



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 615**

**MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DOS DEPÓSITOS DE  
FOSFATOS ALUMINOSOS LATERÍTICOS DA REGIÃO  
BONITO-OURÉM, NO ESTADO DO PARÁ**

**Dissertação apresentada por:**

**ALAN FELIPE DOS SANTOS QUEIROZ**

**Orientador: Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa (UFPA)**

---

**BELÉM-PARÁ  
2022**

**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)**

---

Q3m Queiroz, Alan Felipe dos Santos.  
Mineralogia e geoquímica dos depósitos de fosfatos aluminosos lateríticos da região Bonito-Ourém, no Estado do Pará / Alan Felipe dos Santos Queiroz. — 2022.  
xiv, 51 f. : il. color.

Orientador(a): Dr. Marcondes Lima da Costa  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2022.

1. Lateritização. 2. Fertilizantes fosfatados. 3. Amazônia.  
I. Título.

CDD 622.1

---



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

**MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DOS DEPÓSITOS DE  
FOSFATOS ALUMINOSOS LATERÍTICOS DA REGIÃO  
BONITO-OURÉM, NO ESTADO DO PARÁ**

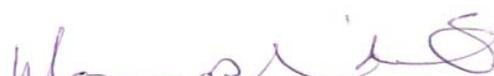
**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:**

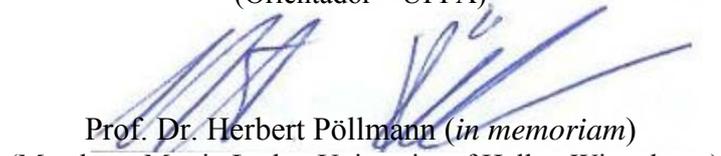
**ALAN FELIPE DOS SANTOS QUEIROZ**

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de  
GEOQUÍMICA, linha de Pesquisa MINERALOGIA E GEOQUÍMICA**

**Data de Aprovação: 02 / 03 / 2022**

Banca Examinadora:

  
Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa  
(Orientador – UFPA)

  
Prof. Dr. Herbert Pöllmann (*in memoriam*)  
(Membro - Martin Luther University of Halle - Wittenberg )

  
Prof.ª Dr.ª Adriana Maria Coimbra Horbe  
(Membro – UnB)

À minha família.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por incontáveis motivos;

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa, pela orientação neste trabalho;

Ao Professor Herbert Pöllmann (*in memoriam*), por ter aceitado corrigir esta dissertação e pelas palavras de incentivo que tanto precisava; infelizmente dias depois de entregar o parecer, o professor Herbert veio a falecer subitamente; uma perda irreparável;

À então empresa Phosfaz Fertilizantes e a todos os seus funcionários, em especial ao geólogo Msc. Daniel Chaves pela hospitalidade, por propiciar a visita e a coleta de amostras dos alvos deste trabalho e pelas inúmeras contribuições em campo e durante o mestrado;

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de mestrado e pelo financiamento das atividades analíticas desse trabalho através de processos 442871/2018-0 e 305016/2016-8 em nome do professor Marcondes Lima da Costa;

Ao Laboratório de Laminação e aos técnicos (e amigos do coração) Joelma Lobo e Bruno Fernandes, pela confecção das lâminas, pelas conversas e pelos momentos de descontração; Ao Laboratório de Sedimentologia, ao técnico Everaldo Cunha e ao Professor Afonso Nogueira, pela utilização da oficina e apoio na preparação de amostras; Às professoras Vânia Barriga e Andréia Pereira pelo acolhimento, pelas conversas, pelos valiosíssimos ensinamentos e pelos cafezinhos de todos os dias; À Profa. Rosemery Nascimento pela amizade e por todos os sábios conselhos e ao professor Ronaldo Lemos, pelo conhecimento compartilhado comigo;

Ao Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada, em especial ao Alessandro Leite, Pablio Henrique, Glayce Valente, Darilena Porfírio, Laís Aguiar, Igor Barreto, Priscila Gozzi, Rayara Silva, Paulo Ronny e Rose Norat. Aos meus grandes amigos, Juliana Carolina, Alan Silva, Gisele Marques, Daniela Vieira, Yury Reis, Carol Resque e Luiz Cristo. Aos meus ‘bolsistas’ Adriane Marques, Douglas Barros, Mário Failache e Matheus Nonato. À Amanda Medeiros e a equipe de natação Feras Aquáticas, por todo o incentivo e momentos felizes durante as competições de natação;

Ao meu noivo Julio Richards, a pessoa que sempre esteve ao meu lado, que me salvou dos meus pensamentos, das minhas crises de ansiedade e me incentivou a terminar esse trabalho mesmo quando eu quis desistir de tudo;

À minha família, por estar sempre ao meu lado e por me incentivar a ir atrás dos meus sonhos.

“It is only with the heart that one can see rightly;  
what is essential is invisible to the eye”  
**The Little Prince**

## RESUMO

Pesquisas recentes desenvolvidas na região de Bonito-Ourém proporcionaram a descoberta de 4 alvos, denominados de Serrotinho, Serrote, Tracuí e Caeté, cuja avaliação da composição química preliminar indicou uma potencialidade econômica para fósforo, semelhante ao depósito fosfático de Bonito. Todavia, novas observações e estudos químicos envolvendo cálculos estequiométricos foram realizados e apontaram para possíveis variações mineralógicas em dois dos quatro alvos em relação a mineralogia predominantemente crandallítica do depósito de Bonito. O presente estudo teve como principal objetivo investigar a geologia, mineralogia e geoquímica desses novos depósitos, visando identificar possíveis variações destes depósitos com os do depósito de Bonito e da região do Gurupi, além de investigar se estes depósitos se enquadrariam no modelo genético da grande maioria dos depósitos de fosfatos de alumínio da região Nordeste do Pará e Noroeste do Maranhão. A metodologia consistiu na visita técnica, descrição de testemunhos e coletas de amostras, seguidos pelas atividades analíticas/laboratoriais, como microscopia óptica, difração de raios x e análises químicas em rocha total. Em geral, os alvos Serrotinho, Serrote, Tracuí e Caeté constituem pequenos morros isolados, com altitudes variando entre 50 a 90 m, sustentados por formações lateríticas maduras, completos e/ou truncados e com pelo menos um horizonte enriquecido em fosfatos de alumínio. Os perfis não ultrapassam a espessura de 9 m e estão frequentemente estruturados em quatro horizontes, constituídos da base para o topo por um horizonte saprolítico, um horizonte argiloso, um horizonte aluminoso fosfático e um horizonte ferroaluminoso fosfático. A mineralogia e a distribuição dos minerais nos perfis são horizontes-dependentes e similares entre os perfis investigados. Em Serrotinho e Serrote os fosfatos predominantes pertencem a série da crandallita-goyazita e da woodhouseíta-svanbergita, além de wardita subordinada. Já em Tracuí há o predomínio da augelita e em Caeté predominam a augelita junto da variscita. Em Tracuí e Caeté, além dos fosfatos, há a presença de gibbsita que compõe a mineralogia principal da crosta aluminosa fosfática dos perfis. A partir dos resultados, pode-se constatar que os depósitos de Serrotinho, Serrote, Tracuí e Caeté guardam muitas semelhanças entre si e com os depósitos e ocorrências de fosfatos lateríticos da região do Gurupi, em especial com Sapucaia e Boa Vista. Entende-se que Serrotinho e Serrote derivaram da mesma sequência sedimentar aluminossilicatada dos depósitos de Sapucaia, Boa Vista, enquanto Tracuí e Caeté podem ter sido desenvolvidas sobre sequências metassedimentares enriquecidas em fosfatos, semelhante aos depósitos de Pirocaua e Cansa Perna na região do Cinturão Gurupi.

**Palavras-chave:** lateritização na Amazônia; depósitos minerais; fertilizantes fosfatados.

## ABSTRACT

Recent research carried out in the Bonito-Ourém region provided the discovery of four new targets, called Caeté, Tracuí, Serrote and Serrotinho, whose preliminary chemical composition evaluation indicated an economic potential for phosphorus, like the Bonito phosphate deposit. However, new specifications and chemical studies involving stoichiometric calculations were carried out and pointed to mineralogical variations in two of the four targets in relation to the Bonito deposit mineralogy, mainly crandallitic. The main objective of this present study is to investigate the geology, mineralogy, and geochemistry of these new deposits, aiming to identify possible variations of these deposits with those of the Bonito deposit and of the Gurupi region, in addition to investigating whether these deposits would fit the genetic model of the great majority of aluminum phosphate deposits in the Northeast of Pará and Northwest of Maranhão. The methodology consisted of a technical visit, description of cores and sample collection, followed by analytical/laboratory activities, such as optical microscopy, x-ray diffraction and whole rock chemical analysis. In general, the targets Serrotinho, Serrote, Tracuí and Caeté are small and isolated hills, with altitudes ranging from 50 to 90 m. They were developed over mature lateritic formations, complete and/or truncated, with at least one horizon enriched in aluminum phosphates. The profiles have a maximum thickness of 9 m and are often structured in four horizons, composed from the base to the top by a saprolitic horizon, a clayey horizon, an aluminous phosphatic horizon and a ferroaluminous phosphatic horizon. The mineralogy and distribution of minerals in the profiles are horizon-dependent and very similar among the investigated profiles. In Serrotinho and Serrote, the predominant phosphates are crandallite-goyazite-woodhouseite-svanbergite and wardite, while in Tracuí and Caeté augelite predominates and only in Caeté the presence of variscite was observed. In addition to augelite, gibbsite compose the main mineralogy of the phosphate aluminous crust of Tracuí and Caeté profiles. From the results, it turns out that the Serrotinho, Serrote, Tracuí and Caeté deposits have many similarities with each other and with the deposits and occurrences of lateritic phosphates in the Gurupi region, especially with Sapucaia and Boa Vista. It is understood that Sapucaia, Boa Vista, Serrotinho and Serrote derived from a similar aluminosilicate sequence, while Tracuí and Caeté may have been developed on phosphate-enriched metasedimentary sequences, similar to the Pirocaua and Cansa Perna deposits in the Gurupi Belt region.

**Keyword:** lateritization in the Amazon; mineral deposits; phosphate fertilizers.