

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,
o texto completo desta dissertação
será disponibilizado somente a partir
de 27/10/2023.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

**FORMAÇÃO EXU: REGISTRO FLUVIAL DA CONTINENTALIZAÇÃO DA
BACIA DO ARARIPE DURANTE A FASE PÓS-RIFTE**

Paloma Promenzio de Lorenzo

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

PALOMA PROMENZIO DE LORENZO

**FORMAÇÃO EXU: REGISTRO FLUVIAL DA CONTINENTALIZAÇÃO
DA BACIA DO ARARIPE DURANTE A FASE PÓS-RIFTE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Mario Luis Assine

L868f Lorenzo, Paloma Promenzio de
Formação Exu: registro fluvial da continentalização da Bacia do
Araripe durante a fase pós-rifte / Paloma Promenzio de Lorenzo. --
Rio Claro, 2021
97 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Mario Luis Assine

1. proveniência sedimentar. 2. sistemas fluviais. 3. zircão detrítico.
4. pós-rifte. 5. Bacia do Araripe. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

PALOMA PROMENZIO DE LORENZO

**FORMAÇÃO EXU: REGISTRO FLUVIAL DA CONTINENTALIZAÇÃO
DA BACIA DO ARARIPE DURANTE A FASE PÓS-RIFTE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Mario Luis Assine

Prof. Dr. André Marconato

Prof. Dr. Renato Paes de Almeida

Conceito: Aprovado

Rio Claro, SP, 27 de outubro de 2021

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mario Luis Assine, pelos ensinamentos, pela paciência e amizade, e pela oportunidade que me concedeu de trabalhar na Bacia do Araripe. Aos Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren, Prof. Dr. Francisco Bernardo Ladeira e Prof. Dr. Filipe Varejão pelo auxílio imprescindível nas etapas de campo e pelas recomendações acerca deste trabalho.

À minha mãe e à minha irmã, pelo apoio que sempre me deram.

Aos colegas do LESTE – Amanda Santa Catharina, Ana Sforcin, Filipe Varejão, Mariza Rodrigues, Milena Rosa e Patrícia Mescolotti – pela amizade, conversas e cafés compartilhados ao longo destes anos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento da bolsa de mestrado durante o desenvolvimento desta pesquisa. Ao Projeto de Pesquisa “Relações entre Tectônica e Sedimentação em Bacias do interior do Nordeste do Brasil”, PETROBRAS/FUNDUNESP (2014/00519-9), pelo suporte para a realização dos trabalhos de campo.

Ao Programa de Geociências e Meio Ambiente do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, pelo apoio acadêmico. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

A sequência pós-rifte II da Bacia do Araripe registra uma importante fase de rearranjo do mergulho deposicional da bacia e do padrão das paleodrenagens continentais no interior do Nordeste brasileiro, após a abertura do Oceano Atlântico Sul. Enquanto nas bacias marginais brasileiras a transição entre Cretáceo Inferior e Cretáceo Superior é caracterizada por condições marinhas transgressivas que perduram até o final do Cretáceo, no interior do continente depósitos exclusivamente continentais indicam uma mudança paleogeográfica que implicou a perda de conexão com o recém formado Oceano Atlântico Sul. O último ciclo deposicional da Bacia do Araripe, representado pela Formação Exu, registra esta mudança paleogeográfica e, portanto, representa uma unidade-chave para o entendimento da evolução deposicional e do relevo no Nordeste brasileiro durante a fase pós-rifte. A fim de integrar o registro continental da Formação Exu ao contexto paleogeográfico regional, a presente pesquisa centrou-se na identificação do sistema deposicional e das principais áreas-fonte desta unidade. As análises estratigráfica e sedimentológica da Formação Exu indicam que a unidade, com espessura máxima de ~200 metros, é constituída por seis associações de fácies depositadas principalmente nas porções proximal e central de um sistema fluvial distributivo. Dados de paleocorrentes fluviais indicam paleodrenagens para oeste, o que é corroborado por idades U-Pb de zircões detríticos que sugerem bacia de captação localizada na porção leste do Domínio Transversal da Província Borborema. Variações de arquitetura deposicional e dispersão sedimentar entre as unidades subjacentes (Grupo Santana e Formação Araripina) e a Formação Exu reiteram a relação entre o soerguimento da região leste da Província Borborema e a inversão da pendente da bacia, com o aumento do suprimento sedimentar para a área deposicional e o estabelecimento de um leque fluvial de grande escala. Com base no empilhamento estratigráfico, foi possível discutir a influência de fatores alogênicos, principalmente soerguimento e quiescência na área-fonte, tanto para o estabelecimento do sistema, como para sua evolução estratigráfica. Por fim, a completa continentalização das drenagens da Bacia do Araripe revela uma nova paleogeografia para a região, após a abertura do Oceano Atlântico Sul, e o fim das periódicas ingressões marinhas na bacia, características do Aptiano.

Palavras-chave: sistema fluvial distributivo; proveniência sedimentar por datação U-Pb de zircões detríticos; soerguimento pós-rifte; Província Borborema; Bacia do Araripe; rifteamento do Gondwana

ABSTRACT

Following the final breakup of Gondwana and the formation of the South Atlantic Ocean, the continental drainage network of Northeast Brazil underwent a complete rearrangement, resulting in the continentalization of the Araripe Basin. The last depositional cycle of the Araripe Basin (Exu Formation) records this key event and represents a unique opportunity to understand the Albian-Cenomanian depositional and paleogeographic evolutions in the interior of Northeast Brazil. Employing a combination of facies analysis and detrital zircon geochronology, this work investigates the depositional and paleogeographic histories of the Exu Formation emphasizing possible implications for the post-rift landscape evolution of northeastern Brazil. Stratigraphic and sedimentological analyses indicate that the Exu Formation is composed of six facies associations deposited in proximal to medial zones of a distributive fluvial system. Provenance analysis based on U-Pb zircon dating and paleocurrent data revealed that this west-flowing fluvial system drained a highland located in the eastern part of the Borborema Province, with most of its source area placed in the Transversal Domain. The contrasting dispersion pattern, in relation to the underlying Santana Group and Araripina Formation, suggest a post-Albian uplift close to the NE Brazilian margin resulting in: (1) high amount of sediment supply delivered to the depositional site; (2) a reconfiguration of basin paleoslope; and (3) the establishment of a distributive fluvial system in the Araripe Basin. Based on stratigraphic trends and relations between channelized and non-channelized elements, it was possible to extend the discussion on the influence of allogenic forcing mechanisms, such as source area tectonism, to the stratigraphic evolution of the distributive fluvial system. The development of this drainage system, driven by geodynamic processes related to the opening of the South Atlantic Ocean, represented the return to continental deposition in the interior of Northeast Brazil and the cessation of the temporary connections between the Araripe Basin and the newly formed South Atlantic Ocean, typical of the Aptian period.

Keywords: Cretaceous distributive fluvial system, detrital zircon provenance, Borborema Province, post-rift uplift, Gondwana rifting.

ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Nesta dissertação de mestrado, os resultados são apresentados e discutidos sob a forma de um manuscrito de artigo científico, redigido em inglês, que será submetido a uma revista científica internacional da área. O manuscrito possui uma lista de referências bibliográficas própria cuja formatação atende aos padrões dos principais periódicos internacionais da área. Desta forma, a dissertação foi organizada em três capítulos principais que têm como objetivos: introduzir e contextualizar a pesquisa desenvolvida; expor e discutir detalhadamente os resultados; e, por fim, apontar as considerações finais referentes à pesquisa.

O Capítulo I, redigido em português, se inicia com a introdução do tema da dissertação, seguida da apresentação dos objetivos do trabalho, da descrição do contexto geológico regional no qual a área de estudo se insere, e do detalhamento dos métodos utilizados. Por fim, são listadas as referências bibliográficas referentes a esta seção do trabalho.

O Capítulo II contém o manuscrito do artigo científico no qual os dados obtidos na pesquisa são apresentados e discutidos detalhadamente.

Por fim, no Capítulo III constam as considerações finais da pesquisa de mestrado, seguidas de um apêndice com tabelas suplementares.

SUMÁRIO

I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	8
I.1. Introdução.....	8
I.2. Objetivos	10
I.3. Contextualização regional	10
I.3.1. <i>Bacia do Araripe</i>	<i>10</i>
I.3.2. <i>Formação Exu</i>	<i>14</i>
<i>Litoestratigrafia, relações de contato, ambientes de deposição e cronoestratigrafia</i>	<i>14</i>
<i>Relevo e clima</i>	<i>17</i>
I.4. Materiais e Métodos	19
I.4.1. <i>Leitura e análise da bibliografia</i>	<i>19</i>
I.4.2. <i>Trabalhos de campo</i>	<i>19</i>
I.4.3. <i>Descrição de seções-colunares e análise de fácies sedimentares.....</i>	<i>19</i>
I.4.4. <i>Análise macromorfológica dos perfis de paleossolos</i>	<i>20</i>
I.4.5. <i>Análise de paleocorrentes</i>	<i>20</i>
I.4.6. <i>Análise geocronológica: datação de zircões detríticos pelo método LA-ICPMS... 20</i>	
I.5. Referências Bibliográficas	22
II. RESULTADOS.....	27
Abstract.....	28
Introduction.....	29
Geological Setting.....	30
Material and Methods.....	31
Facies and Facies Associations.....	33
Facies Association 1 – Gravelly channels.....	35
Facies Association 2 – Sand-bed channels.....	36
Facies Association 3 – Poorly confined channels.....	37
Facies Association 4 – Splays.....	38
Facies Association 5 – Floodplain.....	39
Facies Association 6 – Eolian dunes.....	41
Exu Formation detrital zircon U-Pb age analysis.....	42
Detrital Zircon U-Pb Age Analysis and Sedimentary Provenance.....	42
Source area trends and catchment basins.....	45
Depositional Model.....	46
Basin evolution and implications for the Albian-Cenomanian paleogeography.....	50
Conclusions.....	53
References.....	54
Figure captions.....	67
III. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
APÊNDICE – Dados geocronológicos.....	85

I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

I.1. Introdução

As bacias das margens leste e equatorial brasileira, bem como as bacias cretáceas do Nordeste do Brasil, tiveram seu desenvolvimento relacionado aos eventos tectônicos responsáveis pela fragmentação do supercontinente Gondwana. Neste contexto, a reativação de estruturas do embasamento pré-cambriano no Nordeste do Brasil promoveu a formação de uma série de bacias interiores (Matos, 1992; Ponte & Ponte Filho, 1996; Brito Neves et al., 2000; Assine, 2007), dentre as quais se destaca a Bacia do Araripe (Figura 1).

O registro pós-rifte da Bacia do Araripe corresponde aos estágios finais da separação entre América do Sul e África, com a formação dos oceanos Atlântico Sul e Equatorial (Assine, 2007). A megasequência pós-rifte I, composta por sequências transicionais transgressivas-regressivas, registra condições marinhas epicontinentais na bacia (Assine *et al.*, 2016; Custódio *et al.*, 2017; Varejão *et al.*, 2021), as quais se relacionam em termos litológicos, paleontológicos e genéticos às sequências das bacias da margem leste brasileira (Assine, 2007). Sobre esta megasequência, a sequência pós-rifte II representa o último ciclo deposicional na Bacia do Araripe. De caráter exclusivamente continental, seu registro não possui correlação com sequências coevas das bacias marginais, caracterizadas por condições marinhas transgressivas até o final do Cretáceo (Assine, 2007).

Na sequência pós-rifte I, paleodrenagens fluviais para sul e sudeste em direção às bacias Tucano e Jatobá, e ingressões marinhas na direção oposta, demonstram a conexão destas bacias com o recém formado Oceano Atlântico Sul (Assine, 1994; Assine *et al.*, 2016; Custódio *et al.*, 2017; Varejão *et al.*, 2021). De maneira oposta, depósitos fluviais da Formação Exu (pós-rifte II) com paleofluxo para oeste e oeste-sudoeste (Assine, 1994; Warren et al., 2021) demonstram a completa continentalização da Bacia do Araripe, com o estabelecimento de um sistema fluvial de grande extensão.

Alguns indícios da literatura, como: (1) eventos tectono-magmáticos na Bacia do Pernambuco, que culminaram no alojamento em nível crustal raso do plúton granítico do Cabo (Long *et al.*, 1986; Nascimento, 2003); (2) dados de traço de fissão em apatita indicativos de intervalos de resfriamento entre ~110 e 90 Ma (Morais-Neto *et al.*, 2009; Turner *et al.* 2008; Japsen et al., 2012; Jelinek et al., 2014) e (3) dados de paleocorrentes da Formação Exu (Assine, 1994; Warren et al., 2021 e presente trabalho) sugerem o soerguimento do leste da Província Borborema, após a abertura do Oceano Atlântico Sul, como responsável pela reorganização da paleodrenagem continental no nordeste brasileiro.

No entanto, pouco foi feito no sentido de associar os eventos supracitados à inversão da pendente da Bacia do Araripe e ao estabelecimento de sistemas fluviais que abrangiam, ao menos, a região entre a Chapada do Araripe e a Serra Negra, na Bacia do Jatobá (Figura 1). Da mesma forma, o registro sedimentar destes sistemas é pouco conhecido, já que poucos trabalhos discorrem sobre a Formação Exu e seu contexto paleogeográfico.

Ante ao panorama exposto, este estudo propõe um modelo deposicional para a Formação Exu, com base nas análises sedimentológica, estratigráfica e de proveniência sedimentar, associando dados de paleocorrentes e idades de zircão detrítico. A integração destes resultados é fundamental, tanto para interpretação do sistema deposicional de uma unidade com registro fragmentado, como para o aperfeiçoamento do contexto paleogeográfico da Bacia do Araripe e do Nordeste brasileiro, após a abertura do Oceano Atlântico Sul.

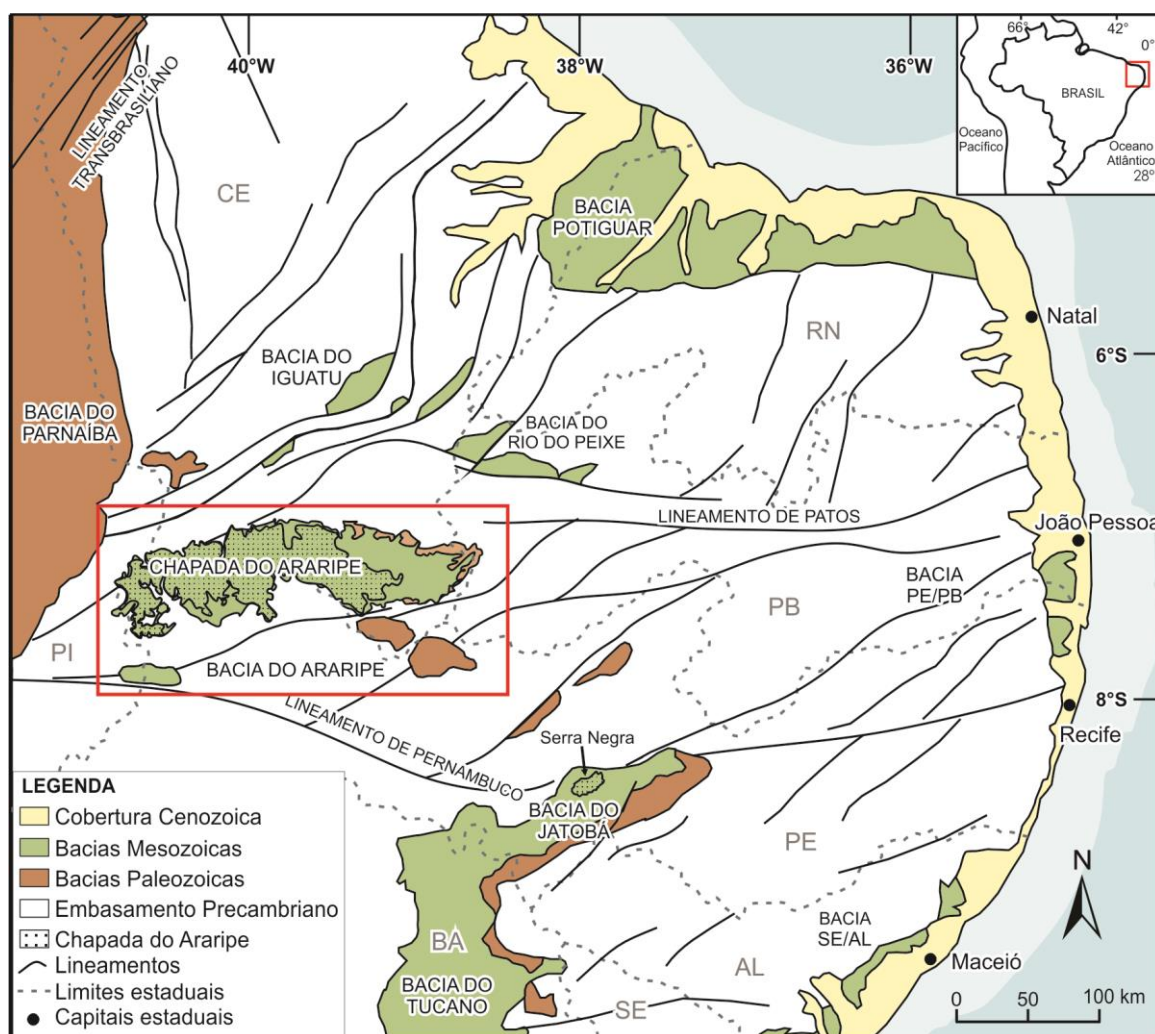


Figura 1. Localização das bacias interiores do Nordeste brasileiro, com destaque para a Bacia do Araripe. Modificado de Assine (1990).

I.5. Referências Bibliográficas

- ANJOS, N.F.R. Mise en Valeur du Bassin du Jaguaribe. *Rev. Conv. ASMIC/SUDENE*, p. 180, 1964.
- ASSINE, M.L. *Sedimentação e tectônica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil)*. 1990. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.
- ASSINE, M.L. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 22, n. 3, p. 289-300. 1992.
- ASSINE, M.L. Paleocorrentes e Paleogeografia na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v 24, p. 223-232. 1994.
- ASSINE, M.L. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15, n. 2, 371-389. 2007.
- ASSINE, M.L.; PERINOTTO, J.D.J.; Custódio, M.A.; Neumann, V.H.; Varejão, F.G.; Mescolotti, P.C. Sequências deposicionais do andar Alagoas da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, v. 22, p. 3-28, 2014.
- ASSINE, M. L. Análise Estratigráfica do Andar Alagoas nas Bacias do Araripe, Tucano/Jatobá, Parnaíba e Sanfranciscana. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 22, n. 1, p. 3-28, 2014.

- ASSINE, M.L.; QUAGLIO, F.; WARREN, L.V.; SIMÕES, M.G. Comments on paper by M. Arai: “Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective”. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, n. 1, p. 3-7, 2016.
- BARROS, F.C. Sobre a Sistemática da Série do Araripe. *Revista Eng. Min. Metal.*, v. 218, p. 52, 1963.
- BEURLIN, K. A geologia da Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 34, p. 365-370. 1962.
- BRITO NEVES, B.B.; SANTOS, E.J.; VAN SCHMUS, W.R. Tectonic history of the Borborema Province, Northeastern Brazil. In: Cordani, U.G.; Milani, E.J.; Thomaz Filho, A.; Campos, D.A. (Ed.) Tectonic Evolution of South America. INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 2000. Rio de Janeiro, RJ, 2000. v. 31, p. 151-182.
- CASTRO, D.L.; CASTELO BRANCO, R.M.G. Caracterização da arquitetura interna das bacias do Vale do Cariri (NE do Brasil) com base em modelagem gravimétrica 3-D. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 17, n. 2-3, p. 130-144, 1999.
- CHAGAS, D.B.; ASSINE, M.L.; FREITAS, F.I. Facies Sedimentares e ambientes deposicionais da Formação Barbalha no Vale do Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Geociências*, v. 26, 313–322, 2007.
- COIMBRA, J.C.; ARAI, M.; CARREÑO, A.L. Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe basin, northeastern Brazil. *Geobios*, v. 35, p. 687-698. 2002.
- FÜRSICH, F.T.; CUSTÓDIO, M.A.; MATOS, S.A.; HETHKE, M.; QUAGLIO, F.; WARREN, L.V.; ASSINE, M.L.; Simões, M.G. Analysis of a Cretaceous (late Aptian) high-stress ecosystem: The Romualdo Formation of the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Cretaceous Research*, v. 95, p. 268-296. 2019.
- JACKSON, S.E.; PEARSON N.J.; GRIFFIN W.L.; BELOUSOVA E.A. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. *Chemical Geology*, v. 211, p. 47-69, 2004.
- JAPSEN, P.; BONOW, J.M.; GREEN, P.F.; COBBOLD, P.R.; CHIOSSI, D.; LILLETVEIT, R.; MAGNAVITA, L.P.; PEDREIRA, A. Episodic burial and exhumation in NE Brazil after opening of the South Atlantic. *Bulletin*, v. 124, p. 800-816, 2012.
- JELINEK, A.R.; CHEMALE Jr, F.; VAN DER BEEK, P.A.; GUADAGNIN, F.; CUPERTINO, J.A.; VIANA, A. Denudation history and landscape evolution of the northern East-Brazilian continental margin from apatite fission-track thermochronology. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 54, p. 158-181, 2014.

- KOSLER J.; FONNELAND H.; SYLVESTER P.; TUBRETT M.; PEDERSEN R.B. U-Pb dating of detrital zircons for sediment provenance studies – a comparison of laser ablation ICPMS and SIMS techniques. *Chemical Geology*, v. 182, p. 605-618. 2002.
- LIMA, M.R. Microfósseis da Formação Exu - Cretáceo do Nordeste do Brasil. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1978. Anais... Recife, PE, 1978b. v. 2, p. 965-969.
- LONG, L. E.; SIAL, A. N.; EKVANI L, H. E.; BORBA, G. S. Origin of granite at Cabo de Santo Agostinho – Northeast Brazil. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 92, n. 3, p. 341-350, 1986.
- LUDWIG, K.R. Eliminating mass-fractionation effects on U-Pb isochron ages without double spiking. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 65, n. 18, p. 3139-3145. 2001.
- MABESOONE, J. M. & TINOCO, I. M. Paleocology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 14, p. 87-118. 1973.
- MATOS, R. M. D. The Northeast Brazilian Rift System. *Tectonics*, v. 11, p. 766-791. 1992.
- MIALL, A.D., Lithofacies types and vertical profile models of braided river deposits, a summary. In: MIALL, A.D. (Ed.), *Fluvial Sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, 1978. p. 597-604.
- MORAIS-NETO, J.M.; HEGARTY, K.A.; KARNER, G.D.; ALKMIM, F.F. Timing and mechanisms for the generation and modification of the anomalous topography of the Borborema Province, northeastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, v. 26, p. 1070-1086. 2009.
- MORALES, N.; ASSINE, M.L. Chapada Do Araripe: A Highland Oasis Incrusted into the Semi-arid Region of Northeastern Brazil. In: VIEIRA, B.C.; SALGADO, A.A.R.; et al. *Landscapes and Landforms of Brazil*. Netherlands: Springer (World Geomorphological Landscapes), 2015. p. 231-242
- NASCIMENTO, M. A. L. *Geologia, geocronologia, geoquímica e petrogênese das rochas ígneas cretácicas da Província Magmática do Cabo e suas relações com as unidades sedimentares da Bacia de Pernambuco (NE do Brasil)*. 2003. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.
- NEUMANN, V.H.M.L. *Estratigrafía, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres aptiense-albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil)*. 1999. 233 p. Tese de Doutorado - Departament d'Estratigrafia i Paleontología, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1999.

- NEUMANN, V.H.; ROCHA, D.E.G.A. Stratigraphy of the Post-Rift Sequences of the Jatobá Basin, Northeastern Brazil. In: ROCHA, R.; PAIS, J.; KULLBERG, J.C.; FINNEY, S. *Strati 2013*. Springer International Publishing, 2014. p. 553-557.
- NEUMANN, V.H. & ASSINE, M.L. Stratigraphic proposal to the post-rift I tectonic-sedimentary sequence of Araripe Basin, Northeastern Brazil. In: STRATI 2015 2nd INTERNATIONAL CONGRESS ON STRATIGRAPHY, 2015. Graz, Austria, 2015. p.274.
- PETRI, S. & FÚLFARO, V.J. *Geologia do Brasil (Fanerozóico)*. São Paulo: T. A. Queiroz/EDUSP, 1983. 631 p.
- PONTE, F.C. & APPI, C.J. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: 36 CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1990. p. 211-226.
- PONTE, F. Origem e evolução das pequenas bacias cretácicas do interior do Nordeste do Brasil. In: II SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁICAS BRASILEIRAS, 1992. p. 55-58.
- PONTE, F.C. & PONTE FILHO, F.C. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. DNPM, Recife, PE, 1996. 68 p.
- RESTALLACK, G. J. *Soils of the past: an introduction to paleopedology*. Second Edition, Blackwell Science, 2001. 404 p.
- RAO, J.S. & SENGUPTA, S. Mathematical techniques for paleocurrent analysis: treatment of directional data. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*, v. 4, p. 235-248, 1972.
- ROSA, M.C.; MORALES, N. & ASSINE, M.L. Araripe Basin: Strike-slip tectonics during rift phase in the interior of Northeast Brasil. XVII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Bento Gonçalves, RS, 2019. 1 p.
- SANTOS, M.M.; LANA, C.; SCHOLZ, R.; BUICK, I.; SCHMITZ, M.D.; KAMO, S.L.; GERDES, A.; CORFU, F.; TAPSTER, S.; LANCASTER, P.; STOREY, C.D.; BASEI, M.A.S.; TOHVER, E.; ALKMIM, A.; NALINI, H.; KRAMBROCK, K.; FANTINI, C., WIEDENBECK, M. A new appraisal of Sri Lankan BB zircon as a reference material for LA-ICP-MS U-Pb geochronology and Lu-Hf isotope tracing. *Geostandards and Geoanalytical Research*, v. 41, p. 335-358. 2017.
- SCHOENEBERGER, P.J.; WYSOCKI, D.A.; BENHAM, E.C., Soil Survey Staff. Field book for describing and sampling soils. Version 3.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE, 2012.
- SILVA SANTOS, R. & VALENÇA, J. G. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 40, p. 339-360, 1968.

- SLÁMA J.; KOŠLER J.; CONDON D.J.; CROWLEY J.L.; GERDES A.; HANCHAR J.M.; HORSTWOOD M.S.A.; MORRIS G.A.; NASDALA L.; NORBERG N.; SCHALTEGGER U.; SCHOENE B.; TUBRETT M.N.; Whitehouse M.J. Plešovice zircon – a new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chemical Geology*, v. 249, p. 1-35, 2008.
- STACEY, J.T.; KRAMERS. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth and planetary science letters*, v. 26, n. 2, p. 207-221, 1975.
- TURNER, J.P. GREEN; P.F., HOLFORD; S.P., LAWRENCE; S.R. Thermal history of the Rio Muni (West Africa) - NE Brazil margins during continental breakup. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 270, n. 3-4, p. 354-367, 2008.
- VAREJÃO, F.G.; WARREN, L.V.; PERINOTTO, J.A.J.; NEUMANN, V.H.; FREITAS, B.; ALMEIDA, R.P.; ASSINE, M.L. Upper Aptian mixed carbonate siliciclastic sequences from Tucano Basin: Implications for paleogeography reconstructions following Gondwana break-up. *Cretaceous Research*, v. 67, p. 44-58, 2016.
- VAREJÃO, F.G.; FÜRSICH, F.T.; WARREN, L.V.; MATOS, S.A.; RODRIGUES, M.G.; ASSINE, M.L.; SALES, A.M.F.; SIMÕES, M.G. Microbialite fields developed in a protected rocky coastline: The shallow carbonate ramp of the Aptian Romualdo Formation (Araripe Basin, NE Brazil). *Sedimentary Geology*, v. 389, p. 103-120, 2019a.
- VAREJÃO, F. G.; WARREN, L. V.; SIMÕES, M. G.; FÜRSICH, F. T.; MATOS, S. A.; ASSINE, M. L. Exceptional preservation of soft tissues by microbial entombment: insights into the taphonomy of the Crato Konservat-Lagerstätte. *Palaios*, v. 34, n. 7, p. 331-348, 2019b.
- VAREJAO, F. G.; WARREN, L. V.; SIMOES, M. G.; BUATOIS, L. A.; MANGANO, M. G.; BAHNIUK, A. M. R.; ASSINE, M. L. Mixed siliciclastic-carbonate sedimentation in an evolving epicontinental sea: Aptian record of marginal marine settings in the interior basins of north-eastern Brazil. *Sedimentology*, v. 68, n. 3, p. 1028-1068, 2021.
- VERMEESCH, P. On the visualisation of detrital age distributions. *Chemical Geology*, v. 312, p. 190-194, 2012.
- WALKER, R.G.; JAMES, N.P. *Facies models: response to sea level change*. First Edition, Geological Association of Canada: Ontario, Canada, 1992. 454 p.
- WARREN, L.V.; de ANDRADE, A.S.M.; VAREJÃO, F.G.; PROMENZIO, P.; SANTOS, M. G.; ALESSANDRETTI, L.; ASSINE, M.L. Sedimentary evolution of distributive fluvial systems within intraplate tectonic active basins: Case study of the Early Cretaceous Araripina Formation (Araripe Basin, NE Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, v. 111, 103496, 2021.

III. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1) A Formação Exu corresponde à unidade de topo Chapada do Araripe, com altitudes máximas que variam entre 800 m e 1000 m, e níveis de silcrete e ferricrete responsáveis por sustentar seu relevo. Constitui a unidade superior do Grupo Araripe e, conseqüentemente, o último ciclo deposicional da Bacia homônima. Encontra-se delimitada na base por uma discordância erosiva de expressão regional com as formações Araripina (Grupo Araripe, porção oeste da Bacia do Araripe) e Romualdo (Grupo Santana, porção leste da Bacia do Araripe) e, localmente (porção sul da bacia), em desconformidade sobre rochas do embasamento Pré-cambriano. Apresenta considerável variação de espessura, com valores menores nas porções norte e oeste e tendência de aumento à leste e na sub-bacia de Feira Nova. Depósitos de tálus que recobrem a seção basal da Formação Exu impedem a descrição desta porção da unidade nas regiões leste e central da bacia. Deste modo, apesar de espessura máxima aferida de 239 m, a partir do poço 2-AP-1-CE, as seções aflorantes da Formação Exu nas escarpas da chapada dificilmente ultrapassam os 100 m.

2) É essencialmente siliciclástica, inteiramente constituída por depósitos continentais com ampla predominância de fácies fluviais e subordinada ocorrência de fácies eólicas. De maneira geral, predominam depósitos de fácies de arenitos finos a muito grossos com estratificações cruzadas acanalada, tabular e horizontal (facies **St**, **Sp**, **Sh**) intercalados a níveis de paleosolos (**P**). Secundariamente, facies conglomeráticas (facies **Gm**, **Gp** e **Gt**) ocorrem principalmente na porção NE da área aflorante. Depósitos pelíticos (facies **Fl** e **Fm**) tendem a se concentrar nas porções central e oeste da bacia. Os perfis de paleosolos são elementos frequentes do registro sedimentar da Formação Exu. Estes apresentam características que sugerem desde boa drenagem até condições de hidromorfia. Os depósitos eólicos ocorrem localmente na porção leste da bacia e são representados por arenitos bem selecionados com estratificação cruzada acanalada de porte métrico e segregação granular nos *foresets* (facies **Stg**);

4) As fácies sedimentares descritas foram agrupadas em seis associações de fácies: depósitos de preenchimento de canais fluviais cascalhosos (FA1 – facies **Gt**, **Gp**, **Gm**, **St**, **Sp** e **Sh**), depósitos de preenchimento de canais de leito arenoso (FA2 – facies **Gm**, **Gt**, **St**, **Sp**, **Sh** e **P**), depósitos de preenchimento de canais pouco confinados (FA3 – facies **St**, **Sp**, **Sm** e **Sr**), *splays* (FA4 – fácies **St**, **Sh**, **Sr** e **Sm**), planície de inundação (FA5 – facies **P**, **Fm** e **Fl**) e dunas eólicas (FA6 – fácies **Stg** e **P**). A partir das tendências observadas de montante à jusante no registro deste sistema, como: (1) diminuição do grau de amalgamação dos depósitos de preenchimento

de canal; (2) diminuição da granulação; (3) diminuição do grau de confinamento e do tamanho dos canais, e (4) aumento da recorrência das fácies de planície de inundação (principalmente paleossolos), splay e canais pouco confinados, interpreta-se um sistema fluvial distributivo dominado por carga de fundo arenosa e com áreas intercanais compostas principalmente por depósitos de paleocanais submetidos à pedogênese. Depósitos eólicos localizados relacionam-se a áreas expostas nas quais os sedimentos fluviais foram retrabalhados pelo vento.

5) A caracterização macromorfológica de alguns perfis de paleossolo da Formação Exu permitiu classificá-los em três grupos principais: (1) perfis vermelhos, arenosos, com pouco mosqueamento e raízes, sugestivos de reações de oxidação e relativamente bem drenados; (2) perfis de colorações avermelhada, arroxeada e acinzentada, com mosqueamento e abundantes raízes organizadas em tramas horizontais, gerados sob condição de hidromorfia associada a nível alto do freático local ou à água estagnada sobre camadas impermeáveis, e (3) perfis com estruturas em forma de paralelepípedo, planos de *slickenside*, microrelevo *gilgae* e gretas de contração preenchidas por areia.

6) Os dados de paleocorrentes, adquiridos ao longo das seções-colunares descritas, coadunam com as informações apresentadas em Assine (1994) e, portanto, reafirmam a inversão de polaridade sedimentar da Bacia do Araripe, durante o Albiano-Cenomaniano. Com paleofluxo para oeste e oeste-sudoeste, concluiu-se proveniência sedimentar oriunda de áreas-fonte a leste da bacia. Estes dados indicam a mudança brusca da pendente da Bacia do Araripe no intervalo entre a deposição do Grupo Santana e da Formação Araripina e a deposição da Formação Exu, no Albiano-Cenomaniano.

7) Os dados U-Pb em grãos de zircão detrítico da Formação Exu foram organizados em quatro populações principais. População A, correspondente a 39% dos dados totais, com idades entre 545 e 1000 Ma e principal pico a 585 Ma. População B, referente a 27% dos dados totais, com idades entre 1,4 e 1,8 Ga e principal intervalo de 1,71 a 1,79 Ga. População C, que totaliza 31% dos dados, com idades de 1,8 a 2,3 Ga e principais intervalos de 1,99 a 2,05 Ga e de 2,08 a 2,18 Ga. Por último, a população D que compõe 3% dos dados e apresenta idades de 2,3 Ga, 2,46 Ga, 2,61 Ga, 2,66 Ga, 2,75 Ga, 3,09 Ga e 3,36 Ga.

8) Os conjuntos de idade obtidos sugerem áreas-fonte localizadas a leste da Bacia do Araripe, nas Zonas Norte, Central e Sul da Província Borborema, relacionadas primordialmente aos ciclos orogênicos Transamazônico e Brasileiro/Pan-Africano. A definição das possíveis áreas-

fonte se baseia em: (1) predomínio das populações A e C, em concordância com os principais ciclos geotectônicos atuantes na Província Borborema; (2) intervalos de idade secundários (nas populações B e D) relacionados a áreas-fonte restritas à região a leste da Bacia do Araripe, e (3) indicação de sequências metassedimentares como principais fontes para os sedimentos da Formação Exu, principalmente no caso de grãos da população B. Deste modo, define-se a área de captação do sistema de drenagens da Formação Exu como uma região de topografia elevada que incluía desde o limite entre os domínios Sul e Central da Província Borborema (a sul da Zona de Cisalhamento de Pernambuco) até, possivelmente, a região leste do Domínio Rio Grande do Norte (a norte do Lineamento de Patos).

10) Os dados adquiridos permitiram constatar que a inversão da pendente da bacia e a instalação do sistema fluvial distributivo foram condicionadas pelo soerguimento de uma nova área-fonte, à leste, e pela consequente geração de suprimento sedimentar para a bacia. Aventa-se que o padrão de empilhamento observado para a Formação Exu possa ter sido também influenciado por fatores alogênicos. Na ausência de controle eustático, sugere-se que a redução das taxas de soerguimento na área-fonte possa ter influenciado a sutil retração do sistema distributivo em direção à bacia de captação, gerando um empilhamento caracterizado por fácies da zona média/distal sobre fácies das zonas proximal à média.