

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Estudo cristalográfico de minerais do grupo do pirocloro  
no Brasil**

Marcelo Barbosa de Andrade

Orientador: Prof. Dr. Daniel Atencio

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO

2007

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do  
Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Andrade, Marcelo Barbosa de

Estudo cristalquímico de minerais do grupo do  
pirocloro no Brasil / Marcelo Barbosa de Andrade.

- São Paulo, 2007.

207 f. : il.

Tese (Doutorado) : IGc/USP

Orient.: Atencio, Daniel

1. Brasil: Mineralogia 2. Cristalquímica 3.  
Microlita 4. Pirocloro 5. Pegmatitos 6. Carbonatito  
7. Nomenclatura mineralógica I. Título

*Dedico este trabalho a Josefa Isabel Felícia, minha avó, exemplo de dedicação e perseverança que, desde a minha mais tenra infância me incentivou a ter uma boa formação para ser doutor quando crescesse.*



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Daniel Atencio pela orientação em todas as etapas da pesquisa, pelas interpretações refinadas de situações mineralógicas extremamente complicadas e pelo companheirismo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES que tornou este trabalho financeiramente viável.

Aos professores doutores Fábio Ramos Dias de Andrade e Gergely A. J. Szabó, que contribuíram com suas comentários e sugestões no exame de qualificação, fundamentais para o desenvolvimento da presente tese.

Aos técnicos do Instituto de Geociências que sempre se mostraram extremamente prestativos: Marcos Mansueto (Microsonda Eletrônica), Flávio Carvalho (Raios X), Isaac Jamil Sayeg (Microscopia Eletrônica), Paulo Roberto Molinaro (Laboratório de Confecção de Lâminas para Microsonda), Sandra Andrade (Química), e aos companheiros da pós-graduação Lucelene Martins, Frederico Vilalva, Gaston Rojas e Rogério Azzone.

Aos funcionários do IG-USP que ajudaram diariamente nas etapas do trabalho: Ana Paula Cabanal e Magali P. F. Riso (Secretaria de Pós-Graduação), Sônia G. C. Vieira e Valéria Cristina de S. R. Santos (Secretaria do GMG), Tadeu Caggiano (Apoio acadêmico) e Maria Aparecida Bezerra (Biblioteca).

À minha esposa Tatiana Rodrigues, minha mãe Wilma Silva, minha irmã Viviane Andrade e ao meu querido irmão Rogério Andrade, sem o apoio dos quais este trabalho não teria sido realizado.



*Há quem diga que a ciência acabou, que a história acabou. Isso é uma besteira; como se fôssemos Deus e conhecêssemos a estrutura de todo o Universo. (...) Há sempre coisas novas, há sempre perguntas a fazer.*

*José Leite Lopes*





## RESUMO

Os minerais do grupo do pirocloro ( $A_2B_2X_6Y_1$ ) apresentam grande interesse econômico, principalmente como fonte de nióbio e tântalo, metais que possuem importantes aplicações tecnológicas como a fabricação de aço e a confecção de componentes eletrônicos. Apesar de seu interesse científico e econômico, a maioria das ocorrências brasileiras de minerais do grupo do pirocloro está apenas parcialmente caracterizada ou não dispõe de nenhum estudo mineralógico. Adicionalmente, o atual sistema de classificação dos minerais do grupo do pirocloro, apesar de aprovado pela IMA, não segue as regras gerais de nomenclatura de minerais da própria IMA. Na posição A, não há diferenciação na ocupação por Ca e por Na, e se um ou mais cátions diferentes de Na ou Ca compuserem mais de 20 % total de átomos na posição A, então a espécie é nomeada pelo átomo mais abundante em A (exceto Na e Ca). Por outro lado, a espécie fluornatromicrolita foi aprovada com base na predominância de Na na posição A. Com relação à ocupação da posição B, a divisão entre os grupos não é feita com uma classificação tripartite: as espécies com  $Nb + Ta > 2Ti$  e  $Nb > Ta$  são consideradas como do subgrupo do pirocloro; se  $Nb + Ta > 2Ti$  e  $Ta \geq Nb$ , o mineral irá pertencer ao subgrupo da microlita; e se  $2Ti \geq Nb + Ta$ , o mineral irá pertencer ao subgrupo da betafita. Espécies isoestruturais com outros cátions predominantes na posição B não são incluídas no grupo do pirocloro (por exemplo, romeíta com Sb dominante). Os ânions não são levados em consideração na classificação, mas o flúor foi usado na aprovação da espécie fluornatromicrolita. Neste trabalho, são apresentados novos esquemas de nomenclatura para os minerais do grupo do pirocloro, que levam em consideração os íons ocupantes das posições A, B e Y. Os prefixos são sempre escritos por extenso (“hidroxi”, “fluor”, “calcio”, “natro” etc), enquanto os sufixos são representados por símbolos químicos (Na, F, H<sub>2</sub>O etc) ou por □ (vazio). Os nomes raízes relacionam-se aos cátions predominantes na posição B, levando a termos como pirocloro, microlita, betafita e romeíta. São apresentados novos dados químicos por MEV-EDS e WDS (incluindo análises de Si, normalmente negligenciado na maioria dos dados da literatura). Foram analisados minerais de seis ocorrências em pegmatitos e uma em carbonatito. Os resultados obtidos permitem separar as espécies em três “famílias”. A primeira delas poderia ser denominada “microlita”, envolvendo fluornatromicrolita, fluorcalcio microlita, oxinatromicrolita e oxicalcio microlita. Esta família foi identificada nas ocorrências da lavra do Morro Redondo, Coronel Murta, MG; lavra do Jonas, Conselheiro Pena, MG; mina Quixabá, Frei Martinho, PB; Pegmatito Volta Grande, Nazareno, MG; lavra do Ipê, Marilac, MG; e Pegmatito Ponte da Raiz, Santa Maria de Itabira, MG. A primeira das espécies, fluornatromicrolita, parece ser bem mais comum do que se imaginava, tendo sido descrita previamente no Brasil apenas em Quixabá, e agora verificada em diversas das ocorrências estudadas nesta tese. Apesar de usados os prefixos natro e cálcio, todas as amostras parecem tender para um termo de fórmula final  $(NaCa)Ta_2O_6F$ , ou seja, com  $Na=Ca$  em apfu, que poderia ser denominado, por exemplo, fluormicrolita-NaCa ou -CaNa. O oxigênio é, algumas vezes, superior ao flúor (em apfu) na cavidade Y, dando origem a espécie oxi-. A segunda família poderia ser denominada “hidromicrolita”, tendendo a  $[\square(H_2O)]Ta_2O_6(H_2O)$ . Esta fórmula, entretanto, não é eletricamente neutra, necessitando que na cavidade A, (H<sub>2</sub>O) seja parcialmente substituído por cátions (Ba, U etc), ao mesmo tempo que parte do O da posição X seja substituído por (OH). Minerais desta família foram verificados no Pegmatito Volta Grande, Nazareno, MG. A terceira família, do “pirocloro”, verificada apenas no carbonatito da mina Jacupiranga, Cajati, SP, inclui as espécies fluorcalcio pirocloro e oxicalcio pirocloro. Os novos nomes sugeridos parecem discriminar melhor as espécies, com base em cátions, vazios ou H<sub>2</sub>O predominantes nas posições A, B e Y.

permitindo inclusive uni-las em “famílias”. Esta nova nomenclatura apresenta também como vantagem não dar ênfase a componentes menores da cavidade A, bem como verificar nela a predominância de Ca ou Na. Adicionalmente, os cátions Ta, Nb e Ti passam a ter a mesma importância na cavidade B. Por outro lado são criados nomes “exóticos”, como hidromicrolita, ou “impronunciáveis”, como hidro-□-microlita.

**Palavras-chave:** microlita, pirocloro, cristalquímica, nomenclatura mineralógica, ocorrências brasileiras, pegmatitos, carbonatito.

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

