



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 468**

**ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL E POTENCIAL  
METALOGENÉTICO DO VULCANO-PLUTONISMO  
PALEOPROTEROZOICO DA REGIÃO DE SÃO FÉLIX DO  
XINGU (PA), PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS**

**Dissertação apresentada por:**

**RAQUEL SOUZA DA CRUZ**

**Orientador: Prof. Dr. RAIMUNDO NETUNO NOBRE VILLAS (UFPA)**

---

**BELÉM  
2015**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)  
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

---

Cruz, Raquel Souza da, 1989-

Alteração hidrotermal e potencial metalogenético do vulcano-plutonismo paleoproterozoico da região de São Félix do Xingu (PA), Província Mineral de Carajás / Raquel Souza da Cruz. – 2015.

xvii, 81 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Raimundo Netuno Nobre Villas

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém 2015.

1. Petrologia – Pará. 2. Alteração Hidrotermal – Pará. 3. Vulcanismo – Pará. 4. Crátons – Pará. I. Título.

CDD 22. ed. 552.0098115

---



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

**ALTERAÇÃO HIDROTHERMAL E POTENCIAL  
METALOGENÉTICO DO VULCANO-PLUTONISMO  
PALEOPROTEROZOICO DA REGIÃO DE SÃO FÉLIX DO  
XINGU (PA), PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS**

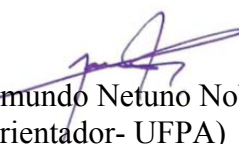
**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**

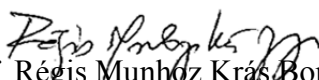
**RAQUEL SOUZA DA CRUZ**


**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de  
GEOLOGIA.**

**Data de Aprovação: 27 / 08 / 2015**

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Raimundo Netuno Nobre Villas  
(Orientador- UFPA)

  
Prof. Régis Munhoz Krás Borges  
(Membro - UFPA)

  
Prof. José Carlos Frantz  
(Membro-UFRGS)

Ao meu amado Deus, MEU TUDO.  
Minha família, especialmente Emanuel e Lucas,  
Minhas joias raras!

## AGRADECIMENTOS

- A Deus, MEU TUDO, pelos dons concedidos para que eu desenvolvesse e concluísse essa dissertação. Nossa Senhora de Fátima, que tantas vezes me ouviu, me colocou no seu colo de mãe e intercedeu por mim;
- À minha família por todo suporte oferecido, direta ou indiretamente. Sem o apoio deles não poderia ter alcançado esse objetivo;
- À Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto de Geociências (IG), em especial, ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG), pela infraestrutura disponibilizada;
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos;
- Ao professor Dr. Carlos Marcello Dias Fernandes, antes de qualquer coisa amigo, pela orientação, paciência, discussões, e oportunidade de poder desenvolver este trabalho. Ao longo desses anos sempre se dispôs a me ajudar, sobretudo, compreender os momentos mais difíceis da minha jornada. Meu Muito Obrigada! Grata por mais essa oportunidade concedida;
- Ao professor Dr. Raimundo Netuno Nobre Villas pela orientação, oportunidade, disponibilidade, contribuições e ensinamentos;
- Aos técnicos e professores responsáveis pelos laboratórios utilizados na UFPA, CPRM e USP;
- Ao meu grande e querido amigo, Paulo João, o qual tantas e tantas vezes me incentivou, me ouviu, me apoiou, brigou e rezou comigo. Quem admiro e respeito. Meu anjo da guarda. Louvo a Deus por sua vida e por esse lindo dom.
- A Lene, Ana e Rose por tantos momentos de amizade e suporte. Minha família de coração. Aos amigos do Ministério Universidades Renovadas, especialmente do GOU Maranató, os quais me proporcionaram o prazer de servir a Deus no meu local de trabalho;
- A Deuzéli, Cleo, Patrick, Izabela, Marta, Roberto, Diego, Nívia, amigos que mesmo de longe me incentivaram e ajudaram;
- A Nattânia e Fernando que me acompanharam ao longo dessa jornada, pelas discussões, gargalhadas, filmes, momentos de descontração, enfim. Foram dois anos de convivência e crescimento;
- A todos vocês que não foram citados aqui, mas que contribuíram direta ou indiretamente para o bom andamento desse trabalho, Muito Obrigada!

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas,  
que já tem a forma do nosso corpo, e  
esquecer os nossos caminhos,  
que nos levam sempre aos mesmos lugares.  
É o tempo da travessia:  
e, se não ousarmos fazê-la,  
teremos ficado, para sempre,  
à margem de nós mesmos.”

**Fernando Pessoa**

## RESUMO

A região de São Félix do Xingu, centro-sul do Estado do Pará, expõe um sistema vulcano-plutônico excepcionalmente bem preservado e agrupado nas formações Sobreiro e Santa Rosa, nas quais foram reconhecidas alterações hidrotermais e mineralizações associadas. A Formação Sobreiro é constituída por fácies de fluxo de lava de composições andesítica, andesito basáltica e dacítica, conforme as proporções ou ausência de fenocristais de clinopiroxênio e/ou anfibólio. Fácies de rochas vulcanoclásticas ocorre geneticamente associada e é representada por tufos de cinza, cristais de tufo máfico, lapilli-tufo e brecha polimítica maciça. A Formação Santa Rosa é controlada por fissuras, formada por riolitos que compreendem fácies de fluxo de lava e fácies vulcanoclástica associada de tufos de cristais felsico, ignimbritos (tufo de cinza), lapilli-tufo, e brechas polimíticas maciças. Parte desse sistema é interpretado como *ash-flow caldera* parcialmente erodida e desenvolvida em vários estágios. Dados de petrografia, difração de raios X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de infravermelho mostram as paragêneses de alterações hidrotermais que ocorrem nessas rochas. Em geral, os minerais de alteração desenvolvem cristais subeuédricos a anédricos e substituem minerais magmáticos. Os tipos de alterações hidrotermais identificados mostram-se incipientes a pervasivos, sendo distinguidas as alterações propilítica, sericítica, argílica e potássica, as quais se sobrepõem, além de fases fissurais de silicificação com hematita e carbonato associados. A alteração propilítica, predominante na Formação Sobreiro, apresenta ambos os estilos pervasivo e fissural. A paragênese resultante consiste de epidoto + clorita + carbonato + clinozoisita + sericita + quartzo  $\pm$  albita  $\pm$  hematita  $\pm$  pirita, que é sobreposta por alteração potássica pervasiva ou controlado por fratura, representada principalmente por feldspato potássico + biotita  $\pm$  hematita. Localmente, ocorre fratura com associação prehnita-pumpellyita precipitada que poderia estar relacionado com metamorfismo de baixo grau. A alteração sericítica é marcada pela ocorrência principalmente de sericita + quartzo + carbonato  $\pm$  epidoto  $\pm$  clorita  $\pm$  muscovita. Manifesta-se principalmente nos tufos de cristais máficos. Entretanto, a sobreposição desses tipos de alteração fica evidenciada pelas relíquias de clorita da alteração propilítica e texturas das rochas, parcialmente obliteradas, em que restaram apenas pseudomorfos de plagioclásio sericitizado. Já na Formação Santa Rosa é pervasiva e caracterizada pela ocorrência de sericita + quartzo + carbonato. Apresenta-se também em estilo fissural, que é marcado pela presença de sericita + quartzo. É o principal tipo de alteração identificado nessa unidade, atribuindo às rochas coloração esbranquiçada. Dados de

MEV mostram que, associados à alteração sericítica, ocorrem fosfatos de chumbo e terras raras além de ouro, bem como rutilo e barita. A alteração potássica ocorre mais subordinadamente, em geral associada aos pórfiros graníticos e, localmente, aos riolitos. A paragênese característica é conferida por microclínio + biotita + clorita + carbonato + sericita  $\pm$  albita  $\pm$  magnetita. A alteração argílica intermediária foi reconhecida nos riolitos e possivelmente corresponde aos estágios finais da alteração hidrotermal. É caracterizada pela presença de montmorillonita + illita + caolinita + clorita  $\pm$  sericita  $\pm$  caolinita  $\pm$  haloisita  $\pm$  quartzo  $\pm$  hematita, os quais foram identificados por DRX e espectroscopia de infravermelho. A argilização confere às rochas coloração esbranquiçada a rosa esbranquiçada. Os tipos de alteração foram controlados principalmente pela temperatura, composição do fluido e pela relação fluido/rocha. São compatíveis com anomalias térmicas relacionadas com o magma envolvendo uma diminuição da temperatura e neutralização devido à mistura com água meteórica, semelhante ao que foi descrito em mineralizações baixo e intermediário-sulfidação. A identificação de ouro e fases de acessórios compatíveis fornecem importantes subsídios para pesquisas prospectivas na região, sobretudo para potenciais depósitos epitermais *low-sulfidation* de metais preciosos (ouro e prata) em sistemas vulcano-plutônicos com *ash-flow calderas* associadas, assim como depósitos do tipo pórfiro de Cu, Au e Mo.

Palavras-chave: Alteração hidrotermal. Petrografia. SWIR. Vulcanismo. Cráton Amazônico



## ABSTRACT

The region of Sao Felix do Xingu, south-central Pará, exposes a volcano-plutonic system exceptionally well preserved and grouped in the Sobreiro and Santa Rosa formations, in which hydrothermal alteration and mineralization associated were recognized. The Sobreiro Formation consists of lava facies flow of andesitic, basaltic andesite, and dacitic composition, according to the proportions or absence of clinopyroxene and/or amphibole phenocrysts. Volcaniclastic facies is genetically associated and is represented by mafic crystals tuff, lapilli-tuff, and massive polymictic breccia. Santa Rosa Formation is fissure-controlled and composed of lava flow facies and associated volcaniclastic facies of felsic crystal tuffs, ignimbrites, lapilli-tuff, and massive polymictic breccia. Part of this system is interpreted as ash-flow caldera partially eroded and developed in several stages. Conventional petrography, X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and infrared spectroscopy show hydrothermal alteration paragenesis occurring in these rocks. In general, the alteration minerals develop subeuhedral anhedral crystals and replace magmatic minerals. The types of hydrothermal alteration identified are incipient the pervasive and are distinguished propylitic, sericitic, intermediate argillic, and potassic, which overlap, and fracture-controlled silicification associated with hematite and carbonate. Propylitic alteration, prevalent in Sobreiro Formation, presents both pervasive and fracture-controlled styles. The paragenesis consists of epidote + chlorite + carbonate + quartz + sericite + clinozoisite  $\pm$  albite  $\pm$  hematite  $\pm$  pyrite, which is overlapped by pervasive potassic alteration or fracture-controlled, mainly represented by potassic feldspar + biotite  $\pm$  hematite. Locally, fracture is filling with prehnite-pumpellyite association that suggests geothermal low-grade metamorphism conditions. The sericitic alteration is marked by the occurrence of mainly sericite + quartz + carbonate  $\pm$  epidote  $\pm$  chlorite  $\pm$  muscovite. It is manifested mainly in mafic crystal tuff. However, the overlap of these types of changes is evidenced by relics of propylitic chlorite alteration and textures of rocks, partially obliterated, in which there were only pseudomorphs of sericitized plagioclase. In the Santa Rosa Formation the sericitic alteration is pervasive and characterized by the occurrence of sericite + quartz + carbonate. Also presents fracture-controlled, which is represented by sericite + quartz. It is the main type of change identified in this unit by assigning the whitish rocks. SEM data show that, associated with the sericitic alteration occur lead phosphate, gold, rutile, and barite. The potassic alteration is more subordinate, generally associated with granitic porphyry and locally to rhyolites. Paragenesis is given by microcline + biotite + chlorite + carbonate + sericite  $\pm$  albite  $\pm$  magnetite. The intermediate argillic

alteration was recognized in rhyolites and possibly corresponds to the final stages of hydrothermal alteration. It is characterized by the presence of montmorillonite + illite + chlorite + sericite  $\pm$  kaolinite  $\pm$  halloysite  $\pm$  quartz  $\pm$  hematite, which were identified by infrared spectroscopy and XRD. It gives whitish to whitish pink to the rocks. The hydrothermal alteration types were mainly controlled by temperature, fluid composition, and fluid/rock ratios. They are compatible with thermal anomalies related to magma, and possible temperature decrease due to mixing and neutralization with meteoric water, similar to that described in low- and intermediate-sulfidation mineralization. Gold identification and compatible accessories phases provide important information for prospective studies in the region, especially for potential intermediate- and low-sulfidation epithermal deposits of precious metals (gold and silver) in volcano-plutonic systems with related ash flow calderas, as well the Au(Cu) and Mo porphyry-type deposits.

**Keywords:** Hydrothermal alteration. Petrography. SWIR. Volcanism. Amazonian Craton.