



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 587**

**MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DO PERFIL LATERÍTICO  
DO DEPÓSITO DE FERRO DA SERRA LESTE, CARAJÁS-PA**

**Dissertação apresentada por:**

**RAYARA DO SOCORRO SOUZA DA SILVA**

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

---

**BELÉM-PARÁ  
2020**

**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)**

---

S586m Silva, Rayara do Socorro Souza da

Mineralogia e geoquímica do perfil laterítico do depósito de ferro da Serra Leste, Carajás-PA / Rayara do Socorro Souza da Silva. — 2020.

xii, 47 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

1. Minério de ferro laterítico - Serra Leste (Carajás-PA).  
Intemperismo. I. Título.

CDD 558.115

---



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

## **MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DO PERFIL LATERÍTICO DO DEPÓSITO DE FERRO DA SERRA LESTE, CARAJÁS-PA**

**Dissertação apresentada por**

**RAYARA DO SOCORRO SOUZA DA SILVA**

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

**Data de Aprovação: 17 / 07 / 2020**

**Banca Examinadora:**

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

**Prof.ª Dr.ª Angélica Fortes D. Chicarino Varajão**  
(Membro – UFOP)

**Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica**  
(Membro – UFPA)

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por conceder força e saúde para enfrentar os momentos de dificuldades;

Ao meu orientador, professor Dr. Marcondes Lima da Costa, por todo apoio durante desenvolvimento do trabalho, como auxílio na atividade campo, recursos financeiros, além das inúmeras correções e sugestões.

Ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da Universidade Federal do Pará (UFPA) pela infraestrutura laboratorial e pelos recursos financeiros.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Aos professores e técnicos do Instituto de Geociências (IG) responsáveis pela Oficina de Laminação (Prof.<sup>a</sup> Vania Barriga, téc. Joelma Lobo e téc. Bruno Veras); Laboratório de Sedimentologia (Prof. Afonso Nogueira e téc. Everaldo Cunha); Laboratório de Microanálises (Prof. Dr. Cláudio Lamarão, téc. Gisele Marques e téc. Ana Paula); e Laboratório de Mineralogia, Geoquímica e Aplicações (Prof. Marcondes Lima da Costa e téc. Pablllo Santos).

À Vale S.A pelo apoio logístico e concessão de testemunhos de sondagem e amostras. Em especial aos geólogos Luis Claudio e Clovis Maurity.

Ao professor Joel Buenano Macambira por permitir participar como ouvinte da disciplina “Microscopia de Minério”; pela ajuda e discussões das descrições petrográficas.

Aos integrantes do Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada (GMGA) da UFPA, especialmente o Prof. Marcondes Costa, Glayce Jolhy, Igor Barreto, Alan Queiroz, Daiveson Abreu, Paulo Ronny e professoras Roseane Norat e Rosemary Nascimento pela contribuição, convivência e amizade.

À Lucia Imbirida, bibliotecária do Instituto de Geociências da UFPA, pela revisão e orientação com relação as normas do programa.

Ao meu noivo, Pablllo Santos, pelo companheirismo, encorajamento e o imenso apoio durante a realização do trabalho.

Aos meus familiares, pelo apoio financeiro, motivacional e amor incondicional.

## RESUMO

A Província Carajás hospeda um dos maiores depósitos de ferro de alto teor do mundo, distribuídos nos distritos Serra Norte, Serra Sul e Serra Leste. O processo de mineralização do Fe na região ainda é palco de discussão, parte é em decorrência à complexidade textural típica do minério, o que induz diferentes interpretações quanto ao seu modelo genético. Neste contexto, no intuito de auxiliar na compreensão sobre a sua origem, o presente trabalho buscou avaliar a contribuição do intemperismo laterítico para a formação do depósito de ferro da Serra Leste. Em campo foi descrito um perfil de alteração intempérica e seu substrato, por meio de dois furos de sondagens cedidos pela empresa VALE S.A, seguido de amostragem. Posteriormente cerca de 20 amostras foram descritas, fotografadas e preparadas para análises mineralógicas e químicas. As fases mineralógicas foram identificadas por Difração de Raios - X (DRX) e as imagens micromorfológicas obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), acompanhadas de análises semi-quantitativas por Espectrometria de Energia Dispersiva (EDS). Os aspectos texturais envolveram também microscopia ótica por luz refletida e transmitida. Análise por espectroscopia Mössbauer foi empregada no intuito de se identificar os estados de oxidação dos íons Fe presente nas amostras, complementando as informações obtidas pelas demais técnicas utilizadas. As análises químicas foram realizadas por Espectrômetro de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-AES), e Espectrômetro de Massa com Plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). O perfil investigado compreende duas sucessões de alteração laterítica, uma derivada de jaspilitos e outra derivada de rochas de composição máfica. O perfil compreende na base jaspilitos e clorititos, seguidos dos horizontes saprolíticos (saprólito grosso e saprólito fino) e crostas ferroaluminosas. A composição química demonstra que as quantidades de SiO<sub>2</sub> (chert/quartzo) diminuíram drasticamente durante a formação dos horizontes a partir da base do perfil, com aumento nos teores Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (principalmente hematita) e sua concentração substancial no horizonte saprolítico (zona mineralizada). A partir do topo do saprólito fino há um aumento nos conteúdos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, relacionados a presença da gibbsita, goethita aluminosa e anatásio, da mesma forma elementos traços (Ga, V, Cr, Ta, Nb, W, Zr, ETR e outros) presentes na estrutura dos minerais neoformados. Os dados obtidos no perfil investigado, portanto, evidenciam uma evolução laterítica, e são similares aos perfis lateríticos maduros da Amazônia.

**Palavras-chave:** Intemperismo. Minério de ferro laterítico. Jaspilitos. Hematita. Goethita.

## ABSTRACT

The Carajás Province hosts one of the largest high-grade iron ore deposits in the world, distributed in the districts Serra Norte, Serra Sul and Serra Leste. The process of Fe mineralization in the region is still a stage of discussion, due to the textural complexity typical of the ore, which induces different interpretations regarding its genetic model. In this context, in order to better understand its origin, the present work evaluates the contribution of lateritic weathering to the formation of the iron deposit of Serra Leste. In the field, a profile of weathering and its substrate were described, through two drill holes provided by the company VALE S.A, followed by sampling. After that, about 20 samples were described, photographed and prepared for mineralogical and chemical analysis. The mineralogical phases were identified by X-Ray Diffraction (XRD) and the micromorphological images obtained by Scanning Electron Microscopy (SEM), accompanied by semi-quantitative analyzes by Energy-Disperse Spectroscopy (EDS). The textural aspects also involved optical microscopy by reflected and transmitted light. Analysis by Mössbauer spectroscopy were used in order to identify the oxidation states of Fe ions present in the samples, complementing the information obtained by the other techniques. Chemical analyzes were performed by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES), and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS). The investigated profile comprises two successions of lateritic alteration, one derived from jaspilites and the other derived from mafic composition rocks. The profile comprises jaspilites and chloritites at the base, followed by saprolitic horizons (thick saprolite and fine saprolite) and ferroaluminous crusts. The chemical composition shows that the SiO<sub>2</sub> contents (chert/quartz) decreased drastically during the formation of the horizons from the base of the profile, with an increase in the levels of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mainly hematite and goethite) and its substantial concentration in the saprolitic horizon (mineralized zone). From the top of the fine saprolite there is an increase in the contents of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, related to the presence of gibbsite, aluminous goethite and anatase, in the same way trace elements (Ga, V, Cr, Ta, Nb, W, Zr, ETR and others) present in the structure of newly formed minerals. The data obtained in the investigated profile, therefore, shows a lateritic evolution, and are similar to the mature lateritic profiles of the Amazon.

**Keywords:** Weathering. Iron lateritic ore. Jaspilites. Hematite. Goethita.