



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 539

**EVOLUÇÃO MAGMÁTICO-HIDROTERMAL DO GRANITO
MOCAMBO, PROVÍNCIA ESTANÍFERA DO SUL DO PARÁ:
UM ESTUDO MORFOLÓGICO E COMPOSICIONAL DE
QUARTZO E CASSITERITA**

Dissertação apresentada por:

RUBEM SANTA BRÍGIDA BARROS NETO

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

BELÉM

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B277e Barros Neto, Rubem Santa Brígida
Evolução magmática-hidrotermal do granito mocambo, Província Estanífera do Sul do Pará:
um estudo morfológico de quartzo e cassiterita / Rubem Santa Brígida Barros Neto. — 2018
xi, 68 f. : il. color

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão

1. Petrologia. 2. MEV - Catodoluminescência. 3. Quartzo. 4. Alteração hidrotermal. 5.
Cassiterita. 6. Província Carajás. I. Título.

CDD 552



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

**EVOLUÇÃO MAGMÁTICO-HIDROTERMAL DO GRANITO
MOCAMBO, PROVÍNCIA ESTANÍFERA DO SUL DO PARÁ:
UM ESTUDO MORFOLÓGICO E COMPOSICIONAL DE
QUARTZO E CASSITERITA**

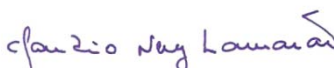
Dissertação apresentada por

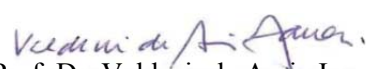
RUBEM SANTA BRÍGIDA BARROS NETO


**Como requisito parcial à obtenção de Grau de Mestre em Ciências na Área de GEOQUÍMICA
E PETROLOGIA.**

Data de Aprovação: 02 / 10 / 2018

Banca Examinadora:


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


Prof. Dr. Valdecir de Assis Janasi
(Membro – USP)


Prof. Dr. Hilton Tulio Costi
(Membro – MPEG)

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho contou com diversas colaborações de forma direta e indireta, que contribuíram ou foram determinantes para a realização e conclusão do mesmo. O Autor deseja expressar seus agradecimentos:

À minha família, em especial a minha mãe, irmãs e ao meu falecido pai, que em vida sempre me incentivou a estudar;

À Jaine Freitas pelo carinho e companheirismo;

Ao meu orientador, professor Claudio Nery Lamarão pelos ensinamentos, orientação e paciência durante toda a realização do trabalho;

À geóloga Gisele Marques pelas análises de MEV-Microsonda, pelos conselhos e amizade e ajuda durante toda a realização do trabalho;

Às técnicas Ana Paula, Vivian, Joelma pela eficiência e profissionalismo;

Aos amigos da sala 6 pelos momentos de descontração, amizade, força e apoio;

À geóloga Joseanna Santos pelos auxílios prestados durante a viagem de campo;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa;

À Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências e ao Programa de Pós-graduação de Geologia e Geoquímica pela estrutura oferecida;

A Deus ou qualquer outra força maior que rege o Universo.

A todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho;

RESUMO

A presente pesquisa abordou os aspectos morfológicos, texturais e composicionais de cristais de quartzo e cassiterita do Granito Mocambo e de corpos de *greisens* associados, pertencentes à Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Carajás, e sua relação com a mineralização estanífera. O estudo foi realizado com auxílio de um microscópio eletrônico de varredura, utilizando imagens de catodoluminescência, análises semiquantitativas por espectroscopia por dispersão de energia e por microsonda eletrônica. Foram estudadas diferentes fácies e rochas greisenizadas do Granito Mocambo, onde foi possível identificar cinco tipos de quartzo, denominados de Qz1, Qz2, Qz3, Qz4 e Qz5. O Qz1 é considerado o tipo precoce, de origem magmática, presente em todas as fácies, sendo menos frequente nos *greisens*. Aparece como fenocristais anédricos a subarredondados luminescentes (cinza claro) com grau de fraturamento variável, bem como cristais finos a médios dispersos na matriz. Núcleos luminescentes com zonamentos claro-escuro alternados ou reabsorvidos são comuns. O Qz2 é posterior ao Qz1 e pouco luminescente (cinza escuro); está presente em todas as fácies, porém é pouco frequente no *greisen*. Ocorre geralmente como manchas irregulares descontínuas ou preenchendo fraturas e veios que seccionam o Qz1, sugerindo processo de intensa substituição. O Qz3 não apresenta luminescência. Ocorre praticamente em todas as fácies preenchendo fraturas que seccionam o Qz1 e Qz2. O Qz4 está presente nas rochas mais evoluídas e intensamente alteradas, no *greisen* e em veios ou cavidades intersticiais, geralmente associado a cristais de cassiterita. Forma cristais euédricos a subédricos médios, pouco fraturados, com zonamento claro-escuro bem definido e espessura variável. O Qz5 ocorre seccionando e formando manchas irregulares sobre o Qz4, associando-se geralmente com wolframita ou wolframita + cassiterita em veios de quartzo. São cristais anédricos, de granulação média a grossa, pouco fraturados e luminescentes. Análises de microsonda eletrônica mostraram que o Qz1 e Qz2 da fácies sienogranito a monzogranito porfirítico (SMGP), apresentaram maiores concentrações de Ti (9 - 104 ppm) e menores de Al (10 - 149 ppm). Cristais de Qz1, Qz2 e Qz3 da fácies alito-álcali feldspato-granito (AAFG) apresentaram conteúdos menores de Ti (5 - 87 ppm), comparados aos valores dos quartzos do SMGP, e valores de Al que chegam a 2065 ppm. Nos Qz1, Qz2 e Qz3 das rochas greisenizadas, o Ti apresentou teores mais baixos (0 e 62 ppm) e o Al conteúdos variáveis (0 - 167 ppm). Nos cristais de Qz4 das rochas greisenizadas mineralizadas em cassiterita, o Ti não ultrapassou 20 ppm, enquanto o Al apresentou enriquecimento acentuado, ultrapassando 3000 ppm. Nos veios de quartzo mineralizados em wolframita ou wolframita + cassiterita,

constituído basicamente por Qz5, as concentrações de Ti e Al apresentaram, baixos valores, com conteúdos máximos de 7 e 77 ppm, respectivamente. A cassiterita é representada por cristais finos a grossos, anédricos a subédricos, associados à clorita, muscovita, fengita e siderofilita nas rochas greisenizadas ou comumente inclusas em cristais de wolframita em veios de quartzo. Apresenta coloração castanho clara a avermelhada e cores de interferência alta. Cristais mais desenvolvidos mostram zonamentos concêntricos. Análises realizadas por ME mostraram que além de Sn, as cassiteritas apresentam concentrações menores de Fe, Ti, W, Nb e traços de Mn. As concentrações de Fe, Nb, Ti e W são maiores nas manchas mais escuras, enquanto o Sn apresenta maior pureza nas partes mais claras dos cristais. Cassiteritas associadas ao Qz5 (hidrotermal), estão muitas vezes inclusas em cristais de wolframitas ou são parcialmente substituídas por estas. O presente estudo mostrou que o quartzo foi um excelente marcador da evolução magmática e das alterações decorrentes dos processos hidrotermais que atuaram no GM, no qual foi possível distinguir uma geração magmática e quatro tipos hidrotermais. As imagens de CL indicam que a mineralização estanífera está presente nas rochas mais evoluídas e alteradas hidrotermalmente, como nas rochas greisenizadas e veios de quartzo, onde a cassiterita está associada ao Qz4 ou Qz5 + wolframita. O Qz5 sugere um possível evento hidrotermal mineralizante de wolframita, posterior ao que originou a cassiterita associada ao Qz4.

Palavras-chave: Província Carajás. MEV – Catodoluminescência. Quartzo. Alteração hidrotermal. Mineralização estanífera. Cassiterita.

ABSTRACT

The present research deals with the morphological, compositional and textural aspects of quartz and cassiterite crystals of the Mocambo Granite (MG) and of associated greisens bodies, belonging to the Velho Guilherme Intrusive Suite, Carajás Province, and its relation with the tin mineralization. The study was performed with the aid of scanning electron microscope (SEM), using cathodoluminescence (CL) images, semiquantitative analyzes by energy dispersive spectroscopy (EDS) and by electronic microprobe (EM) analyzes. Different facies and greisenized rocks of the MG were studied and it was possible to identify five types of quartz, called Qz1, Qz2, Qz3, Qz4 and Qz5. The Qz1, considered the most earlier type and of magmatic origin, can be found in all facies, being less frequent in the greisens. It appears as anhedral phenocrysts to luminescent sub-rounded (light gray), with varying degree of fracturing, as well as fine-to medium-grained crystals dispersed in the groundmass. Luminescent nuclei with alternating or reabsorbed alternating light-dark zonations are common. Qz2 is posterior to Qz1 and not luminescent (dark gray); is present in all facies, but is rare in the greisen. It usually occurs as irregular discontinuous stains or filling fractures and shafts that section the Qz1, suggesting a process of intense replacement. The Qz3 does not show luminescence. It occurs in almost all facies filling a fracture that cuts Qz1 and Qz2. The Qz4 is present in the most evolved and intensely altered rocks, in the greisen and in veins or interstitial cavities, usually associated with cassiterite crystals. It is represented by euhedral, medium-grained, slightly fractured crystals, with well-defined light-dark zoning and variable thickness. Qz5 occurs sectioning and forming irregular spots on Qz4, being associated generally with wolframite or wolframite + cassiterite in quartz veins. They are slightly fractured, luminescent, medium-to-coarse grained anhedral crystals. Qz1 and Qz2 from porphyritic syenogranite to monzogranite facies show high Ti concentration (9.5 - 104 ppm) and low Al (10 - 149 ppm). Qz1, Qz2 and Qz3 crystals from the aplitic alkali-feldspar granite facies presented slightly lower Ti contents (5 - 87 ppm) in comparison to SGMP quartz values and Al values that reach 2065 ppm. In the Qz1, Qz2 and Qz3 of the greisenized rocks, the Ti presented lower contents (0.0 and 62 ppm) and variable Al content (0 - 167 ppm). In the Qz4 crystals of the mineralized greisenized rocks in cassiterite, the Ti did not exceed 20 ppm, while Al presented strong enrichment, exceeding 3000 ppm. In the mineralized quartz veins in wolframite or wolframite + cassiterite, consisting mainly of Qz5, the Ti and Al concentrations presented generally low values, with maximum contents of 7 and 77 ppm, respectively. The cassiterite is occur as anhedral to subhedral fine-to coarse-grained crystals, anhedral to

subhedral, associated to chlorite, muscovite, fengite and siderophyllite in greisenized rocks or commonly included in wolframite crystals in quartz veins. Shows light brown to reddish color and high colors of interference. More developed crystals show concentric zoning. Analyzes carried through ME showed that in addition to Sn, cassiterites have lower concentrations of Fe, Ti, W, Nb and Mn traces. The concentrations of Fe, Nb, Ti and W are higher in the darker spots, while Sn shows higher purity in the lighter parts of the crystals. Cassiterites associated with Qz5 (hydrothermal) are often included in wolframite crystals or are partially substituted by it. This study showed that quartz was an excellent marker of the magmatic evolution and late alteration resulting from hydrothermal processes that operated in the Mocambo granite. It was possible to distinguish one magmatic and four hydrothermal types of quartz. The CL images indicate that the tin mineralization is present in the most evolved rocks and hydrothermally altered as in greisenized rocks and quartz veins, where the cassiterite is associated with Qz4 or Qz5 + wolframite. Qz5 suggests a possible mineralizing hydrothermal event of wolframite, subsequent to the origin of the cassiterite associated with Qz4.

Keywords: Carajás Province. SEM- Cathodoluminescence. Quartz. Hydrothermal alteration. Tin mineralization. Cassiterite.