas em profundidade, provocam a lixiviação de sílica, flúor e bário contidos nos minerais (feldspato potássico e, sobretudo, biotita) dos granitos calco-alcálinos (Grappin et al. 1979) e, no fim de sua ascensão em direção à superfície, precipitam a fluorita junto com a calcedônia e a barita. Essa precipitação da fluorita é provocada pela diminuição da temperatura e da pressão, acontecendo preferencialmente abaixo da discordância que separa o embasamento cristalino dos sedimentos Itararé, onde ocorre o fenômeno de mélange com as águas conatas superficiais mais frias. Dessa maneira, os testemunhos do Itararé, acima do embasamento cristalino, constituem-se em importantes elementos na prospecção de filões de fluorita integralmente preservados da erosão, com extensão maior em profundidade e reservas de minério mais conseqüentes.

É importante salientar aqui que essas conclusões são válidas unicamente para os filões do tipo Segunda Linha Torrens e Cocal. A situação de outra geração de filões, provavelmente anterior, caracterizada pelas cores roxo-escuro, verde-escuro, verde-azulado e amarelo-vivo, é ainda um proble-

ma em aberto que está sendo estudado no Departamento de Geociências de Brasília. Acredita-se que o mecanismo geral descrito no modelo genético proposto deve ser semelhante, mas a caracterização geoquímica desses filões pode ser totalmente diferente da dos dois exemplos estudados neste trabalho.

Figura 8 – Perfil esquemático ilustrando a circulação dos fluidos mineralizantes e a formação dos filões de fluorita

1, 2 e 3 – Soluções continentais infiltradas em profundidade, aquecidas, provocando a lixiviação dos elementos: H_2O , SiO_2 , F^- , Ba^{++} , Cl^- , Na^+ , ...

4 – Soluções conatas nos sedimentos do Grupo Itararé

5 – Zona de mélange

CaF_2 : filões de fluorita

CONCLUSÕES A caracterização do ponto de vista geoquímico dos filões Segunda Linha Torrens e Cocal cuja geologia e evolução são relativamente bem conhecidas, a partir dos estudos de isótopos estáveis (oxigênio e enxofre), de inclusões fluidas e de terras raras, permitiu a elaboração de um modelo genético fundamentado em dados concretos, onde a origem dos fluidos hidrominerais é relacionada à infiltração de águas superficiais e conatas a favor do rifteamento mesoatlântico, que propiciou a separação das placas africana e sul-americana. Esses fluidos, aquecidos em profundidade, provocaram a lixiviação de sílica, flúor e bário contidos nos minerais constituintes (especialmente a biotita) das rochas do embasamento cristalino e precipitaram a fluorita, associada a calcedônia e barita, no fim do seu movimento ascendente ao nível da discordância delimitada pela base dos sedimentos Itararé.

Agradecimentos Os autores querem agradecer especialmente ao CNPq pelos auxílios fornecidos (Processos n.ºs 201585-82 e 405583-82), sem os quais esse trabalho não poderia ser realizado; à Minerfluor, que permitiu a realização dos trabalhos de campo e a amostragem dos filões Segunda Linha Torrens e Cocal; ao Professor M. Treuil e, sobretudo, ao pesquisador do CNRS J.L. Joron, pelo grande auxílio prestado nas análises das terras raras no laboratório de Pierre Süe no Commissariat à l'Énergie Atomique de

Saclay; ao Professor Letolle e ao pesquisador P. Lecolle pela determinação dos isótopos do oxigênio e do enxofre no Laboratoire de Géologie Dynamique da Universidade de

Paris VI; à pesquisadora N. Guilhaumou pela orientação no estudo das inclusões fluidas no laboratório da Ecole Normale Supérieure de Paris.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGEIRAS, A.G. & TEIXEIRA, C.A.S. — 1965 — Nota sobre a gênese da fluorita em Morro da Fumaça. *Eng. Min. Met.*, 252:185-188, 258-259.
- BEVILÁQUA, C.T. — 1973 — *Perfil analítico da fluorita*. Rio de Janeiro, DNPM, 11p. (Boletim 14) :
- GRAPPIN, C.; TREUIL, M.; YAMAN, S.; TOURAY, J.C. — 1979 — Le spectre des terres rares de la fluorine en tant que marqueur des propriétés du milieu de dépôt et des interactions entre solutions minéralisantes et roches sources. Exemple pris dans le district de la Marche Orientale (France). *Mineral. Deposita*, 14:297-309.
- GREEN, T.H.; BRUNFELT, A.O.; HEIER, K.S. — 1972 — R.E.E. distribution and K/Rb ratios in granulites, mangerites and anorthosites, Lafoten Vesteraalen, Norway. *Geochim. and Cosmoch. Acta*, 36:241-257.
- HORBACH, R. & MARIMON, R.G. — 1980 — Esboço da evolução tectônica e seu significado na gênese dos depósitos de fluorita no sudeste catarinense. In: CONGR. BRAS. GEOL. 31, Baln. Camboriú, *Anais...* Baln. Camboriú, SBG, v. 3, p.1540-1551.
- HORBACH, R. & MARIMON, R.G. — 1982 — Contribuição à geologia do distrito de fluorita de Santa Catarina, Salvador. *Bol. Téc. Projeto RADAM-BRASIL*. Ser. Geologia, n.º 1, 104 p.
- MARCHAND, L. — 1976 — *Contribution à l'étude des lanthanides dans la fluorine*. Orléans, 81 p. (Thèse de Spécialité, Univ. d'Orléans).
- MARCHAND, L.; JOSEPH, D.; TOURAY, J.C.; TREUIL, M. — 1976 — Critères d'analyse géochimique des gisements de fluorine basée sur l'étude de la distribution des lanthanides, application aux gîtes de Maine (Cordesse, France). *Mineral Deposita*, 11:357-379.
- PILOT, J. — 1974 — *Les isotopes en géologie (Méthodes et applications)*. Paris, Doin, 176 p.
- PUTZER, H. — 1955 — Geologia da Folha de Tubarão. DFPM/DNPM, Rio de Janeiro, 94 p. (Bol. n.º 96) :
- PUTZER, H. — 1976 — *Metallogenetische Provinzen in Südamerika*. Stuttgart, Schweizer bart'sche Verlagsbuchhandlung, 316 p.
- SAVI, C.N. — 1980 — *Gênese e controle das mineralizações de fluorita da região de Criciúma, SC*. Brasília, 112 p. (Dissertação de Mestrado, UnB.)
- SAVI, C.N. & DARDENNE, M.A. — 1980 — Zonação, paragênese e controles da mineralização de fluorita do filão Segunda Linha Torrens, município de Morro da Fumaça (Santa Catarina). In: CONGR. BRAS. GEOL., 31, Baln. Camboriú, 1980, *Anais...* Baln. Camboriú, SBG, v. 3, p. 1743-1757.
- SCHEIBE, L.F. & FORMOSO, M.L.L. — 1982 — Contribuição da geoquímica das terras raras à caracterização dos carbonatitos da Fazenda Varela, Lajes, SC. *Rev. Bras. Geoc.*, 12(4):553-561.
- TAYLOR, S.R. — 1965 — The application of trace element data to problems in petrology. *Phys. Chem. Earth*, 6:133-213.
- TEIXEIRA, C.A.S. — 1969a — *Relatório preliminar da geologia das quadriculas de Braço do Norte e Morro da Fumaça, SC*. Porto Alegre, DNPM, 1º Distrito, 39 p. (Relatório interno.)
- TEIXEIRA, C.A.S. — 1969b — *Relatório de datações geocronológicas do projeto básico da Região Leste de Santa Catarina e do projeto específico da fluorita*. Porto Alegre, DNPM, 1º Distrito, 39 p. (Relatório interno.)
- TOWELL, D.G.; WINCHESTER, J.W.; SPRIN, R.V. — 1965 — Rare earth distributions in some rocks and associated minerals of the batholith in the southern California. *J. Geophys. Res.*, 70:3485-3495.
- WILLIG, C.D. — 1973 — Observações sobre os controles e a gênese dos depósitos de fluorita de Santa Catarina. *Min. Met.*, 343:36-41.

MANUSCRITO

Recebido em 01 de agosto de 1984

Revisão aceita em 06 de setembro de 1984

O progresso na geologia do Pré-Cambriano tem sido excepcionalmente grande, mesmo que igualmente intrigante para os geólogos da geração mais antiga; apenas há 30 ou 40 anos atrás o Pré-Cambriano aparecia como um prelúdio incerto e mesmo místico da evolução geológica.

L.J. Salop. Prefácio de "Geological Evolution of the Earth during the Precambrian, 1983.