



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E
GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 424

**QUÍMICA MINERAL EM XENOTÍMIO E MINERAIS
ASSOCIADOS ÀS FASES PEGMATÓIDES DA FACIES ALBITA-
GRANITO, SUÍTE MADEIRA, MINA PITINGA, AMAZONA**

Dissertação apresentada por

GILVANA LIMA DA SOLEDADE

Orientador: Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão (UFPA)

Co-orientador: Dr. Hilton Tulio Costi (MPEG)

**BELÉM – PA
2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Soledade, Gilvana Lima da, 1980-
Química mineral em xenotímio e minerais
associados as fases pegmatóides da facies
albita-granito, suíte madeira, mina pitinga,
amazonas / Gilvana Lima da Soledade. - 2012.

Orientador: Claudio Nery Lamarão;

Coorientador: Hilton Tulio Costi.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
do Pará, Instituto de Geociências, Programa de
Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém,
2012.

1. Química mineralógica - Pitinga (AM). 2.
Cristais. 3. Microscópio petrográfico. I.
Título.

CDD 22. ed. 549.13098113



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

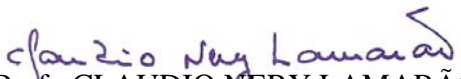
**QUÍMICA MINERAL EM XENOTÍMIO E MINERAIS
ASSOCIADOS ÀS FASES PEGMATÓIDES DA FACIES
ALBITA-GRANITO, SUÍTE MADEIRA, MINA PITINGA,
AMAZONAS**


DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR
GILVANA LIMA DA SOLEDADE

Como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Ciências na área de
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA

Data de aprovação: 05 / 08 / 2013

Banca Examinadora:


Prof. CLAUDIO NERY LAMARÃO
(Orientador - UFPA)


Prof. REGIS MUNHOZ KRÁS/BORGES
(Membro - UFPA)


Prof. AMANDA CRISTINA PIRES
(Membro - UDESC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, amigo sempre presente, sem o qual nada teria feito;

A Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Programa de pós-graduação em geologia e geoquímica (PPGG) pela infraestrutura disponibilizada para realização deste trabalho;

Ao CNPq pela concessão de bolsa e ao projeto de pesquisa “INCT de Geociências da Amazônia, (CNPQ/MCT/FAPESP- processo n° 573733/2008-2)”;

Aos meus orientadores, Doutor Claudio Lamarão e Doutor Hilton Túlio Costi pela orientação e o incentivo para finalização dessa dissertação. Em especial ao Doutor Hilton pela incansável companhia durante os estudos no MEV/EDS (Museu Emilio Goeldi);

Ao geólogo Evandro Klein (CPRM) pelo apoio e concessão para o uso dos laboratórios de preparação de amostras da CPRM;

À técnica do laboratório de laminação da UFPA, Joelma Lobo pela rápida confecção das seções delgadas e polidas utilizadas nesse trabalho que dinamizou bastante a minha pesquisa;

Ao Doutor João Orestes e David Adams (University of Western Australia) pela realização das análises por microsonda eletrônica;

Ao professor Rômulo Simões pelas discussões a respeito dos estudos realizados no Difratômetro de Raios-X;

A toda minha família e amigos que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida;

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa de Granitóides (GPPG), em especial Fabriciana Guimarães, Gilmara Feio e Paulo Lima.

A minha irmã de graduação Luciana Brelaz, pelo grande incentivo para que eu concluísse esta pesquisa;

E as minhas colegas Elisabeth Fonseca e Emanuela Brod (Vale S/A) pela valiosa ajuda nas interpretações dos diagramas geoquímicos.

RESUMO

A mina Pitinga está localizada na porção norte do estado do Amazonas. Dentro da área da mina Pitinga os plútons Madeira, Água Boa e Europa, agrupados na Suíte Madeira, foram datados no Paleoproterozóico. O Granito Madeira contém quatro fácies distintas: anfibólio-biotita-sienogranito, biotita-feldspato alcalino-granito, feldspato alcalino-granito hipersolvus porfirítico e a última fase é o albita-granito, uma rocha fortemente mineralizada em metais raros, com frações pegmatíticas associadas. Os pegmatitos apresentam cristais bem desenvolvidos de quartzo, feldspato potássico, albita, mica escura, criolita, minerais opacos e xenotímio, objeto deste estudo. A geoquímica das rochas estudadas mostrou que o albita-granito de núcleo equigranular (ABGN) possui concentrações de ETR variando de 187,43 a 328,03 ppm, alcançando 1.276,63 no ABGN fluidal, e de 6.916,07 ppm nos pegmatitos. As concentrações de ítrio variam de 48,80 a 128,80 no ABGN, de 83,30 a 240,60 ppm no ABGN fluidal e alcançam 1.193,40 ppm nos pegmatitos. O xenotímio, principal mineral de ETRP e Y, apresentou conteúdos de ETRP de 32% a 36% e Y de 21 a 25%. A distribuição dos ETR em xenotímios é diferente do observado no ABGN equigranular, ABGN fluidal e nos pegmatitos com forte enriquecimento nos ETRP, o que sugere a sua cristalização tardia a partir de fluidos altamente diferenciados e fracionados, contudo, todos os padrões exibem distribuição tipo *tetrad* com mais altos teores em ETRP em relação aos ETRL. Estudos por MEV/EDS nos cristais de xenotímio revelaram associações mineralógicas e padrões texturais incomuns, não observados na microscopia óptica, tais como: feições de exsolução de torita (ThSiO_4) e gagarinita [$\text{NaCaY}(\text{F},\text{Cl})_6$], fraturas preenchidas por galena, cassiterita, micas e criolita. Análises químicas por WDS nas áreas bastante alteradas e áreas menos alteradas nos xenotímios revelaram significativas diferenças químicas nas porções com exsoluções de gagarinita e torita das porções sem alteração. As áreas alteradas apresentaram teores de SiO_2 e ThO_2 mais baixos (média 0,05% e 0,06%, respectivamente) quando comparados aos das porções com alteração incipiente (média 0,40% de SiO_2 e 0,62% de ThO_2), chegando a um teor máximo de ThO_2 de 1,50%. A exsolução de torita em xenotímio, e as diferenças composicionais nos conteúdos de Th e Si, em porções alteradas e não alteradas do cristal, evidenciam que há remobilização destes elementos nas áreas alteradas do cristal, onde o Th incorporado a estrutura do xenotímio é exsolvido, precipitando-se na forma de torita. A associação xenotímio-gagarinita é inédita no contexto das mineralizações da Mina Pitinga e está pela primeira vez documentada neste trabalho, indicando que a gagarinita não está limitada aos veios de criolita e associada à fluocerita. Nos xenotímios, a gagarinita ocorre como grânulos exsolvidos orientados (áreas alteradas) e como inclusões (cristais subédricos a euédricos) e a torita como grânulos exsolvidos orientados. A Província Pitinga é responsável por 60% da produção brasileira de Sn com reservas associadas de Nb, Ta e F, além de teores anômalos de Zr, Y, Rb e Th. Somando-se a estas reservas, os óxidos de ETRP, também presente nos pegmatitos com concentrações de xenotímio, gagarinita e criolita viabilizam a exploração desses minérios como coprodutos.

Palavras-chave: Química mineral, Xenotímio, Pitinga.

ABSTRACT

The Pitinga Mine is located in the northern state of Amazonas. In this area, the plutons Pitinga, Madeira, Água Boa and Europa, grouped in Madeira Suite, were dated in the Paleoproterozoic. The Madeira Granite contains four distinct facies: amphibole-biotitesyenogranite, biotite alkali feldspar granite, porphyritic hypersolvus alkali feldspar and last phase is the albite-granite, a rock strongly mineralized in rare metals and associated with pegmatites. The pegmatites have well developed crystals of quartz, potassic feldspar, albite, dark mica, cryolite, opaque minerals and xenotime, this last subject of this study. The geochemistry of the rocks belong to Madeira Granite showed that the albite-granite equigranular core (ABGN) has REE concentrations ranging from 187.43 to 328.03 ppm, reaching 1276.63 in the fluidal ABGN, and 6916.07 ppm in pegmatites. The yttrium concentrations ranging from 48.80 to 128.80 at ABGN, from 83.30 to 240.60 ppm in the fluidal ABGN and 1193.40 ppm in pegmatites. The xenotime, main HREE and Y mineral ore presented HREE content of 32% to 36% and Y of 21 to 25%. The distribution of ETR on xenotime is different from that observed in the equigranular ABGN, fluidal ABGN and in the pegmatite with strong enrichment in HREE, which suggests their late crystallization from highly differentiated and fractionated fluids, however, all patterns exhibit tetrad distribution type with high levels in HREE compared to LREE. Studies by SEM / EDS in the xenotime crystals revealed mineralogical associations and unusual textural patterns, not observed in optical microscopy, such as: exsolution features of thorite (ThSiO_4) and gagarinita [$\text{NaCaY}(\text{F}, \text{Cl})_6$], fractures filled by galena, cassiterite, micas and cryolite. Chemical analysis by WDS in highly altered areas and less altered areas in xenotime crystals revealed significant chemical differences in the gagarinite and thorite exsolutions belong high altered portions when compared to the less altered and unchanged portions. The altered areas showed lower levels of SiO_2 and ThO_2 (average 0.05% and 0.06%, respectively) compared to those portions with incipient alteration (average 0.40% SiO_2 and 0.62% of ThO_2), reaching a maximum of 1.50% ThO_2 . The exsolution of thorite in xenotime, and differences in the compositional contents of Th and Si, in altered and unaltered portions of the crystal, show remobilization of these chemical elements in the altered areas of the crystal, where Th incorporated into the xenotime is exsolved, precipitating as thorite. The association xenotime-gagarinite is unprecedented in the context of mineralization of Pitinga mine and it is first documented in this work, indicating that the gagarinite is not limited cryolite veins and associated to fluorite. In the xenotime, the gagarinite occurs as oriented exsolved granules (altered areas) and as inclusions (subhedral to euhedral crystals) and thorite as oriented exsolved granules. The Pitinga Province is responsible for 60% of tin Brazilian production, with reserves associated to Sn Nb, Ta and F, beyond anomalous concentrations of Zr, Y, Rb and Th. Adding to these reserves, the HREE oxides, also present in the pegmatite with xenotime, gagarinite and cryolite, enable the exploitation of these minerals as byproducts.

Keywords: Mineral chemistry, Xenotime, Pitinga