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

TESE DE DOUTORADO Nº 157

LATERITIZAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO CENOZOICA NA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DA SERRA DOS CARAJÁS

Tese apresentada por:

CLÓVIS WAGNER MAURITY
Orientador: Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa (UFPA)
Coorientador: Prof. Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira (UFPA)

BELÉM-PA
2021

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)

M456l Maurity, Clovis Wagner.
Lateritização e sedimentação cenozoica na evolução da paisagem da Serra dos Carajás / Clovis Wagner Maurity. — 2021.
xx, 149 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa
Coorientador(a): Prof. Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2021.

1. Terreno laterítico. 2. Aplainamento. 3. Duricrosta. 4. Pisólito. 5. Magnetização. I. Título.

CDD 550.7

Universidade Federal do Pará

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

LATERITIZAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO CENOZOICA NA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DA SERRA DOS CARAJÁS

TESE APRESENTADA POR:

CLÓVIS WAGNER MAURITY

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Doutor em Ciências na Área de GEOQUÍMICA, na linha de pesquisa de MINERALOGIA E GEOQUÍMICA.

Data de Aprovação: 01 / 04 / 2021

Banca Examinadora:

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

Prof Dra. Ana Maria Góes
(Membro – USP)

Prof. Dr. Eric Tohver
(Membro – USP)

Prof. Dr. Simone Patrícia Aranha da Paz
(Membro – UFPA)

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

AGRADECIMENTOS

Aos familiares e amigos pelo grande incentivo e compreensão. Em especial a minha esposa Marcia Zenf e minhas filhas Gabriela, Mariana e Taiana, e minha neta Maria Flor.

Ao Instituto Tecnológico Vale pela liberação, disposição de recursos e incentivo ao estudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da Universidade Federal do Pará, pela infraestrutura e apoio financeiro disponibilizados.

Ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - IAG/USP, especificamente ao Grupo de Paleomagnetismo e Magnetismo das Rochas do IAG/USP e equipe do Laboratório de Paleomagnetismo, pela disposição discussões nos seminários.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa por todo os ensinamentos, confiança e motivação em todos os momentos.

Ao meu coorientador Dr. Afonso Nogueira pelas valiosas orientações e incentivos a busca incessante do conhecimento.

Ao Prof. Dr. Roberto Dall´Agnol coordenador do Grupo de Pesquisa de Geologia Ambiental e Recursos Hídricos que, através do Projeto Lateritas, houve a evolução para o desenvolvimento desta tese de doutorado.

Ao Prof. Dr. Ricardo Ivan Ferreira da Trindade e a Doutoranda Janine Araújo do Carmo no tratamentos dos dados, discussões e ensinamentos sobre as propriedades magnéticas das rochas.

Ao Prof. Dr. Guilherme Raffaeli pela grande ajuda na identificação das estruturas estromatolíticas.

Aos amigos do Grupo de Geoquímica e Mineralogia Aplicada do qual pertenço, assim como aos amigos do Grupo de Análise de Bacias sedimentares da Amazônia pelas calorosas discussões sobre as crostas lateríticas e “ironstones”. Em especial ao Argel Sodré por sua contribuição na identificação de minerais e estruturas sedimentares preservadas nas crostas lateríticas.

A todos que participaram, diretamente ou de alguma forma deste estudo, registro o meu muito obrigado.

RESUMO

A Serra dos Carajás localizada na porção sudoeste da Amazônia brasileira é um dos exemplos de terrenos lateríticos com couraças ferruginosas ou cangas sustentando platôs que formam altiplanos de até ~700 m. Dois conjuntos distintos de duricrostas são reconhecidos nesta região: 1) um mais antigo, desenvolvido durante o Paleógeno sobre formações ferríferas bandadas (BIF) e vulcânicas do Pré-cambriano; e 2) relacionados uma sucessão de até 30 m de espessura ferruginizada previamente considerada como supergênica e reinterpretada aqui como de origem sedimentar. As análises geomorfológica, sedimentológica, paleomagnética e geoquímica destes depósitos ferruginizados em afloramentos e testemunhos de sondagem formados por brecha e ironstone constataram que estes registram fases recorrentes de denudação e aplainamento a partir do desmantelamento de perfis lateríticos. As brechas são cimentadas por goethita e oxi-hidróxidos de ferro e alumínio são representativos de fluxos de detritos subaéreos e em lençol relacionados a leques coluviais adjacentes a sistema lacustres rasos compreendendo deposição química de goethita e hematita. As rochas ricas em goethita apresenta camadas centimétricas a métricas com laminação plana alternadas com níveis de pisólitos/oncoides indicam atividade microbiana. Dados petrográficos e de difração de raios-x indicaram principalmente hematita (50%), goetita (47%) e gibbsita+Al-goetita+magnetita (3%). A alta suscetibilidade magnética, campos alternados e desmagnetização térmica destes depósitos indicaram uma magnetização remanescente fornecida principalmente pela hematita e goethita. A alta concentração de carbono presente nestes minerais sugere que a forte magnetização detectada pode resultar de antigos incêndios florestais. O padrão gráfico oblato da anisotropia da suscetibilidade magnética e a dispersão dos polos da magnetização remanescente natural indicam variáveis sin e pós-deposicionais relacionada à magnetização herdada presente nos fragmentos de BIF. Análise geoquímica destes depósitos mostram que os elementos pouco móveis têm relação incipiente com as unidades do substrato formadas pelos BIF e basaltos e os valores altos de titânio também corroboram concentração durante a sedimentação não relacionada com a lateritização. A formação de leques coluviais progradantes em direção aos lagos rasos químicos implantados nos vales foram recorrentes na Serra dos Carajás e atestam variações climáticas que ocorrem desde o Pleistoceno. Esta nova visão das duricrostas da Serra dos Carajás inicia uma nova leitura geológica que permite um melhor entendimento dos processos intempéricos e sedimentares relacionados a evolução da paisagem amazônica durante o Cenozoico.

Palavras-chave: Terreno laterítico. Aplainamento. Duricrosta. Pisólito. Magnetização.

ABSTRACT

The Serra dos Carajás, located in the southwestern portion of the Brazilian Amazon, is one example of lateritic terrains with crusts or “cangas” sustaining plateaus with up to ~ 700 m. Two distinct duricrusts are recognized in this region: 1) an older one, developed during the Paleogene over the Precambrian banded iron formation (BIF) and volcanic rocks; and 2) related to a succession of30 m-thick of Pleistocene ferruginized deposits previously considered as supergenic and reinterpreted here as sediments. The facies, paleomagnetic, and geochemical analyses of these ferruginized deposits in outcrops and drill cores formed by breccia and ironstone found that they register recurrent planation phases associated with the dismantling of lateritic profiles. The breccia is cemented by goethite, and iron and aluminum oxyhydroxides are representative of subaerial debris flows related to colluvial fans adjacent to shallow lake systems comprising the chemical deposition of goethite and hematite. The goethite-bearing beds with even parallel lamination alternate with pisolites / oncoids laminae indicate microbial activity. Petrographic and X-ray diffraction data indicated mainly hematite (50%), goethite (47%) and gibbsite + Al-goethite + magnetite (3%). The high magnetic susceptibility, alternating fields, and thermal demagnetization of these deposits indicated a remaining magnetization provided mainly by hematite and goethite. The high concentration of carbon present in these minerals suggests that the strong magnetization detected may result from old forest fires. The oblate graphic pattern of the magnetic susceptibility anisotropy and the dispersion of the poles of the remaining natural magnetization indicates sin and post-depositional variables related to the inherent magnetization present in the BIF fragments. Geochemical analysis of these deposits shows that the little mobile elements have a limited relationship with the BIF and volcanic substrate. The high titanium values also corroborate concentration during sedimentation not related to lateritization. The progradation of colluvial fans on shallow chemical lakes implanted in the valleys was recurrent in the Serra dos Carajás landscape evolution, attesting to the climatic variations since the Pleistocene. This new insight about the Serra dos Carajás duricrusts initiates a new geological reading that allows a better understanding of the weather and sedimentary processes related to the Cenozoic Amazonian evolution landscape.

Keywords: Lateritic terrain. Planation. Duricrust. Pisolites. Magnetization.

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

PARECER

Sobre a Defesa Pública da Tese de Doutorado de CLÓVIS WAGNER MAURITY

A banca examinadora da Tese de Doutorado de **CLÓVIS WAGNER MAURITY**, orientado pelo Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa (UFPA) e coorientado pelo Pro. Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira (UFPA), composta pelos professores doutores Ana Maria Góes (USP), Eric Tohver (USP), Simone Patrícia Aranha da Paz (UFPA) e Rômulo Simões Angélica (UFPA), após apresentação da sua tese intitulada "**LATERITIZAÇÃO E SEDIMENTAÇÃO CENOZOICA NA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DA SERRA DOS CARAJÁS**", emite o seguinte parecer:

O candidato realizou sua apresentação de forma clara, bem organizada e segura no tempo estipulado. Na arguição mostrou domínio da temática abordada e respondeu às perguntas formuladas pela banca.

A tese foi apresentada na forma de quatro artigos, sendo os dois primeiros já submetidos. A banca levantou vários pontos e questionamentos relacionados ao documento, sua estruturação e aspectos de forma e redação. Em especial, chamou à atenção sobre problemas conceituais em relação às terminologias sobre os materiais superficiais ferruginosos estudados, que devem ser melhorados na versão final dos artigos. Não obstante, considera que o tema é de grande importância para a região e para a compreensão tanto dos processos do intemperismo laterítico como dos depósitos minerais supergênicos relacionados.

Finalmente, a banca examinadora decidiu por unanimidade aprovar a tese de doutorado.

Belém, 01 de abril de 2021

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

Profa. Dra. Ana Maria Góes
(Membro Externo, USP)

Prof. Dr. Eric Tohver
(Membro Externo, USP)

Profa. Dra. Simone Patrícia Aranha da Paz
(Membro Interno, UFPA)

Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica
(Membro Interno, UFPA)