



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ROCHAS ENCAIXANTES, ALTERAÇÃO HIDROTERMAL E
CARACTERIZAÇÃO DOS FLUIDOS RELACIONADOS À
FORMAÇÃO DO CORPO SEQUEIRINHO DO DEPÓSITO Cu-Au
DO SOSSEGO, REGIÃO DE CARAJÁS.**

**Dissertação apresentada por:
ANA GLÓRIA NORONHA ROSA**

**BELÉM
2006**



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

**ROCHAS ENCAIXANTES, ALTERAÇÃO HIDROTERMAL E
CARACTERIZAÇÃO DOS FLUIDOS RELACIONADOS À
FORMAÇÃO DO CORPO SEQUEIRINHO DO DEPÓSITO
Cu-Au DO SOSSEGO, REGIÃO DE CARAJÁS**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

ANA GLÓRIA NORONHA ROSA

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de GEOQUIMICA E PETROLOGIA.

Data de Aprovação: **04 /09 / 2006**

Comitê de Dissertação:


RAIMUNDO NETUNO NOBRE VILLAS (Orientador)


ROBERTO PEREZ XAVIER


MÁRCIO DIAS SANTOS

Belém

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

R788r Rosa, Ana Glória Noronha
Rochas encaixantes, alteração hidrotermal e
caracterização dos fluidos relacionados à formação do corpo
sequeirinho do depósito cu-au do Sossego, Região de
Carajás / Ana Glória Noronha Rosa; Orientador, Raimundo
Netuno Nobre Villas. – 2007
xiv, 132 f. : il.
Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) –
Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências,
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica,
Belém, 2006.

1. Geologia econômica. 2. Inclusões fluidas. 3.
Granitóides Arqueanos. 4. Depósitos IOCG. 5. Alteração
hidrotermal. 6. Província Mineral de Carajás. I. Universidade
Federal do Pará. II. Villas, Raimundo netuno Nobre, Orient.
III. Título.

CDD 20º ed.:553.098115

RESUMO

O depósito Cu-Au do Sossego localiza-se a cerca de 25 km a NW da cidade de Canaã dos Carajás (PA), ao sul do sistema transcorrente Carajás, na zona de contato entre o embasamento granítico-gnáissico e as rochas Grupo Grão Pará. O depósito é constituído por cinco corpos de minério, os principais sendo o Sequeirinho e o Sossego.

Este estudo concentrou-se no Corpo Sequeirinho, mas alguns dados foram também obtidos para o Corpo Sossego. O principal objetivo foi a caracterização dos fluidos, com vista a compreender a evolução química e termal do paleossistema hidrotermal responsável pela alteração das rochas e pela mineralização que deu origem ao depósito do Sossego. Objetivou-se, também, relacionar a evolução dos fluidos com o desenvolvimento dos diferentes tipos de alteração e da própria mineralização. Além desses objetivos maiores, foi feita uma comparação com outros depósitos a fim de avaliar a contribuição dos fluidos na diversidade dos estilos da mineralização cuproaurífera de Carajás.

Na área do depósito foram identificadas rochas granitóides e máficas que estão, via de regra, alteradas e variavelmente deformadas, bem como rochas ricas em biotita (BIX), magnetitos (MAG), minério sulfetado (BSE) e diques. Com base em dados petrográficos, foi possível inferir que os protólitos dos granitóides (albita + quartzo + actinolita + clorita + epidoto) consistiram principalmente de quartzodioritos, enquanto que as rochas máficas (escapolita + Cl-K-Fe-hastingsita ± actinolita + albita + clorita + epidoto + magnetita) correspondem a gabros e/ou diabásios. As BIX referem-se a granitóides milonitizados, que interagiram fortemente com fluidos de alta salinidade, e se caracterizam por um bandamento marcado pela alternância de finas bandas claras (ricas em quartzo e/ou escapolita) e escuras (ricas em biotita, Cl-K-Fe-hastingsita e turmalina). Os MAG contêm abundante magnetita (>50%) com quantidades subordinadas de apatita, epidoto, albita, titanita e calcopirita. As BSE são formadas principalmente por calcopirita ± siegenita + magnetita + apatita + escapolita, de aspecto, em geral, brechóide. Cortando todos os litotipos citados, ocorrem diques félsicos (composição quartzodiorítica e riolítica/riodacítica) e máficos.

Albitização, sericitização, silicificação, cloritização e epidotização, actinolitização e escapolitização são os principais processos hidrotermais, os dois primeiros mais

comuns nas rochas graníticas e os dois últimos nas rochas máficas. Biotitização e escapolitização são marcantes nos BIX. Ressalta-se, também, um forte metassomatismo de ferro, que gerou os corpos de magnetitos, e a carbonatação que representa a fase mais tardia da alteração hidrotermal

O estudo de inclusões fluidas em cristais de quartzo, escapolita, apatita e calcita abrangeu todos os litotipos, à exceção dos diques.

Os dados microtermométricos revelam fluidos exclusivamente aquosos que, de forma simplificada, podem ser representados pelos sistemas $H_2O-NaCl-CaCl_2$; $H_2O-NaCl-FeCl_2$ e $H_2O-NaCl-CaCl_2-FeCl_2$, apresentando salinidade variável (0,2 a 57% em peso equiv. de NaCl) e temperaturas de homogeneização (T_h) mais freqüentes entre 125-275°C. As salinidades dos fluidos contidos em IF saturadas e caracterizados pelo sistema $H_2O-NaCl-CaCl_2$ foram estimadas, em termos dos principais solutos, em 15-26% de NaCl e 15-23% $CaCl_2$.

Nos cristais de calcita, que marcam o estágio mais tardio da alteração hidrotermal, as medições mais freqüentes para T_h variaram de 100 a < 275°C e as de salinidades, em geral, entre 2 e 15% em peso equiv. de NaCl.

A evolução do sistema hidrotermal do Sossego é interpretada a partir de dois fluidos primários: $H_2O-NaCl-CaCl_2$ (**a**) e $H_2O-NaCl-FeCl_2$ (**b**), que posteriormente se misturaram e formaram o fluido $H_2O-NaCl-CaCl_2-FeCl_2$ (**c**). Mais tarde, esses três fluidos foram diluídos, possivelmente devido à incorporação de água superficial ao sistema. O fluido **a** estaria relacionado aos processos de albitização, anfibolitização e escapolitização, enquanto que o **b** teria sido responsável pelo transporte de grandes quantidades de Fe que redundaram na formação dos magnetitos. O fluido **c** responderia pelos processos de actinolitização, epidotização e cloritização das rochas, e pela mineralização.

Fluidos de alta salinidade (>30% peso equiv. NaCl) são considerados resultado da dissolução de camadas evaporíticas e/ou exalitos por processos metamórficos. Fluidos magmáticos aquosos também tiveram importante contribuição no sistema hidrotermal do Sossego, bem como águas superficiais cujo influxo provocou forte diluição e resfriamento dos fluidos e, por via de consequência, favoreceu a deposição dos sulfetos.

Os fluidos aquosos relacionados com o depósito do Sossego apresentam muitas semelhanças com os dos depósitos arqueanos do Igarapé Salobo e Igarapé Bahia, apesar de terem sido formados em um contexto geológico distinto. É muito provável que essas semelhanças advenham do fato estarem eles associados e/ou hospedados em seqüências metavulcanossedimentares do Supergrupo Itacaiunas, cujas rochas foram, em parte, formadas em ambiente exalativo e onde podem ter sido localmente geradas salmouras que, ao resfriar-se, produziriam corpos evaporíticos.

À medida que a halita e outros sais foram dissolvidos, os fluidos altamente salinos resultantes se infiltraram e abrigaram-se nos poros das rochas, de onde migraram subsequente em resposta a perturbações termais e/ou tectônicas.

ABSTRACT

The Sossego Cu-Au deposit is located at about 25 km NW of Canaã dos Carajás city (PA), southern of the Carajás transcurrent system, at the contact zone between the Archean granitic-gneisses of the basement and the Grão Pará Group rocks. This deposit is made up of five ore bodies, being Sequeirinho and Sossego the most important.

The present work focused primarily on the Sequeirinho ore body, but observations have been occasionally extended of the Sossego ore body. Its main purpose was to study the hydrothermal fluids responsible for the alteration and mineralization of the Sossego deposit.

Several rock types have been recognized in the deposit area: granitoids, both granular (GRA) and porphyritic (MVA), mafic volcanic (Grão Pará Group) and intrusive (GBA) rocks, biotite-rich rocks (BIX), magnetitites (MAG), ore (BSE) and dikes. These rocks are variably deformed and altered, some being essentially products of the hydrothermal alteration, namely the magnetitites and ores.

The petrographic study allowed to infer that the granitic (albite + quartz + actinolite + chlorite + epidote) and mafic intrusive (scapolite + Cl-K-Fe- hastingsite ± actinolite + albite + chlorite + epidote + magnetite) had as protoliths mainly quartzdiorites and gabbros/ diorites, respectively.

The BIX are mylonitized granitoids that interact with high saline fluids and are characterized by a fine banding in which light bands, composed basically of quartz and/or marialitic scapolite), alternate with black bands composed dominantly of Cl-biotite, Cl-K-Fe- hastingsite and tourmaline. The MAG have magnetite contents higher than 50% and variable amounts of apatite, epidote, albite, titanite and chalcopryrite, whereas the BSE consist of chalcopryrite±siegenite + magnetite + apatite + scapolite. Felsic (quartzdiorite and riolitic/riodacitic in composition) and diabase/gabbro dikes cut the above mentioned rocks

Albitization, sericitization, silicification, chloritization, epidotization, actinolitization and scapolitization, are the most important types of hydrothermal alteration, although biotitization and Fe-metasomatism also occur. The carbonation represents the final stage of the alteration.

Microthermometric studies of fluid inclusions (FI) trapped in quartz, scapolite, apatite and calcite crystals from different rocks of the Sequeirinho ore body reveal aqueous fluids that may be represented, in a simplifying way, by the $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$, $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2-\text{FeCl}_2$ e $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{FeCl}_2$ chemical systems. The FI show variable salinity (0.2 to 57% wt. % eq. NaCl) and homogenization temperatures that range from 100 to 480°C. Saturated FI, corresponding to the $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$, have their salinity estimated in terms of the main solutes at 15-26% NaCl and 15-23% CaCl_2 . FI trapped in calcite crystals show salinity between 2 and 15 wt. % eq. NaCl and the 100 to < 275°C range as the most frequent homogenization temperature interval.

The evolution of the Sossego hydrothermal system involved two primary fluids (**a**) $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$ and (**b**) $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{FeCl}_2$. As these fluids gradually mixed, they generated a third fluid (**c**) $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2-\text{FeCl}_2$ which is interpreted to be responsible for the mineralization and associated alteration. All fluids show evidences of dilution most likely by superficial water. Fluid **a** is related to albitization, amphibolitization and scapolitization, whereas fluid **b** was the one that should have carried large amounts Fe to be later deposited as magnetites. Fluid **c** is interpreted to be responsible for actinolitization, epidotization and chloritization as well as by the main stage of the mineralization.

High saline fluids (>30 wt. % equiv. NaCl) are assigned to interaction with pre-existing evaporite and/or exhalite layers that have been dissolved out by metamorphic processes. Magmatic aqueous fluids have also contributed to the Sossego hydrothermal system as well as meteoric waters whose influx caused strong dilution and cooling of the fluids.

Comparatively to other Carajás Cu-Au deposits, the aqueous fluids related to the Sossego hydrothermal system show more similarities with those of the Archean Igarapé Salobo and Igarapé Bahia deposits, despite having a distinct typology. Most likely, these similarities arise from the fact that all three deposits are associated with metavolcano-sedimentary sequences of the Itacaiunas Supergroup which resulted in part from exhalative activity and might have locally included evaporite beds. As halite was dissolved out, the resulting high saline fluids infiltrated into and were stored in the rock

pores from which they might have subsequently migrated in response to thermal and/or tectonic disturbances.