



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 597**

**ESTRATIGRAFIA E ANÁLISE PALEOAMBIENTAL DE  
ROCHAS NEOPROTEROZÓICAS DO CINTURÃO  
ARAGUAIA, REGIÃO DE REDENÇÃO-PA, BRASIL**

**Dissertação apresentada por:**

**ADRIANA NATALY MEDINA HIGUERA**

---

**Orientador: Prof. Dr. Joelson Lima Soares (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)

---

M491e Medina Higuera, Adriana Nataly.

Estratigrafia e análise paleoambiental de rochas Neoproterozóicas do Cinturão Araguaia, região de Redenção-PA, Brasil / Adriana Nataly Medina Higuera. — 2020.

xviii, 66 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Joelson Lima Soares

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

1. Cinturão Araguaia.. 2. Neoproterozoico.. 3. Formação São Martin.. 4. Formação Rio Arraias. . 5. Snowball Earth Marinoana.. I. Título.

CDD 551.700981

---



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

**ESTRATIGRAFIA E ANÁLISE PALEOAMBIENTAL DE  
ROCHAS NEOPROTEROZÓICAS DO CINTURÃO  
ARAGUAIA, REGIÃO DE REDENÇÃO-PA, BRASIL**

**Dissertação apresentada por:**

**ADRIANA NATALY MEDINA HIGUERA**

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de  
GEOLOGIA e Linha de Pesquisa em Análise de Bacias Sedimentares.**

**Data de Aprovação:** 26 / 12 / 2020

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Joelson Lima Soares**  
(Orientador - UFPA)

**Prof. Dr. Isaac Daniel Rudnitzki**  
(Membro - UFOP)

**Prof. Dr. José Bandeira Cavalcante Júnior**  
(Membro - UFPA)

*Aos meus pais Rosaura e Guillermo  
Aos meus avós Emperatriz e Miguel (In memoriam)  
Pelos sacrifícios, ensinamentos, o imenso amor e dedicação.*

## AGRADECIMENTOS

- Agradeço a Deus, por me dar forças para vencer os obstáculos e os momentos difíceis ao longo da minha vida.
- A minha família pelo amor, dedicação e incentivo sempre, agradeço os lições ensinados que levo para toda a vida, obrigada por se fazerem presente em minha vida, mesmo que houvesse distância, serei sempre grata aos meus queridos pais Rosaura e Guillermo, aos meus irmãos: Sandra, Carolina e Andrés e meus amados sobrinhos (meus bebês) Laura Sofia, Sara Valentina, Miguel Andrés, Emily Gabriela e Isabella.
- Ao programa de pós-graduação em geologia e geoquímica (PPGG) e a Universidade Federal do Pará (UFPA) pela oportunidade de crescimento científico, pessoal e pela infraestrutura dispensada para a realização dessa dissertação.
- À Cleida Freitas e Joalice Lopes, secretárias do PPGG, por todo auxílio e suporte fornecidos durante a pós-graduação.
- A CAPES pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa de estudo de mestrado, código de financiamento 001.
- A Western Mining Company (WMC) que disponibilizou o núcleo de perfuração do projeto São Martim.
- Ao Prof. Dr. Joelson Lima Soares, orientador desta pesquisa, o Prof. Dr. Afonso Nogueira e o Prof. Dr. José Bandeira Cavalcante da Silva Jr pelos ensinamentos, discussões, conhecimentos compartilhados e amizade que certamente contribuíram para meu amadurecimento.
- Ao Prof. Dr. Paulo Sergio de Sousa Gorayeb, colaborador desta pesquisa pelos ensinamentos, discussões e conhecimentos compartilhados.
- Ao professor Dr. Cláudio Lamarão, à geóloga Gisele Tavares Marques e à técnica Ana Paula Correa do LABMEV UFPA pelo auxílio nas análises de MEV-EDS.
- À Joelma Lobo e Bruno Fernandes por toda a ajuda e paciência na confecção das lâminas delgadas.
- Ao amigo Dr. Hudson Santos pelo auxílio com as lâminas na catodoluminescência.
- À professora Dra. Lucieth Cruz Vieira, responsável pelo laboratório de isótopos estáveis da Universidade Federal de Brasília, pelas análises de isótopos de Estrôncio, Carbono e Oxigênio.
- À professora Dra. Simone Paz e ao técnico Aldemir Sotero do Laboratório de Difração de Raios-X da UFPA pelo auxílio nos análises.

- Agradeço à Biblioteca da UFPA, especialmente a Lucia Imbiriba pela colaboração nas orientações das Normas e formatação.
- Aos estimados amigos do Grupo de Análise de Bacias Sedimentares da Amazônia (GSED), obrigada por este tempo de convivência, apoio e continuas discussões científicas: Pedro Augusto Santos da Silva, Hudson Santos, Luiz Saturnino, Lucas Cunha, Alexandre Ribeiro, Walmir Lima, Raphael Araújo, Quézia Alencar, Isabele Barros, Renan Fernandes, Nayan César, Sebastian Gomez e Anna Andressa.
- Ao Ivan Romero pela paciência, carinho, apoio, e incentivo nos momentos mais difíceis.
- Aos amigos do Mestrado, obrigada por este tempo de convivência e amizade, David Vega, Amanda Suany, Bettina Bozi e Sergio Nunez.
- Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, me auxiliaram a iniciar e concluir este trabalho, cujos nomes não caberiam em poucas páginas.

“El Señor es mi pastor; nada me falta. En verdes praderas me hace descansar, a las aguas tranquilas me conduce, me da fuerzas y me lleva por caminos rectos, haciendo honor a su nombre. Aunque pase por caminos oscuros y tenebrosos, no temeré peligro alguno, porque tú, Padre Celestial, estás conmigo; tu vara y tu cayado me sostienen”.

**Salmos 23:1-4**

## RESUMO

O Neoproterozoico foi marcado por intensas mudanças climáticas que foram acompanhadas pela reorganização das massas continentais a nível global. Estes eventos climáticos estão representados pelas glaciações globais Sturtiana e Marinoana registradas nas rochas do período Criogeniano. O rearranjo das massas continentais esteve marcado pela ruptura do supercontinente Rodinia (870 - 750 Ma) e posterior colisões intracratônicas (600 Ma) que geraram a amalgamação de Gondwana, que por sua vez originou diversos orógenos como o Cinturão Araguaia. Esta unidade geotectônica neoproterozóica situada na porção norte da Província Tocantins, é composta pelas rochas sedimentares do Supergrupo Baixo Araguaia, que está subdividido nos grupos Estrondo e Tocantins. O Grupo Tocantins é constituído pelas formações Pequizeiro e Couto Magalhães. Na região de Redenção, a empresa WMC Resources Ltda furou vários testemunhos de sondagem, denominados de SMD, para desvendar a gênese do prospecto São Martim. Inicialmente, as rochas carbonáticas e siliciclásticas sem indícios de metamorfismo, nestes testemunhos (SMD 08 e SMD 15), foram posicionadas na Formação Couto Magalhães. Contudo, a definição original desta unidade envolve rochas com metamorfismo de baixo grau. Este fato motivou uma revisão litoestratigráfica da Formação Couto Magalhães que ocorre em subsuperfície na região de Redenção, além da reconstituição paleoambiental proposta no trabalho original. Assim, esta unidade foi redefinida, na região de estudo, exclusivamente com base em suas características litológicas e denominadas de Formação São Martim (rochas carbonáticas) e Formação Rio Arraias (rochas siliciclásticas). Devido aos poucos testemunhos que existem não é possível definir sua extensão lateral em subsuperfície. Para alcançar os objetivos propostos foram realizadas análises faciológicas, prográficas e geoquímicas isotópicas, assim como interpretações de microfácies sedimentares e microestruturas glaciais. A porção mais basal dos testemunhos é caracterizada pela ocorrência de formações ferríferas bandadas (*Banded Iron Formation*, BIF) que são interpretadas como o assoalho da bacia, estas formações tem idade e similitude composicional correlacionável com as BIF's da Formação Carajás. Na sequência sobrejacente foram definidas dezenove fácies sedimentares que foram agrupadas em quatro associações de fácies correspondentes. Na Formação São Martim as rochas carbonáticas são interpretadas como o registro de um ambiente de plataforma carbonática (AF1) que se encontra em contato discordante com os BIF's. A Formação Rio Arraias é caracterizada pelos depósitos de turbiditos de planície de talude ricos em lama-areia (AF2), glacial (AF3) e turbiditos de planície de talude ricos em areia (AF4). As idades destas rochas foram inferidas a partir do levantamento bibliográfico. Idades meso-arqueanas ( $2.952,3 \pm 7,3$



Ma e  $2.994,0 \pm 5,8$  Ma) dos BIF's foram determinadas com base em dados U-Pb (SHRIMP) de zircões detríticos. Não há idades disponíveis para os carbonatos da Formação São Martin. As idades obtidas para as rochas siliciclástica da Formação Rio Arraias estão baseadas na metodologia Pb/Pb em pirita clástica (716 a 670 Ma), piritas diagenéticas (668- 616 Ma) e pirita em veios (438 Ma - 394 Ma). Assim como idades Sm/Nd de proveniência sedimentar entre 1660 Ma, 1710 Ma e 1720 Ma em clastos de diamictitos da Formação Rio Arraias. Adicionalmente, foram datadas rochas piroclásticas riolíticas (idades U-Pb) de  $634 \pm 21$  e  $624 \pm 11$  Ma sobrepostas diretamente aos depósitos glaciais da Formação Rio Arraias. Conforme estas idades geocronológicas são inferidas neste trabalho uma idade criogeniana para a sequência sedimentar carbonática-siliciclástica. O primeiro evento de sedimentação após a formação das BIF's foi à deposição de sedimentos carbonáticos que compõem a AF1, o contato entre estas duas associações é abrupto e caracterizado pela presença de uma fina camada de folhelho negro. A AF1 é constituída na porção basal por *mudstone* pseudonodular a pseudolaminar, as quais apresentam estruturas geradas por compactação química como *dissolution seams* e estilólitos, além de finos níveis de tufo vulcânico, na porção superior se encontram as fácies de brecha carbonática e siltito com laminação ondulada. O segundo evento de deposição foi possivelmente marcado pela subsidência da bacia gerada pelo fechamento pós-colisional dos crátons Amazônico com São Francisco/Congo, onde se depositou a AF2 que é composta por arenitos maciços e com laminação plano-paralela, truncada por onda e deformada, ritmitos com laminação plano-paralela e truncada por onda, pelitos maciços e com laminação plano-paralela. O terceiro evento de sedimentação ocorreu no máximo avanço glacial e subsequente rebaixamento do nível do mar, com a deposição dos materiais correspondentes à AF3. Esta associação está constituída por diamictitos foliados e maciços associados à deposição de sedimentos a partir de geleiras que avançam nos corpos de água. A transição entre a AF2 e AF3, apresenta camadas com deformações possivelmente produzidas por glaciectônica. O quarto evento de sedimentação está marcado por um rápido degelo acompanhado de um aumento do nível do mar que aumentou o potencial de preservação dos depósitos subglaciais e possivelmente controlou a deposição dos materiais da AF4. Esta associação é composta por arenitos maciços e com laminação plano-paralela, ondulada, truncada por onda e deformada, em menor proporção ritmitos com laminação plano-paralela e truncada por onda e finas camadas de pelitos maciços, além de dois níveis de brecha siliciclástica. Em resumo, é proposta uma nova definição litoestratigráfica neoproterozoica para o Cinturão Araguaia que sugere pela primeira vez que a plataforma, em

determinados períodos, esteve submetida a processos glaciais possivelmente dentro do contexto de *Snowball Earth*, precisamente a glaciação Marinoana.

Palavras-chave: Cinturão Araguaia. Neoproterozoico. Formação São Martin. Formação Rio Arraias. Snowball Earth. Marinoana.

## ABSTRACT

The Neoproterozoic age was marked by intense climatic changes that were accompanied by the reorganization of the continental masses at a global level. These climatic events are represented by the Sturtian and Marinoan Snowball Earth glaciations registered in the rocks of the Cryogenic age. The rearrangement of the continental masses was marked by the rupture of the Rodinia (870 - 750 Ma) and subsequent intracratonic collisions (600 Ma) that generated the amalgamation of Gondwana, which in turn originated several orogens such as the Araguaia Belt. This Neoproterozoic geotectonic unit located in the northern portion of the Tocantins Province, is composed of the sedimentary rocks of the Baixo Araguaia Supergroup, which subdivided into the Estrondo and Tocantins Groups. In the region of Redenção, the company WMC Resources Ltda drilled several cores, called SMD, to unveil the genesis of the São Martim prospect. Initially, the carbonate and siliciclastic rocks without evidence of metamorphism, in these cores (SMD 08 and SMD 15), were positioned in the Couto Magalhães Formation. However, the original definition of this unit involves rocks with low-grade metamorphism. This fact led to a lithostratigraphic review of the Couto Magalhães Formation that occurs on a subsurface in the Redenção region, in addition to the paleoenvironmental reconstitution proposed in the original work. Thus, this unit was redefined, in the study region, exclusively based on its lithological characteristics and named São Martim Formation (carbonate rocks) and Rio Arraias Formation (siliciclastic rocks). Due to the few testimonies that exist, it is not possible to define its lateral extension in subsurface. To achieve the proposed objectives, faciological, sedimentological and geochemical analyzes were performed, as well as interpretations of sedimentary microfacies and glacial microstructures. The most basal portion of the cores is characterized by the occurrence of banded iron formations (BIF) that are interpreted as the basin floor, these formations have age and compositional similarity correlated with the BIF's of the Carajás Formation. In the overlying sequence, nineteen sedimentary facies were defined, which were grouped into four facies associations corresponding. In the São Martim Formation, carbonate rocks are interpreted as the record of a carbonate platform environment in an epicontinental sea (AF1) that is in discordant contact with the BIF's. The Rio Arraias Formation is characterized by deposits of mud-sand-rich slope plain turbidites (AF2), glacial (AF3) and sand-rich slope turbidites (AF4). The ages of these rocks were inferred from the bibliographic survey. Meso-Archean ages ( $2,952.3 \pm 7.3$  Ma and  $2,994.0 \pm 5.8$  Ma) of the BIF's were determined based on U-Pb (SHRIMP) data of detrital zircons. There are no ages available for carbonates from the São Martim Formation. The ages obtained for the siliciclastic rocks of the Rio Arraias

Formation are based on the Pb / Pb methodology in clastic pyrite (716 to 670 Ma), diagenetic pyrites (668-616 Ma) and vein pyrite (438 Ma - 394 Ma). As well as Sm / Nd ages of sedimentary provenance between 1660 Ma, 1710 Ma and 1720 Ma in diamictite clasts of the Rio Arraias Formation. Additionally, rhyolitic pyroclastic rocks (ages U-Pb) dated  $634 \pm 21$  and  $624 \pm 11$  Ma superimposed directly on the glacial deposits of the Rio Arraias Formation. According to these geochronological ages, a Cryogenian age for the carbonate-siliciclastic sedimentary sequence is inferred in this work. The first sedimentation event after the formation of BIF was the deposition of carbonate sediments that make up AF1, the contact between these two associations is abrupt and characterized by the presence of a thin layer of black shale. The AF1 is constituted in the basal portion by pseudonodular to pseudolaminar mudstone, which present structures generated by chemical compaction such as dissolution seams and stylolites, in addition to fine levels of volcanic tuff, in the upper portion are the carbonate and siltstone breccia facies with wavy lamination. The second deposition event was possibly marked by the subsidence of the basin generated by the post-collisional closure of the Amazon with São Francisco / Congo cratons, where the AF2 was deposited, which is composed of massive sandstones and with plane-parallel lamination, truncated by wave and deformed, rhythms with plane-parallel lamination and truncated by wave, massive mudstones and with plane-parallel lamination. The third sedimentation event occurred at the maximum glacial advance and subsequent lowering of sea level, with the deposition of materials corresponding to AF3. This association is made up of foliated and massive diamictites associated with the deposition of sediments from glaciers that advance in water bodies. The transition between AF2 and AF3, presents layers with deformations possibly produced by glaciotectionic. The fourth sedimentation event is marked by a rapid thaw accompanied by an increase in sea level which increased the potential for preservation of subglacial deposits and possibly controlled the deposition of AF4 materials. This association is composed of massive sandstones with planar-parallel, wavy, wave-truncated and deformed lamination, to a lesser extent rhythms with planar and wave-truncated lamination and thin layers of massive mudstones, in addition to two levels of siliciclastic breccias. In summary, a new Neoproterozoic lithostratigraphic definition for the Araguaia Belt is proposed that suggests for the first time that the platform, in certain periods, was subjected to glacial processes possibly within the context of Snowball Earth, precisely to the Marinoan glaciation.

Keywords: Araguaia Belt. Neoproterozoic. São Martim Formation. Rio Arraias Formation. Snowball Earth. Marinoana.