



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 647

**METALOGÊNESE DO DEPÓSITO AURÍFERO VOLTA
GRANDE, DOMÍNIO BACAJÁ (PA), CRÁTON AMAZÔNICO:
APLICAÇÃO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO
*VNIR-SWIR***

Dissertação apresentada por:

BRENDA GOMES SILVA PARESQUI

Orientador: Carlos Marcello Dias Fernandes (PPGG/IG-UFPA)

**BELÉM-PARÁ
2024**

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

P227m Paresqui, Brenda Gomes Silva.
Metalogênese do depósito aurífero Volta Grande, Domínio Bacajá (PA), Cráton Amazônico: aplicação de espectroscopia de infravermelho VNIR–SWIR / Brenda Gomes Silva Paresqui. — 2024.
xx, 99 f.: il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Marcello Dias Fernandes
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2024.

1. Alteração hidrotermal. 2. Espectroscopia VNIR–SWIR.
3. Epitermal. 4. Ouro. 5. Cráton Amazônico. I. Título

CDD 553.410981



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

**METALOGÊNESE DO DEPÓSITO AURÍFERO VOLTA
GRANDE, DOMÍNIO BACAJÁ (PA), CRÁTON AMAZÔNICO:
APLICAÇÃO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO
VNIR–SWIR**

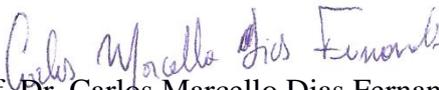
Dissertação apresentada por

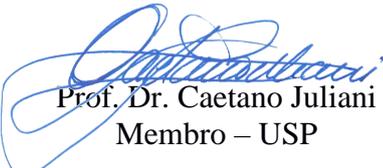
BRENDA GOMES SILVA PARESQUI

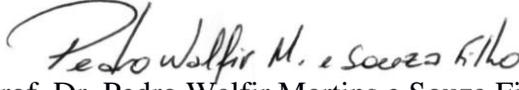
Como requisito parcial à obtenção de Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA e Linha de pesquisa EVOLUÇÃO CRUSTAL E METALOGÊNESE

Data de Aprovação: 27 / 02 / 2024

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Carlos Marcello Dias Fernandes
Orientador – UFPA


Prof. Dr. Caetano Juliani
Membro – USP


Prof. Dr. Pedro Walfir Martins e Souza Filho
Membro – UFPA

Dedico este trabalho ao meu pai, mãe e irmã, que são as minhas fortalezas, as pessoas mais importantes e especiais da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por sempre me guiar para o que é melhor para minha vida, juntamente por toda interseção acolhida por Nossa Senhora;

Agradeço imensamente aos meus pais, Adriano e Eliandra Paresqui por sempre me incentivarem a me apoiarem nos meus sonhos, me mostrando diariamente que a educação é essencial em nossas vidas. A minha irmã Briana Paresqui, minha alma gêmea e o maior presente que eu poderia ter na vida, você e nossos pais são o combustível para eu ser melhor diariamente. Assim como toda minha família que mesmo distante sempre se fez presente, me apoiando e encorajando nessa jornada;

Ao meu orientador e professor Carlos Marcello, obrigada pela oportunidade de adquirir este conhecimento, assim como todo ensinamento e possibilidades que me foram geradas;

O trabalho foi realizado com o apoio da CAPES/Brasil, código de financiamento 001. Agradeço ainda a Universidade Federal do Pará, em especial a todos professores, técnicos, laboratoristas, secretários e colaboradores do Instituto de Geociências;

À empresa *Belo Sun Mining Corp.* por ter cedido amostras que pudessem fazer com que essa pesquisa acontecesse;

Ao Instituto Tecnológico da Vale (ITV) Belém, por permitir as análises no *ASD FieldSpec 4 Hi-Res*, bem como a utilização do *software* TSG 8, especialmente ao Prof. Dr. Pedro Walfir Martins e Souza Filho e demais colaboradores da unidade que sempre foram solícitos em me receber nos dias que pude aprender a utilizar o *software*;

À *CSIRO* desenvolvedora do *The Spectral Geologist (TSG) 8* pelo desconto e gratuidade para ter acesso ao *software* do meu próprio computador e ao autor do *Spectragryph 1.2* Friedrich Menges pela disponibilização do *software*;

A todos os meus amigos, em especial a Jhessica e Renato que foram irmãos em Belém, sem vocês essa etapa seria muito mais difícil;

À família do Renato que me acolheu como parte da família e me recebeu em tantos momentos para festejar;

E a todos que cruzaram meu caminho e direta ou indiretamente me auxiliaram até aqui.

RESUMO

O depósito aurífero de classe mundial Volta Grande contém reservas medidas de ~6,0 Moz a 1,02 g/t, divididas nos blocos exploratórios norte e sul. Está inserido no contexto geológico do Domínio Bacajá e que foi afetado pelo Ciclo Transamazônico (2,26–1,95 Ga). Parte da mineralização é hospedada em um conjunto de gnaisses e granitoides milonitizados em fácies anfibolito de médio a alto grau metamórfico que são atribuídos ao Grupo Três Palmeiras (2,36 Ga). Pesquisas recentes no bloco norte revelaram a presença de vulcânicas e plutônicas tardias, com textura isotrópica e composições intermediária a félsica, que hospedam ouro disseminado em diversos tipos e estilos de alteração hidrotermal, bem como em vênulas e veios de quartzo e carbonato (\pm sulfetos). Assim, esta Dissertação de Mestrado representa a continuidade das pesquisas no bloco norte deste repositório com a aplicação da técnica de espectroscopia de infravermelho *VNIR–SWIR* (*visible-near* e *short-wave infrared*). Esta ferramenta ajuda a explicar com detalhe a configuração do sistema hidrotermal contribuindo para uma melhor compreensão da gênese do depósito. A mineralogia observada por espectroscopia nas rochas metamórficas confirma a ocorrência de alterações hidrotermais dos tipos potássica, propilítica, argílica intermediária, carbonática pervasiva e argílica avançada. Esta última ocorre associada a altos teores de ouro e alunita, mineral indicativo de sistemas epitermais de alta sulfidação. Por sua vez, o conjunto de rochas vulcânicas e plutônicas isotrópico apresenta alterações hidrotermais mais desenvolvidas, intensas e de maior volume. Revelam maior diversificação de minerais hidrotermais, onde a jarosita é o principal indicativo de alteração argílica avançada que também condiz com mineralizações epitermais de alta sulfidação. Além disso, o comparecimento de rodocrosita, pyroxmangita e galena, principalmente relacionada a rochas vulcânicas de composições andesítica e dacítica, indicam a ocorrência de sistema epitermal de intermediária sulfidação. As feições geológicas presentes na região e as alterações hidrotermais, em especial da alteração propilítica nas rochas com allanita, argilominerais, montmorillonita e zeólitas retratam uma típica subzona de epidoto de uma alteração propilítica de baixa temperatura que se relacionam geneticamente às intrusões de média profundidade onde figuram *stocks* de pórfiro hidratados. Desta forma, o depósito aurífero Volta Grande revela características compatíveis com sistemas mineralizantes dos tipos pórfiro e epitermal de metais preciosos e de base, já identificados em outras regiões do Cráton Amazônico. A ocorrência de condições de alta sulfidação a noroeste deste depósito, bem como daquelas de intermediária sulfidação a sudeste, apontam para um ambiente transicional. O método de espectroscopia *VNIR-SWIR* representa uma importante ferramenta que identifica e caracteriza minerais

hidrotermais de forma rápida e eficiente, bem como os diferenciam daqueles intempéricos. Em geral, ela se torna um significativo guia prospectivo ao analisar com robustez minerais de difícil reconhecimento por outros métodos como microscópio óptico convencional ou microscópio eletrônico de varredura (MEV). Os resultados aqui apresentados representam uma contribuição em especial ao conhecimento geológico e metalogenético do Domínio Bacajá, bem como ao Cráton Amazônico como um todo, apontando potencialidades para identificação de depósitos economicamente viáveis de metais preciosos e de base associados à sistemas vulcânicos e plutônicos que ocorrem em uma vasta área deste domínio.

Palavras-chave: alteração hidrotermal; espectroscopia *VNIR–SWIR*; epitermal; ouro; Cráton Amazônico.

ABSTRACT

The world-class Volta Grande gold deposit contains measured reserves of ~6.0 Moz at 1.02 g/t, divided into north and south exploration blocks. It is inserted in the geological context of the Bacajá Domain and was affected by the Trans-Amazonian Cycle (2.26–1.95 Ga). Part of the mineralization is hosted in a group of gneisses and mylonitized granitoids in amphibolite facies of medium to high metamorphic grade of the Três Palmeiras Group (2.36 Ga). Recent research in the northern block has revealed the presence of late volcanics and plutonics, with isotropic texture and intermediate to felsic compositions, which host disseminated gold in different types and styles of hydrothermal alteration, as well as in quartz and carbonate (\pm sulfides) venules and veins. Thus, this Master's Thesis represents the continuity of research in the northern block of this repository with the application of the VNIR–SWIR (visible-near and short-wave infrared) infrared spectroscopy technique. This tool helps to explain in detail the configuration of the hydrothermal system, contributing to a better understanding of the genesis of the deposit. The mineralogy observed by spectroscopy in metamorphic rocks confirms the occurrence of potassic, propylitic, intermediate argillic, pervasive carbonate, and advanced argillic hydrothermal alterations types. The latter occurs associated with high levels of gold and alunite, a mineral indicative of epithermal systems with high-sulfidation. In turn, the isotropic volcanic and plutonic rocks present more developed, intense, and larger-volume hydrothermal alterations. They reveal greater diversification of hydrothermal minerals, where jarosite is the superior indicator of advanced clay alteration, which is also consistent with high-sulfidation epithermal mineralizations. In addition, the appearance of rhodochrosite, pyroxmangite, and galena, mainly related to volcanic rocks of andesitic and dacitic compositions, suggests an epithermal system of intermediate-sulfidation. The geological features present in the region and the hydrothermal alterations, especially the propylitic alteration in the rocks with allanite, clay minerals, montmorillonite, and zeolites, portray a typical epidote subzone of a low-temperature propylitic alteration that are genetically related to the medium-depth intrusions where they appear hydrated porphyry stocks. In this way, the Volta Grande gold deposit reveals characteristics compatible with rare and base metals porphyry and epithermal mineralizing systems, already identified in other regions of the Amazon Craton. The high-sulfidation conditions at the northwest portion of this repository and intermediate-sulfidation at the southeast region point to a transitional environment. The VNIR–SWIR spectroscopy method represents an important tool that identifies and characterizes hydrothermal minerals quickly and

efficiently, as well as differentiating them from weathered ones. In general, it becomes a significant prospective guide when robustly analyzing minerals that are difficult to recognize by other methods such as conventional optical microscope or scanning electron microscope (SEM). The results presented here represent a remarkable contribution to the geological and metallogenetic knowledge of the Bacajá Domain, as well as the Amazonian Craton as a whole, pointing out the potential for identifying economically viable deposits of precious and base metals associated with volcanic and plutonic systems that occur in a vast area of this domain.

Keywords: hydrothermal alteration; VNIR–SWIR spectroscopy; epithermal; gold; Amazonian Craton.