



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 646

**EVENTOS DIAGENÉTICOS E HIDROTERMAIS DO SUL DO
CRÁTON AMAZÔNICO: DESVENDANDO A ORIGEM DAS
BRECHAS CARBONÁTICAS E OS PROCESSOS DE DO-
LOMITIZAÇÃO DA FORMAÇÃO SERRA DO QUILOMBO
DO EDIACARANO, SUDESTE DO ESTADO DE MATO
GROSSO**

Dissertação apresentada por:

LEANDRO FREITAS SEPEDA DA SILVA

Orientador: Prof. Dr. Afonso Cesar Rodrigues Nogueira (UFPA)

**BELÉM
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBDSistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S479e Silva, Leandro Freitas Sepeda da.

Eventos diagenéticos e hidrotermais do sul do Cráton Amazônico: desvendando a origem das brechas carbonáticas e os processos de dolomitização da Formação Serra do Quilombo do Ediacarano, sudeste do Estado de Mato Grosso. / Leandro Freitas Sepeda da Silva. — 2024.

xviii, 69 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Afonso Nogueira
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2024.

1. Dolomitização. 2. Silicificação. 3. Brecha *cockade*. 4. Grupo Araras. 5. Neoproterozoico. I. Título.

CDD 558.1



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

**EVENTOS DIAGENÉTICOS E HIDROTERMAIS DO SUL DO
CRÁTON AMAZÔNICO: DESVENDANDO A ORIGEM DAS
BRECHAS CARBONÁTICAS E OS PROCESSOS DE DO-
LOMITIZAÇÃO DA FORMAÇÃO SERRA DO QUILOMBO
DO EDIACARANO. SUDESTE DO ESTADO DE MATO
GROSSO**

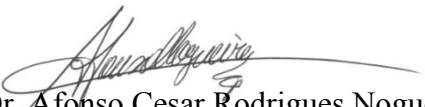
DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:


LEANDRO FREITAS SEPEDA DA SILVA


**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área
GEOLOGIA linha de pesquisa ANÁLISE DE BACIAS SEDIMENTARES.**

Data de Aprovação: 01 / 04 / 2024

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Afonso Cesar Rodrigues Nogueira
(Orientador-UFPA)


Prof.^a Dr.^a Juliana Charão Marques
(Membro-UFRGS)


Prof. Dr. Pedro Augusto Santos da Silva
(Membro - UFPA)

*Dedico esse trabalho à minha família,
em especial aos meus pais, José Luiz e Leda Claudia,
e a minha mulher, Gabrielle Bastos,
obrigado por tudo! .*

AGRADECIMENTOS

Meus mais sinceros votos de agradecimento a todos que estiveram comigo durante o período de desenvolvimento do mestrado e foram importantes para a produção desta dissertação:

À Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG), do Instituto de Geociências por toda infraestrutura e oportunidades que me foram ofertadas, que foram de suma importância para o meu desenvolvimento. À coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

À minha família, que foi o embasamento para tudo que conquistei e conquistarei em minha vida, em especial aos meus pais José Luiz e Leda Claudia, pelo amor e apoio incondicional, tudo em minha vida eu devo a vocês, muito obrigado!

À minha namorada, Gabrielle Bastos, por ser minha companheira em todos os momentos, por sempre me apoiar, cuidar de mim e me trazer os sentimentos mais lindos. Muito obrigado, meu amor!

Ao meu orientador Prof. Dr. Afonso César Rodrigues Nogueira, pela oportunidade, confiança, por todo incentivo e discussões que engrandeceram meu conhecimento, muito obrigado!

Ao laboratório de catodoluminescência do PPGG-UFPA, na pessoa do Dr. Pedro Augusto pela disponibilidade e auxílio na interpretação das imagens de catodoluminescência. Agradeço também ao laboratório de laminação do Instituto de Geociências, na pessoa da Joelma Lobato e do Bruno Veras, pela confecção das lâminas delgadas e polidas e por todo o carinho nesses anos, meu muito obrigado!

Ao laboratório de Microanálises do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, nas pessoas do Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão, Msc. Gisele Tavares Marques, e a técnica Danila, pela disposição e auxílio na obtenção das imagens no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM – Superintendência de Belém - PA), nas pessoas do Dr. Marcelo Vasquez e da técnica Jenny Cardozo, pelas imagens de MEV.

Ao Departamento de Geologia da Universidade Estadual Paulista, nas pessoas da Dra. Juliana Okubo e Dr. George Luvizotto, pelas análises de microsonda e auxílio na discussão dos dados obtidos.

Ao Laboratório de Geologia Isotópica (LGI), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no nome da profa. Dra. Juliana Marques, pela disposição e auxílio na obtenção e interpretação dos dados de isótopos estáveis (C, O e Sr). Assim como aos Profs. Drs.: João Milhomem, Moacir Macambira e Alcides Sial, pela obtenção e disposição dos dados isotópicos no Laboratório de Isótopos Estáveis (LABISE) do Departamento de Geologia da

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e no Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) da UFPA.

Aos meus amigos da Sala 8: Renan, Argel, Pedro e Ivan por se fazerem presente todos os dias, sendo amigos importantíssimos para tornar a experiência desses anos engrandecedora e me motivarem a ser melhor. Sou eternamente grato a vocês e muito orgulhoso de poder chamá-los de amigos!

Aos meus amigos do PPGG/GSED, Meireanny, Taynara, Laura, Pedro Augusto, Yury e Aldemir, pelos momentos de descontração, brincadeiras, conversas e cafezinhos!

Às secretarias do PPGG, Cleida e Joyce, por todo apoio, pelos conselhos e direcionamentos.

Aos professores do PPGG, por todo conhecimento transmitido, em especial o professor Joelson Soares, por sempre se mostrar solícito a ajudar.

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

Meu muito obrigado a todos!

RESUMO

O período Ediacarano foi caracterizado pelo estabelecimento de plataformas extensas durante eventos de supersaturação de CaCO_3 , e pela criação excepcional de espaço de acomodação associado ao final da glaciação Marinoana (~ 635 Ma). Os depósitos carbonáticos no Grupo Araras registram a precipitação do início do período Ediacarano, estágio 1, no Cráton Amazônico. A Formação Serra do Quilombo é uma unidade intermediária e é caracterizada pela ocorrência de dolomitos fortemente fraturados e falhados, além da presença de brechas cimentadas por dolomita (BC) sobrepondo pacotes espessos de calcário associados a modificações diagenéticas e hidrotermais, essas evidências introduzem complexidade a esses cenários. A origem desse depósito ainda é incerta, pois os trabalhos concentraram-se principalmente nas questões paleoambientais. Este estudo visa desvendar a origem das brechas cimentadas e os processos diagenéticos/soterramento dentro da unidade, com foco nos processos de dolomitização. As amostras de dolomita foram analisadas usando petrografia, microscopia eletrônica de varredura, microsonda, microscopia Raman, catodoluminescência e análises isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) para desvendar sua história de soterramento. As BCs ocorrem como corpos subverticais a sub-horizontais com geometrias complexas, geralmente, cortam em alto ângulo o acamamento que apontam para processos de hidrofraturamento relacionados a fluxos verticais de fluidos hidrotermais (brecha hidráulica), além disso apresentam a textura *cockade* típica de brechas de expansão em falhas dilatacionais. A assembleia paragenética dessas rochas inclui: dolomita, quartzo, calcita, álcali-feldspato, apatita, pirita, clorita, betume e óxido de ferro; sendo as feições de substituição (RD) e cimentação dolomítica (DC) os principais alvos de análise. A matriz substitutiva quase-micrítica (RD1/RD2) é o principal constituinte da Formação Serra Quilombo, sua baixa correlação entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ ($R^2=0,009$), a fábrica bem preservada e a similaridade com os valores isotópicos (C e Sr) documentados para os carbonatos ediacarano, sugere que a dolomitização desse constituinte ocorreu em condições de soterramento raso e ainda com participação da água do mar. A primeira geração de cimento dolomítico (DC1) e a última fase cimentação dolomítica (dolomita em sela - DC3) ocorrem preenchendo poros, BCs e fraturas. A textura *cockade* das brechas evidencia uma baixa taxa de precipitação ou uma pausa na precipitação entre DC1 e DC3. Concomitantemente, DC1 tem sinais isotópicos de $\delta^{18}\text{O} = -4.34 \pm 1.32\text{‰}$ (n=18) e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,708831$ (n=2), enquanto que DC3 tem valores de $\delta^{18}\text{O} = -9.57 \pm 2.51\text{‰}$ (n=15) e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,711464$ (n=3); a grande diferença isotópica entre as duas fases cimentação mostra uma distinção entre os fluidos dolomitizantes. Essa relação mostra um aumento do ^{87}Sr no fluido à medida que a temperatura aumenta, além disso, o enriquecimento em ^{87}Sr do fluido é explicado pela interação desse fluido com rochas do

embasamento cristalino. Dessa forma, o conduto principal para a ascensão de fluido radiogênicos seria falhas com raízes profundas, especialmente próximas de zonas tectonicamente ativas. A ocorrência de BC, essencialmente, na Formação Serra do Quilombo é decorrente do contato calcário-dolomito ser interpretado como facilitador para o desenvolvimento de corredores de fraturas, essas zonas auxiliam na percolação de fluidos hidrotermais. Por fim, entende-se que os condutos com brecha carbonática são posteriores ao evento de silicificação dos evaporitos da Formação Nobres a qual funcionaram como uma rocha selante aos fluídos hidrotermais. A presença de estilólitos tectônicos cortando as brechas cimentadas e as estruturas *stratabounds* tipo zebra, subverticalizadas é uma indicação de que as BC já estavam formadas durante a instalação das estruturas transtensionais pós-Ordoviciano, que precedeu a instalação das Bacias do Paleozoico implantadas na Plataforma Sulamericana.

Palavras-chave: dolomitização; silicificação; brecha *cockade*; Grupo Araras; Neoproterozoico

ABSTRACT

The Ediacaran period was characterized by the establishment of extensive platforms during CaCO₃ supersaturation events, and by the exceptional creation of accommodation space associated with the aftermath of the Marinoan glaciation (~635 Ma). The carbonate deposits in the Araras Group recorded sedimentation from the beginning of the Ediacaran period, stage 1, in the Amazon Craton. The Serra do Quilombo Formation is a distinct unit characterized by the occurrence of strongly fractured dolomites and faults, along with the presence of dolomite-cemented breccias (BC) overlying thick packages of limestone associated with diagenetic and hydrothermal modifications. This evidence introduces complexity to these scenarios. The origin of this deposit is still uncertain, as work has mainly focused on paleoenvironmental issues. This study aims to unravel the origin of cemented breccias and diagenetic/burial processes within the unit, focusing on dolomitization processes. The dolomite samples were analyzed using petrography, scanning electron microscopy, microprobe, Raman microscopy, cathodoluminescence, and isotopic analyses ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) to unravel their burial history. BCs occur as subvertical to subhorizontal bodies with complex geometries, generally cutting through bedding at a high angle, indicative of hydrofracturing processes related to vertical flows of hydrothermal fluids (hydraulic breccia), in addition to exhibiting the typical cockade texture of expansion breccias in dilatational faults. The paragenetic assemblage of these rocks includes dolomite, quartz, calcite, alkali-feldspar, apatite, pyrite, chlorite, bitumen, and iron oxide, with the replacement features (RD) and dolomite cementation (DC) being the main targets of analysis. The almost micritic substitutive matrix (RD1/RD2) is the primary constituent of the Serra Quilombo Formation, with its low correlation between the values of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ ($R^2=0.009$), well-preserved fabric, and similarity to the isotopic values (C and Sr) documented for Ediacaran carbonates, suggesting syndepositional dolomitization of this constituent under conditions of shallow burial, possibly involving seawater. The first generation of dolomite cement (DC1) and the last phase of dolomite cementation (saddle dolomite - DC3) occur by filling pores, BCs, and fractures. The cockade texture of the breccias highlights a low precipitation rate or a pause in precipitation between DC1 and DC3. Concomitantly, DC1 has isotopic signals of $\delta^{18}\text{O} = -4.34 \pm 1.32\text{‰}$ (n=18) and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.708831$ (n=2), while DC3 has values of $\delta^{18}\text{O} = -9.57 \pm 2.51\text{‰}$ (n=15) and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.711464$ (n=3). The significant isotopic difference between the two cementation phases indicates distinct dolomitizing fluids. This relationship shows an increase in ^{87}Sr in the fluid as the temperature increases. Furthermore, the enrichment of ^{87}Sr in the fluid can be explained by its interaction with crystalline basement rocks. Thus, faults with deep roots spatially close to tectonically active zones are likely the main

conduits for the ascent of this radiogenic fluid. The occurrence of BCs, essentially in the Serra do Quilombo Formation, is attributed to the limestone-dolomite contact and was interpreted as facilitating the development of fracture corridors, which assist in the percolation of hydrothermal fluids. Finally, it is understood that the conduits with carbonate breccia are subsequent to the silicification event of the evaporites of the Nobres Formation, which acted as a sealing rock for hydrothermal fluids. The presence of tectonic stylolites cutting the cemented breccias and the subverticalized zebra-like stratified structures indicates that the BCs were already formed during the installation of post-Ordovician transtensional structures, preceding the installation of the Paleozoic Basins on the South American Platform.

Keywords: dolomitization; silicification; cockade breccia; Araras Group; Neoproterozoic