



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 490**

**GEOLOGIA, CONTROLE ESTRUTURAL E  
GEOCRONOLOGIA DAS ROCHAS HOSPEDEIRAS E DO  
MINÉRIO: IMPLICAÇÕES PARA O MODELO GENÉTICO DO  
DEPÓSITO AURÍFERO DO PALITO, PROVÍNCIA TAPAJÓS,  
ITAITUBA-PA**

**Dissertação apresentada por:**

**VITOR FELIPE HAGE SERRA**

**Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Galarza Toro (UFPA)**

---

**BELÉM  
2015**

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

---

Serra, Vitor Felipe Hage, 1983-

Geologia, controle estrutural e geocronologia das rochas hospedeiras e do minério: implicações para o modelo genético do depósito aurífero do Palito, Província Tapajós, Itaituba-PA / Vitor Felipe Hage Serra. – 2016.

xiii, 78 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Marco Antônio Galarza Toro

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2016.

1. Ouro – Itaituba (PA). 2. Granito – Itaituba (PA). 3. Cisalhamento. I. Título.

CDD 22. ed. 553.41098115

---



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

**GEOLOGIA, CONTROLE ESTRUTURAL E  
GEOCRONOLOGIA DAS ROCHAS HOSPEDEIRAS E DO  
MINÉRIO: IMPLICAÇÕES PARA O MODELO GENÉTICO DO  
DEPÓSITO AURÍFERO DO PALITO, PROVÍNCIA TAPAJÓS,  
ITAITUBA-PA**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR  
VITOR FELIPE HAGE SERRA**

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

Data de Aprovação: 24 / 09 / 2016

Banca Examinadora:

Prof. Marco Antonio Galarza Toro  
Orientador - UFPA

Prof. Raimundo Netuno N. Villas  
Membro - UFPA

Prof. Evandro Luiz Klein  
Membro - CPRM

À Deus sob todas as coisas, por conceber inspiração, força e perseverança ao longo de toda a jornada deste trabalho, mostrando sempre um caminho de progresso moral, ético e científico.

À família, em especial minha Mãe que sempre de forma efusiva, latente e afirmativa emanava votos de apoio à conclusão deste trabalho, lutando com suas forças para realizar a educação dos filhos. À memória de meu pai, que mesmo desencarnando precocemente, conseguiu transmitir a mim os valores e a importância de uma educação continuada. À minha esposa Samantha Serra, por toda paciência provida durante momentos difíceis encontrados ao longo desta jornada científica.

Ao Prof. Dr. Marcio Dias Santos, que atuou na orientação, discussão e revisão de todos os dados apresentados nesta dissertação. Manifesto minha mais elevada gratidão.

Ao Orientador Dr. Marco Antonio Galarza Toro, por conceber sua disponibilidade acadêmica durante meu reingresso neste programa de Pós-Graduação.

Aos professores do PPGG, Dr. Raimundo Netuno N. Villas e Dr. Evandro L. Klein, componentes da banca examinadora desta dissertação e, como tal, contribuíram significativamente para a elevação do nível científico deste trabalho.

Aos colegas geólogos Rodrigo de Melo Costa e Antônio Wanderlei Gomes Borges pelas discussões técnicas e apoio nas etapas de coleta e revisão de dados.

Ao engenheiro Rodrigo Chafic da companhia Weatherford-Brasil que, sob sua gerência, obteve disponibilidade para as etapas de reingresso no PPGG e outras atividades do programa.

À Universidade Federal do Pará e ao PPGG pelo suporte administrativo e acadêmico.

À CAPES pela concessão de bolsa na primeira fase deste trabalho, entre 2008 e 2010.

Ao Projeto Geociências da Amazônia (Geociam) do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) pelo suporte financeiro para o desenvolvimento da pesquisa que deu sustentação a esta dissertação.

À SERABI Mineração que permitiu a pesquisa no depósito Palito e concedeu suporte logístico e apoio técnico, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

Nossa maior fraqueza está em desistir.  
O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.

**Thomas Edison**

O depósito aurífero do Palito está localizado na porção leste da Província Aurífera do Tapajós, município de Itaituba, SW do Estado do Pará. O depósito do Palito compreende um sistema de filões subverticais de quartzo aurífero, hospedado nos granitos paleoproterozoicos Palito e Rio Novo e controlados estruturalmente por uma zona de cisalhamento transcorrente sinistral, rúptil-dúctil, de direção NW-SE, que faz de uma estrutura regional denominada Lineamento Tocantinzinho. Os granitos Palito e Rio Novo são dois *stocks* monzograníticos oxidados cálcio-alcalinos, de idade orosiriana, típicos de arcos magmáticos e correlacionáveis à Suíte Intrusiva Parauari. Os veios mais espessos do sistema filoneano são alojados pelas falhas principais do cisalhamento, ao longo da direção N40°-50°W, enquanto que os filões menores são alojados por falhas e fraturas de segunda ordem e inclinadas em relação à direção principal do cisalhamento, com ângulos baixo (em torno de 20°), médio (por volta de 50°) e alto (em torno de 80°). Tal situação estrutural é compatível com o sistema de Riedel, com os filões mais expressivos paralelos à direção principal de cisalhamento (filões D), associados com filões de baixo ângulo (em falhas R e P), de médio ângulo (veios *gash* em fraturas de extensão T) e de alto ângulo (em falhas R' e X). Conjuntos de filões do tipo *stockwork* também ocorrem localmente como um tipo subordinado de minério. Os veios mineralizados estão sempre envolvidos por um halo de alteração hidrotermal bem desenvolvido e normalmente brechado. Alteração fílica (quartzo + fengita + pirita) e cloritização são os tipos dominantes, acompanhados por alteração potássica (K-feldspato), carbonatação (calcita + sericita + quartzo) e sulfetação (pirita + calcopirita + esfalerita) de ocorrência mais restrita. Três gerações hidrotermais de quartzo filoniano são bem caracterizadas no depósito aurífero do Palito. Os veios mais precoces são os de baixo ângulo (R e P), constituídos principalmente por quartzo<sub>1</sub>, enquanto que os filões principais (D) são mais tardios e expressivos e constituídos por quartzo<sub>1</sub> e 2. Veios *gash* de quartzo, em fraturas de extensão, podem ocorrer em qualquer momento da evolução do sistema hidrotermal e são constituídos tanto por quartzo<sub>1</sub> (veios *gash* precoces), como por quartzo<sub>2</sub> e 3 (veios *gash* tardios). Vênulas *gash* de quartzo<sub>3</sub> representam os estágios finais do processo hidrotermal no depósito Palito. O minério aurífero, hospedado principalmente nos veios de quartzo<sub>1</sub> e 2, ocorre sempre associado com sulfetos de ferro e cobre (pirita e calcopirita), além de esfalerita. Pirrotita, bismutinita, galena, bismuto nativo e ouro, ocorrem como fases metálicas subordinadas. Três gerações de pirita e de calcopirita e uma geração de esfalerita foram reconhecidas. A calcopirita<sub>1</sub> substitui a pirita<sub>1</sub> e é substituída por esfalerita, a qual é substituída por calcopirita<sub>2</sub>. Pirita de segunda

geração, contemporânea à esfalerita, ocorre nos filões mineralizados como massas anédricas substituindo grãos reliquiares (ilhas) de calcopirita<sup>1</sup> que exibem bordas côncavas ou corroídas. O ouro está sempre associado a, ou incluso em calcopirita<sup>1</sup> e 2, pirita<sup>2</sup>, bismutinita e bismuto nativo. A geração sulfetada mais tardia é representada por vênulas de pirita<sup>3</sup> e calcopirita<sup>3</sup> que cortam as massas de sulfetos em zonas de transtensão condicionadas por diminutas falhas sinistrais sinuosas. Duas gerações de fengita e de clorita foram identificadas na ganga do minério, sendo a última em vênulas de fengita<sup>2</sup> e clorita<sup>2</sup> que contêm também carbonatos. Fluorita, rutilo, zircão e ilmenita ocorrem ainda como fases subordinadas da ganga. A idade Pb-Pb de  $1794 \pm 17$  Ma, obtida para o minério do Palito, foi interpretada como rejuvenescimento do sistema Pb-Pb causado pelo magmatismo granítico alcalino (Suíte Intrusiva Porquinho), relacionado à terceira fase de deformação, de natureza extensional. As características geológicas do depósito Palito, como estilo filoniano, estruturalmente controlado, dos corpos mineralizados e da alteração hidrotermal, formando halos em torno dos filões, predominando a sericitização e cloritização, com alteração potássica restrita, e associação metálica (Au-Cu-Bi-Zn), favorecem a classificação do depósito como filões relacionado a intrusões (*intrusion-related vein gold deposits*), um tipo não porfirítico, possivelmente relacionado aos granitos alcalinos da Suíte Intrusiva Maloquina que ocorre em volta do depósito Palito. O magma granítico deve ter fornecido os fluidos mineralizantes e os metais, enquanto que o cisalhamento deve ter controlado a circulação dos fluidos e a deposição do minério do Palito.

Palavras-chave: Ouro. Granitos. Cisalhamento. Palito.

The Palito gold deposit, located at east portion of the Tapajós Gold Province, southwestern Pará State, comprises a nearly vertical mineralized quartz vein system, hosted by the Palito and Rio Novo Paleoproterozoic granites and controlled by a sinistral strike-slip brittle-ductile shear zone, trending to NW-SE direction, which belongs to the regional Tocantinzinho lineament. The host granites are two oxidized calc-alkaline monzogranite stocks of Orosirian age and magmatic arc affiliation, correlated to the Parauari Intrusive Suite. The thicker lodes of the veining system are hosted by the major shear, along the N40-50W direction, whereas the thinner veins are housed by faults and fractures of second order and oblique to the main shear direction, both at low angle (around 20°), moderate angle (nearby 50°) and high angle (around 80°). Such a structural situation is compatible with the Riedel system, with the major lodes parallel to the main shear direction (D), associated with low-angle veins (in R and P faults), moderate-angle gash veins (in extension T fractures) and high-angle veins (in R' and X faults). Stockwork veinlets also occur as a minor ore type. The veins are always involved by a well-developed, normally brecciated, hydrothermal alteration halo. Phyllic alteration (quartz + phengite + pyrite) and chloritization are the two main hydrothermal alteration types, associated to minor potassic alteration (K- feldspar), carbonatization (calcite + sericite + quartz) and sulfidation (pyrite + chalcopyrite + sphalerite). Three generations of hydrothermal veining quartz are well characterized in the Palito gold deposit. The youngest low-angle veins (R and P) are made up by quartz1, whereas the later thicker lodes (D) are composed by quartz1 and 2. Tension gash quartz veins may occur at any time of the hydrothermal system evolution and are made up by both quartz1 (youngest gash veins) and quartz2 and 3 (later gash veins). Gash veinlets of quartz3 correspond to final stages of the Palito hydrothermal process. The gold ore, hosted chiefly by quartz1 and 2 veins, is always associated to iron and copper sulfides (pyrite and chalcopyrite), besides sphalerite. Pyrrhotite, bismuthinite, galena, native bismuth and gold are minor metallic phases. Three generations of pyrite and chalcopyrite and one generation of sphalerite were recognized. Chalcopyrite1 replaces pyrite1 and it is replaced by sphalerite, which, in turn, is replaced by chalcopyrite2. Pyrite2, coeval to sphalerite, occurs in mineralized veins as anhedral masses replacing tiny remnant grains (islands) of chalcopyrite1, showing concave or corroded edges. Gold is always associated or included in chalcopyrite1 and 2 and pyrite2, bismuthinite and native bismuth crystals. Veinlets of pyrite3 and chalcopyrite3, crosscutting sulfide masses in transtension zones of tiny sinistral faults, are the latest sulfide generations. Two generations of



phengite and chlorite were identified in the gangue minerals, being veinlets of phengite<sup>2</sup>, chlorite<sup>2</sup> and carbonate the last one. Fluorite, rutile, zircon and ilmenite still occur as minor gangue phases. The Pb-Pb age of  $1794 \pm 17$  Ma, obtained for the Palito ore, was interpreted as rejuvenation of the Pb-Pb system caused by Sthaterian alkaline granitic magmatism (Porquinho Intrusive Suite) related to the third extensional deformation phase. The geological features of the Palito gold deposit, as structural controlled veining style of ore bodies and hydrothermal alteration halos, predominating sericitization and chloritization and metallic association (Au-Cu-Bi-Zn) of the ore, all favor classification of the Palito deposit as intrusion-related vein gold deposits. It is a non-porphyritic intrusion-related deposit type, possible related to alkaline granites of the Maloquinha Intrusive Suite, which occur around the Palito deposit. The granitic magma should have provided the ore fluids and metals and the shearing should have controlled the fluid circulation and ore deposition of the Palito deposit.

Key words: Gold. Granite. Shearing. Palito.