



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**PALEOAMBIENTE E QUIMIOESTRATIGRAFIA DA FORMAÇÃO SERRA DO
QUILOMBO, NEOPROTEROZÓICO DA FAIXA PARAGUAI NORTE, REGIÕES DE
CÁCERES E NOBRES (MT)**

Dissertação apresentada por:

JOÃO MARINHO MILHOMEM NETO

Orientador: Prof. Dr. Moacir José Buenano Macambira (UFPA)

Co-orientador: Prof. Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira (UFPA)

BELÉM

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

M644p Milhomem Neto, João Marinho

Paleoambiente e quimioestratigrafia da Formação Serra do Quilombo, Neoproterozóico da Faixa Paraguai Norte, regiões de Cáceres e Nobres (MT) / João Marinho Milhomem Neto; Orientador: Moacir José Buenano Macambira – 2012

xvi, 72 f.: il.

Dissertação (mestrado em geoquímica e petrologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2012.

1. Geologia Isotópica. 2. Paleoambiente. 3. Ediacarano. 4. Formação Serra do Quilombo. 5. Grupo Araras. 6. Faixa Paraguai Norte (MT). I. Universidade Federal do Pará. II. Macambira, Moacir José Buenano, *orient.* III. Título.

CDD 22º ed.: 541.388098172



**Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências**

Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

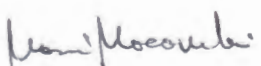
**PALEOAMBIENTE E QUIMIOESTRATIGRAFIA DA
FORMAÇÃO SERRA DO QUILOMBO, NEOPROTEROZÓICO
DA FAIXA PARAGUAI NORTE, REGIÕES DE CÁCERES E
NOBRES (MT)**

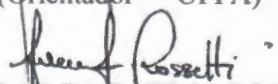
**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR
JOÃO MARINHO MILHOMEM NETO**

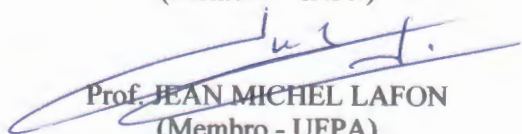
**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área
de GEOQUÍMICA E PETROLOGIA**

Data de Aprovação: 03/05/2012

Banca Examinadora:


Prof. MOACIR JOSÉ BUENANO MACAMBIRA
(Orientador – UFPA)


Prof.^a DILCE DE FATIMA ROSSETTI
(Membro – INPE)


Prof. JEAN MICHEL LAFON
(Membro - UFPA)

*À minha família:
João e Sandra, meus pais
Luciana e Susana, minhas irmãs
e a pequena Camila Beatriz, minha sobrinha.*

AGRADECIMENTOS

Registro meus sinceros agradecimentos às pessoas e instituições que colaboraram de alguma maneira para a realização deste trabalho, em especial:

- A Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Programa de pós-graduação em geologia e geoquímica (PPGG) pela infraestrutura disponibilizada para realização desta pesquisa;

- A Agência Nacional do Petróleo (ANP) que através do Programa de Recursos Humanos para o Setor Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (PRH), do convênio UFPA/ANP/PRH-06, apoiou tal pesquisa e me concedeu bolsa de estudo;

- Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Geociências da Amazônia (GEOCIAM), coordenado por R. Dall'Agnol, e ao Programa Procad/CAPES (Projeto 096/2007), coordenado por M.J.B. Macambira, pelo financiamento dos trabalhos de campo;

- Ao Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA (PARÁ-ISO), por toda a infraestrutura disponibilizada para realização das análises isotópicas de Sr, em especial aos professores, técnicos e estagiários por toda atenção e grande ajuda;

- Ao Grupo de Análise de Bacias Sedimentares da Amazônia (GSED) do IG/UFPA, particularmente aos colegas professores Joelson Soares, José Bandeira e Renata Hidalgo, ao doutorando Izaac Rudnitzki e aos mestrandos Eduardo Souza, Luciana Brelaz e Luiz Saturnino;

- Ao Laboratório de Difração de Raios-X do IG/UFPA, na pessoa do Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica, pela realização das análises por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX);

- Ao Laboratório de Isótopos Estáveis (LABISE) do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), na pessoa do Prof. Dr. Alcides Nóbrega Sial, pela realização das análises isotópicas de C e O;

- Ao meu orientador Prof. Dr. Moacir José Buenano Macambira por sua confiança, paciência e amizade demonstrados ao longo do desenvolvimento deste trabalho;

- Ao meu Co-orientador Prof. Dr. Afonso Nogueira por ter me apresentado à geologia da Faixa Paraguai Norte e pelas valiosas correções e discussões sobre os processos e ambientes de sedimentação das rochas estudadas, bem como a interpretação dos dados isotópicos;

- Aos meus pais, João e Sandra, por todos os ensinamentos de vida e por garantirem todas as condições para que eu pudesse realizar o mestrado;

- As minhas irmãs, Luciana e Susana, por serem sempre presentes na minha vida e por todo apoio e incentivo;

- A minha namorada, Anni, por todo afeto, carinho e compreensão dispensados, principalmente no período do seminário II e de fechamento da dissertação;

- Aos colegas do PPGG que tornaram suportáveis esses dois anos de estudo, trabalho e muita paciência para resistir à tentação do mercado de trabalho, em especial aos camaradas de todas as horas: Eduardo, Diogo, Patrick e Jeremias.

RESUMO

Após a última glaciação criogeniana (*ca.* 635 Ma), extensas plataformas carbonáticas desenvolveram-se sobre diversas regiões cratônicas da Terra. Apesar da intensa dolomitização de parte desses depósitos, muitos dos processos sedimentares e paleoceanográficos podem ainda ser resgatados, contribuindo no entendimento do paleoambiente e da composição isotópica da água do mar durante o Neoproterozóico. Um dos exemplos mais importantes deste período no Brasil é a Formação Serra do Quilombo, pertencente à porção superior do Grupo Araras, no segmento norte da Faixa Paraguai, sul do Cráton Amazônico. Esta unidade tem sido interpretada, em sua seção-tipo na região de Cáceres, estado do Mato Grosso, como representante de depósitos de plataforma moderadamente rasa a profunda influenciada por sismos e tempestades. A análise de fácies e estratigráfica, em combinação com dados de isótopos de C, O e Sr nas regiões de Cáceres (seção-tipo) e Nobres, permitiu reavaliar e ampliar estas interpretações paleoambientais e paleoceanográficas, visando à construção de um arcabouço quimioestratigráfico para a unidade. A sucessão estudada possui aproximadamente 140 m de espessura e inclui a Formação Serra do Quilombo e seus contatos com unidades adjacentes, a Formação Guia na base e Formação Nobres, no topo. Nessa sucessão foram descritas 5 fácies deposicionais que correspondem a dolomito fino laminado rico em matéria orgânica (Dl), dolomito fino maciço a laminado (Dml), dolomito arenoso com estratificação cruzada *hummocky/swaley* associada com estratificação plano-paralela (DAh), dolomito arenoso/oolítico com laminações produzidas por ondas (DAI) e brecha dolomítica com matriz (BDm). As fácies sedimentares foram agrupadas em duas associações de fácies (AF) que indicam ambientes de plataforma carbonática moderadamente profunda (AF1: Dm e Dl) e face litorânea influenciada por tempestades (AF2: DAh, DAI e BDm). A Formação Serra do Quilombo compõe uma sucessão de raseamento ascendente (*shallowing upward*), que representa o registro progradante de um trato de sistema de mar alto, em um contexto de rampa carbonática homoclinal instalada no sul do Cráton Amazônico durante o Ediacarano. As análises de C e O foram realizadas em 141 amostras (dentre calcários e dolomitos finos, dolomitos arenosos/oolíticos, além de clastos, cimento e matriz de brechas dolomíticas), das quais, 6 foram também selecionadas para análises de Sr. Estudos de elementos maiores (Ca, Mg e Fe) e traços (Rb, Sr e Mn), realizados em 20 amostras, auxiliaram na seleção daquelas para análise isotópica de Sr e na avaliação da natureza primária do sinal isotópico dos carbonatos estudados. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$, interpretados como representativos da água do mar original, apresentam uma tendência que varia desde negativa, em torno de -2‰, na base da sucessão (Formação Guia), até composições enriquecidas de $\delta^{13}\text{C}$ em direção ao topo da

sucessão estudada, atingindo valores acima de 0‰. A seção-tipo da Formação Serra do Quilombo apresenta uma curva homogênea de isótopos de C, com valores de $\delta^{13}\text{C}$ em torno de 0‰, o que permite sua perfeita correlação com outras sucessões como, por exemplo, sua seção de referencia em Nobres, distante cerca de 200 km. As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ seguem a tendência geral dos isótopos de C, com valores crescentes em direção ao topo da sucessão, variando de 0,7077 até 0,7083, diretamente relacionados com o raseamento dos ambientes e o consequente influxo de grãos siliciclásticos registrado na porção superior da unidade (AF2). Os dados de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ obtidos para as brechas dolomíticas com matriz (BDm) indicam, em geral, uma similaridade entre o sinal isotópico, tanto da matriz quanto dos clastos, sugerindo sua natureza primária e sindeposicional. Por outro lado, para as brechas dolomíticas cimentadas, os valores obtidos para os cimentos de dolomita espática indicam menores valores de $\delta^{13}\text{C}$ e, notadamente, de $\delta^{18}\text{O}$ em relação aos clastos, sugerindo que sua origem é secundária, provavelmente resultante da interação com águas meteóricas ou fluidos hidrotermais durante o processo de formação das brechas. A implantação de uma plataforma carbonática moderadamente profunda a rasa com padrões isotópicos de C tendendo a valores positivos, distiguem-se dos depósitos pós-glaciais da base do Grupo Araras, com valores de C fortemente negativos, e podem representar o restabelecimento das condições normais de sedimentação. Da mesma forma, a tendência crescente da razão isotópica de Sr indica o aumento do influxo continental num cenário já completamente desprovido da influência glacial (*Snowball/slushball Earth hypothesis*). Os valores de Sr apontam idade ediacarana, entre 560 e 580 Ma, para a deposição da Formação Serra do Quilombo.

Palavras-chave: Geologia isotópica. Paleoambiente. Ediacarano. Formação Serra do Quilombo. Grupo Araras. Faixa Paraguai Norte.

ABSTRACT

After the last criogenian glaciation (ca. 635 Ma), large carbonate platforms were developed in several cratonic regions of the Earth and, despite of the intense dolomitization of these deposits, many of paleoceanography and sedimentary processes can still be rescued, contributing to the understanding of the paleoenvironment and the isotopic geochemistry of the Neoproterozoic seawater. One of the most important testimonies of this period in Brazil is the Serra do Quilombo Formation, upper portion of the Araras Group, exposed in the northern Paraguay Belt, southern of the Amazonian Craton. This unit has been interpreted in its type section in the Caceres region, Mato Grosso, as deposits of shallow to moderately deep platform influenced by storms and earthquakes. The stratigraphic and facies reevaluation in combination with C, O and Sr isotopes data in the Caceres (type-section) and Nobres regions, allowed enlarging the paleoceanography and paleoenvironmental interpretations, aiming at building a chemostratigraphic framework for the unit. The 140 m thick of the study succession includes the Serra do Quilombo Formation in sharp basal contact with the Guia Formation and the gradual contact, to the top, with the Nobres Formation. In this succession were described five depositional facies that correspond the organic matter rich laminated dolostone (Dl), massive to laminated dolostone (Dml), hummocky/swaley to planar stratified sandy dolostone (DAh), sandy/oolitic dolostone with wave cross laminations (DAI) and matrix-supported dolomitic breccia (BDm). The sedimentary facies were grouped into two facies associations (FA) that indicate environments of deep to moderately shallow carbonate platform (FA1: Dl and Dml) and storm influenced shoreface (FA2: DAh, DAI and BDm). The Serra do Quilombo Formation comprises a shallowing upward succession, which represents the progradational record of a highstand system tract, in a homoclinal carbonate ramp, installed on the southern part of the Amazonian Craton during the Ediacaran. C and O isotopic analyses were performed in 141 samples (among laminated limestones and dolostones, sandy/oolitic dolostones and clasts, cement and matrix of dolomitic breccias), of which 6 were also selected for the Sr analysis. Major (Ca, Mg and Fe) and trace (Rb, Sr and Mn) elements contents, performed on 20 samples, assisted in the selection of those for Sr isotopic analysis and evaluation of the primary nature of the isotopic signal of study carbonates. The $\delta^{13}\text{C}$ values, interpreted as representing the original sea water, showed a trend ranging from negative, around -2 ‰ at the base of the succession (Guia Formation) to above 0‰ at the top of the succession. The type-section of the Serra do Quilombo Formation presents a homogeneous C-isotope curve, with $\delta^{13}\text{C}$ values around 0 ‰, which allows its perfect correlation with other sequences, for example, its section reference in Nobres, far

about 200 km. The $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ follow the general C-isotopes trend, increasing towards the top of the succession, ranging from 0.7077 to 0.7083, directly related to the environmental shallowing and the consequent influx of siliciclastic grains recorded in the top portion of the unit (AF2). The $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ data obtained for the dolomitic matrix-supported breccias (BDm) indicate, in general, a similarity between the isotopic signal of both matrix and clasts, suggesting a sindeposicional and primary process. On the other hand, for the dolomitic cemented breccia, the values obtained for the sparry dolomite cements indicate lower values of $\delta^{13}\text{C}$ and, notably, of $\delta^{18}\text{O}$ in relation to the clasts, suggesting that its origin is secondary, probably resulting from the interaction with meteoric water or hydrothermal fluids during the breccias formation. The establishment of a moderately deep to shallow carbonate platform environment with C isotopic patterns, tending to positive values, is clearly distinct of the post-glacial deposits of the base of the Araras Group, with strongly negative values of C, and may represent the restoration of normal sedimentation conditions. Likewise, the growing trend of Sr isotopic ratio indicates the increasing in the influx continental in a scenario completely devoid of glacial influence (Snowball/slushball Earth hypothesis). Sr values indicate ediacaran age, between 560 and 580 Ma for the Serra do Quilombo Formation deposition.

Keywords: Isotopic geology. Paleoenvironment. Ediacaran. Serra do Quilombo Formation. Araras Group. Paraguay Northern Belt.