

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta dissertação será disponibilizado a partir de 15/05/2022.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS *CAMPUS* DE RIO CLARO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

**BIVALVES BAKEVELLIIDAE DA FORMAÇÃO ROMUALDO (ANDAR
ALAGOAS, CRETÁCEO INFERIOR), BACIA DO ARARIPE, NE
BRASIL: SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL E
PALEOGEOGRÁFICO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MARIZA GOMES RODRIGUES

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCELLO GUIMARÃES SIMÕES
CO-ORIENTADORA: DRA. SUZANA APARECIDA MATOS DA SILVA

Rio Claro - SP

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Campus de Rio Claro

MARIZA GOMES RODRIGUES

**BIVALVES BAKEVELLIIDAE DA FORMAÇÃO ROMUALDO (ANDAR
ALAGOAS, CRETÁCEO INFERIOR), BACIA DO ARARIPE, NE
BRASIL: SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL E
PALEOGEOGRÁFICO**

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.

Orientador: Prof. Dr. Marcello Guimarães Simões

Co-orientadora: Dra. Suzana Aparecida Matos da Silva

Rio Claro – SP

2020

R696b

Rodrigues, Mariza Gomes

Bivalves Bakevelliidae da Formação Romualdo (Andar Alagoas, Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, NE Brasil: significado paleoambiental e paleogeográfico / Mariza Gomes Rodrigues. -- Rio Claro, 2020

128 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Marcello Guimarães Simões

Coorientadora: Suzana Aparecida Matos

1. Sistemática. 2. Bivalves pteriomorfos. 3. Aptiano. 4. Grupo Santana. 5. Tafonomia. 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.

MARIZA GOMES RODRIGUES

**BIVALVES BAKEVELLIIDAE DA FORMAÇÃO ROMUALDO (ANDAR
ALAGOAS, CRETÁCEO INFERIOR), BÁCIA DO ARARIPE, NE
BRASIL: SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL E
PALEOGEOGRÁFICO**

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. Marcello Guimarães Simões

Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren

Prof. Dr. Luiz Eduardo Anelli

Conceito: Aprovada

Rio Claro – SP

15 de Maio de 2020

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcello Guimarães Simões (IBB/Unesp), pelas sugestões, discussões, paciência e oportunidade de trabalhar com o material da Bacia do Araripe. Obrigada por todos os ensinamentos compartilhados, sabedoria transmitida e confiança a mim depositados;

À minha co-orientadora Dra. Suzana Aparecida Matos da Silva, pela paciência, auxílio nas descrições, interpretações e discussões, por estar disposta a tirar dúvidas todos os dias. Obrigada pela amizade e apoio;

Ao meu companheiro da vida, Filipe Giovanini Varejão, por ter me incentivado em tudo desde o início. Pelas infinitas discussões sobre o tema da minha dissertação, pelo auxílio em trabalhos de campo e interpretações. Por tornar os meus dias mais leves e pelo amor incondicional;

Ao Prof. Franz T. Fürsich (Friedrich-Alexander-Universität) pelas sugestões e auxílio direto na problemática envolvida na presente dissertação;

Ao Prof. Lucas V. Warren (IGCE/UNESP), pelas discussões, auxílio nos trabalhos de campo, por me convidar para participar de suas aulas de campo nas disciplinas da graduação, pela amizade;

Ao Prof. Dr. Mario Luis Assine (IGCE/UNESP) pelas discussões e ensinamentos, por ter me dado a oportunidade de participar do Projeto “Relações entre Tectônica e Sedimentação em Bacias do Interior do Nordeste do Brasil”, pela amizade;

Aos professores que participaram da minha banca de qualificação, Profa. Dra. Jacqueline Neves (UTFPR) e Prof. Dr. Mario Luis Assine pela disponibilidade, pelas discussões e sugestões;

Aos amigos e colegas do LEQ da UNESP/Rio Claro, Amanda Catharina, Milena Rosa, Paloma Lorenso e Patrícia Mescolotti e do Lab. de Paleozoologia Evolutiva da UNESP/Botucatu, João Bondioli, Hugo Queiroz, Talita Souza, Victor Silva e Vitor Guerrini. Obrigada pelas conversas, discussões e pelos cafés. E aos ex-integrantes do LEQ, Michele Custódio e Eder Merino, por sempre estarem dispostos a ajudar;

Ao colega Lucas Inglez, por ter auxiliado a polir as amostras destinadas a análise tafonômica;

Ao técnico Junior do Laboratório de Laminação da Unesp/Rio Claro pela assistência e atenção;

Aos secretários e funcionários do IGCE/UNESP e IBB/UNESP, em especial à Rosângela, Lauren, Rosana (secretária da Fapesp) e Rose. Por auxiliarem sempre de forma solícita, na resolução dos problemas burocráticos;

Aos meus pais Izabel e Mário e meu irmão Matheus, pelo amor, apoio e incentivo aos meus estudos;

Ao Laboratório de Estudos do Quaternário (Unesp/Rio Claro) e Laboratório de Paleozoologia Evolutiva (Unesp/Botucatu), pelo uso de sua infraestrutura;

Ao UNESPetro e ao Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM), por terem disponibilizado os laboratórios de microscopia para a realização das descrições das lâminas petrográficas;

Ao Programa de Geociências e Meio Ambiente IGCE/UNESP, pelo apoio acadêmico e financeiro indispensáveis à realização desta Dissertação de Mestrado;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo financiamento parcial da pesquisa, na forma de Bolsa de Mestrado (Processo FAPESP nº 2018/01750-7);

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

Por fim, agradeço ao apoio financeiro também fornecido pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; 304800/2017-1) e Petrobras/SIGITEC (2014/00519-9).

RESUMO

Bakevelliidae (Bivalvia, Pterioidea) são bivalves extintos, marinhos, de epifauna a semi-infauna, bissados, suspensívoros, com pelo menos 20 gêneros descritos e inúmeras ocorrências em todo o mundo. Eles prosperaram do Paleozoico tardio ao Eoceno, atingindo máxima diversidade durante o Mesozoico (principalmente no Jurássico Inferior e Médio). Eles também foram abundantes e bem distribuídos em sucessões sedimentares cretáceas, como àquelas das bacias do Araripe e Sergipe-Alagoas, ocorrendo também de forma pontual na bacia de Pernambuco-Paraíba, no nordeste do Brasil. Neste documento, novos Bakevelliidae aptianos (Cretáceo Inferior) são descritos para a Formação Romualdo, Grupo Santana, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. A análise está fundamentada no exame detalhado de 361 espécimes, provenientes do terço superior da Formação Romualdo, principalmente das seções geológicas nas bordas sudoeste e sudeste da bacia, tendo sido, porém, registrados em toda a Bacia do Araripe. Juntamente com outros membros conhecidos da família Bakevelliidae, já registrados na Formação Romualdo (i.e., *Aguileria dissita*), os novos bivalves (*Araripevella musculosa* gen. et sp. nov., *Aguileria romualdoensis* sp. nov. e Gen et sp. Indet.) indicam que a fauna de Bakevelliidae desta unidade foi mais diversa do que se imaginava anteriormente. Calcários ricos em conchas de Bakevelliidae, alguns com espécimes preservados *in situ*, estão restritos ao terço superior desta unidade, o mesmo intervalo estratigráfico contendo calcários com equinodermos, gastrópodes e estromatólitos. Esses bivalves pteriomorfos, portanto, são um testemunho do breve “Mar de Bakevelliidae” que inundou toda a Bacia do Araripe, durante o Aptiano. Análises paleoautoecológicas indicam que *Araripevella musculosa* gen. et sp. nov. era uma espécie de epifauna, que viveu em substratos bioclásticos e estáveis, enquanto *Aguileria romualdoensis* sp. nov. era uma forma semi-infaunal bissada, que colonizou sedimentos finos. Espécimes das três espécies de Bakevelliidae estudadas são encontrados juntos em uma dada concentração fóssil, mas apenas *Araripevella musculosa* gen. et sp. nov. é preservada *in situ*. Esta espécie é registrada, principalmente, em concentrações fósseis primariamente biogênicas, formando delgados depósitos de sufocamento. Notavelmente, *Aguileria romualdoensis* sp. nov. se assemelha a *A. renauxiana* da Formação Woodbine, Cenomaniano, Texas, EUA. Além disso, *Aguileria dissita* também é registrada na Formação Riachuelo, Aptiano tardio-Albiano, da Bacia de Sergipe-Alagoas. Juntamente com outros macroinvertebrados (i.e., gastrópodes, equinodermos, bivalves), a fauna de Bakevelliidae da Formação Romualdo é fortemente biocorrelata à da Formação Riachuelo, suportando um cenário paleogeográfico em que águas marinhas inundaram a Bacia do Araripe advindas de

sudeste, provavelmente através das bacias do Recôncavo-Tucano-Jatobá. Finalmente, informações sedimentológicas, estratigráficas e paleontológicas indicam que o desaparecimento dos Bakevelliidae na Formação Romualdo está vinculado a continentalização da Bacia do Araripe.

Palavras-chaves: sistemática, bivalves pteriomorfos, aptiano, Grupo Santana, biocorrelação, tafonomia, mar epicontinental.

ABSTRACT

Bakevelliids (Bivalvia, Pterioidea) are extinct, marine, stationary epifaunal to semi-infaunal, suspension feeding bivalves with at least 20 described genera and numerous occurrences worldwide. They thrived from the Late Paleozoic to Eocene, reaching the maximum diversity during the Mesozoic (mainly Early and Middle Jurassic). They were also abundant and widespread in many Cretaceous sedimentary successions, as in the Araripe and Sergipe-Alagoas basins, also occurring occasionally in Pernambuco-Paraíba basin, in NE Brazil. In this document, new Aptian (Lower Cretaceous) bakevelliid bivalves are described for the Romualdo Formation, Santana Group, Araripe Basin, northeastern Brazil. Analysis is based on the detailed examination of 361 specimens all from the upper third interval of the Romualdo Formation, mainly from geological sections in the southwestern and southeastern borders of the basin, but they were recorded in all four corners of the Araripe Basin. Together with the other known members of the family Bakevelliidae, already record in the unit (i.e., *Aguileria dissita*), the new bivalves (*Araripevella musculosa* gen. et sp. nov., *Aguileria romualdoensis* sp. nov., and Gen et sp. indet.) indicate that the Romualdo bakevelliid fauna was more diverse than previously realized. Bakevelliid-rich carbonates, some with *in situ* specimens, are restrict to the upper third of this unit, the same stratigraphic interval yielding echinoderm-, gastropod- and stromatolite-bearing limestones. These pteriomorphian bivalves were widely distributed in the Romualdo Formation and are a testimony of the short-lived bakevelliid-sea that flooded the whole Araripe Basin, during the Aptian. Paleoautoecologic analysis indicate that *Araripevella musculosa* gen. et sp. nov. was an epifaunal, byssate species, living in bioclastic, stable substrates, whereas *Aguileria romualdoensis* sp. nov. was a semi-infaunal, byssate form. Specimens of the three studied bakevelliid species can be recorded all together in a given fossil concentration, but only *Araripevella musculosa* gen. et sp. nov. is found *in situ*. This species is found in primarily biogenic fossil concentrations forming thin obrution deposits. Notably, *Aguileria romualdoensis* sp. nov. close resembles *A. renauxiana* from the Cenomanian Woodbine Formation, Texas, US. In addition, *Aguileria dissita* is also recorded in the Late Aptian-Albian Riachuelo Formation of the Sergipe-Alagoas Basin. Together with other macroinvertebrates (i.e., gastropods, echinoderms, bivalves) the bakevelliid fauna of the Romualdo Formation can be biocorrelated tightly with that of the Riachuelo Formation, supporting a paleogeographic scenario with the marine waters flooding the Araripe Basin from the southeast, probably via Recôncavo-Tucano-Jatobá Basin system. Finally, sedimentologic, stratigraphic and

paleontological information indicate that the fate of the bakevelliids in the Romualdo Formation, is bound up with the onset of continentalization of the Araripe Basin.

Keywords: systematics, pteriomorphian bivalves, aptian, Santana Group, biocorrelation, taphonomy, epicontinental sea.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABELAS	viii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>Problemática envolvida</i>	2
1.2 <i>Justificativas e Hipóteses</i>	3
2. OBJETIVOS	5
3. REGISTROS DE BAKEVELLIIDAE NO CRETÁCEO DO BRASIL	5
4. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA	10
5. MATERIAIS E MÉTODOS	14
5.1 <i>Levantamento de dados de campo</i>	14
5.2 <i>Atividades de laboratório</i>	15
5.2.1 <i>Seções polidas (Slab)</i>	15
5.2.2 <i>Análise petrográfica</i>	16
5.2.3 <i>Preparação e moldagem dos espécimes</i>	16
5.2.4 <i>Fotodocumentação</i>	17
5.2.5 <i>Elaboração de banco de dados</i>	17
5.2.6 <i>Ilustração</i>	17
5.2.7 <i>Análise taxonômica e paleoecológica</i>	18
5.2.8 <i>Análise tafonômica</i>	18
5.2.9 <i>Pesquisa bibliográfica</i>	18
6. RESULTADOS	18
6.1 <i>Descrição das Seções Sobradinho e Serra do Inácio</i>	19
6.1.1 <i>Seção de Sobradinho</i>	19
6.1.2 <i>Seção da Serra do Inácio</i>	22
6.2 <i>Caracterização das concentrações de Sobradinho</i>	23
6.2.1 <i>Microfácies carbonáticas</i>	23
6.2.2 <i>Associação de microfácies</i>	32
6.3 <i>Sistemática paleontológica</i>	37
6.3.1 <i>Novos bivalves pteriormorfos do Aptiano da Formação Romualdo, Bacia do Araripe, e o breve “Mar de Bakevelliidae” do interior do nordeste do Brasil</i>	38
7. DISCUSSÃO	39
7.1 <i>Tafonomia e composição faunística</i>	39
7.2 <i>Gênese das concentrações bioclásticas</i>	40
7.2.1 <i>Trabalhos anteriores</i>	41
7.2.2 <i>Modelo deposicional</i>	42
7.3 <i>Paleoecologia</i>	48
8. CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
APÊNDICE	59
<i>Short-lived “Bakevelliid-Sea” in the Aptian Romualdo Formation, Araripe Basin, Northeastern Brazil</i>	59
ANEXO	110
<i>Microbialite fields developed in a protected rocky coastline: The shallow carbonate ramp of the Aptian Romualdo Formation (Araripe Basin, NE Brazil)</i>	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Ocorrências de bivalves Bakevelliidae nas bacias sedimentares do nordeste brasileiro.....	6
Figura 2 — Mapa geológico da Bacia do Araripe com as localidades onde os fósseis estudados foram encontrados.....	11
Figura 3 — Diagrama idealizado mostrando a sequência deposicional da Formação Romualdo, na Bacia do Araripe.....	12
Figura 4 — Seções colunares da Formação Romualdo nas localidades de Serra do Inácio e Sobradinho, estados de Pernambuco e Ceará, respectivamente.....	21
Figura 5 — Fácies sedimentares das seções colunares de Sobradinho e Serra do Inácio.....	22
Figura 6 — <i>Mudstone</i> com ostracodes e <i>wackestone</i> a bivalves e gastrópodes.....	25
Figura 7 — <i>Packstone</i> a gastrópodes e bivalves.....	26
Figura 8 — <i>Grainstone</i> a gastrópodes e bivalves.....	28
Figura 9 — <i>Floatstone</i> a bivalves e gastrópodes e <i>rudstone</i> a bivalves e gastrópodes.....	29
Figura 10 — <i>Floatstone</i> a Bakevelliidae.....	31
Figura 11 — <i>Rudstone</i> a Bakevelliidae.....	32
Figura 12 — Seção colunar detalhada dos níveis carbonáticos contendo conchas de Bakevelliidae.....	33
Figura 13 — Associação de microfácies 1.....	34
Figura 14 — Associação de microfácies 2.....	35
Figura 15 — Associação de microfácies 3.....	35
Figura 16 — Associação de microfácies 4.....	36
Figura 17 — Associação de microfácies 5.....	36
Figura 18 — Associação de microfácies 6.....	37
Figura 19 — Variação nos atributos tafonômicos dos bivalves Bakevelliidae da Formação Romualdo, Bacia do Araripe, Brasil.....	40
Figura 20 — Modelo mostrando os processos envolvidos na gênese das diferentes associações de microfácies, assim como os diferentes tipos de concentrações esqueléticas identificados.....	42
Figura 21 — <i>Araripevella musculosa</i> gen et sp. nov. preservada em posição de vida.....	46
Figura 22 — Modelo genético para origem das concentrações fossilíferas com Bakevelliidae da seção colunar da localidade de Sobradinho.....	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 — Registro histórico das espécies de Bakevelliidae encontradas nas bacias sedimentares interiores do nordeste brasileiro.....	9
Tabela 2 — Relação dos vários grupos de fósseis de importância cronoestratigráfica da Formação Romualdo.....	13

1. INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe é mundialmente reconhecida por suas rochas cretáceas portadoras de abundantes fósseis (*Konzentrat-Lagerstätten*) ou com elementos espetacularmente bem preservados (*Konzervat-Lagerstätten*) (*sensu* Seilacher et al., 1985). A origem da bacia está relacionada ao desmantelamento do Gondwana e à abertura do Oceano Atlântico Sul, durante o Eocretáceo, intervalo onde estão registradas as primeiras ingressões marinhas no interior do nordeste brasileiro (Arai, 2016; Assine et al., 2016). Várias hipóteses e cenários paleogeográficos têm sido postulados para a origem e a direção das ingressões marinhas na Bacia do Araripe, com autores advogando por ingressões advindas de norte, via bacias de São Luís e Parnaíba, de noroeste, via Bacia Potiguar, bem como a partir do sul, cruzando os limites das bacias de Sergipe-Alagoas (veja discussão recente e referências em Arai, 2016; Assine et al., 2016).

Fundamentados em dados estruturais, estratigráficos e paleontológicos, Assine et al. (2016) propõem que, no Cretáceo Inferior, haveria um *seaway* entre as bacias do Araripe e Sergipe-Alagoas, com ingressão de águas marinhas de sul para norte, se aproveitando dos vales fluviais incisos desenvolvidos nas bacias do Recôncavo, Tucano e Jatobá (Varejão et al., 2016; Freitas et al., 2017). De fato, as paleocorrentes deduzidas das direções de mergulho de estratos cruzados de fácies sedimentares fluviais sotopostos (i.e., Formação Barbalha da Bacia do Araripe e Formação Marizal das bacias do Recôncavo-Tucano-Jatobá) indicam que a Bacia do Araripe integrava um sistema de paleodrenagem continental que fluía para sul, acompanhando os vales de direção N-S, possivelmente condicionados por subsidência relacionada à reativação de falhas de fase rifte das bacias da margem continental brasileira (Assine et al., 2016; Varejão et al., 2016; Freitas et al., 2017). Naturalmente, esses vales constituíram, posteriormente, caminho para a ingressão marinha neoptiana, que atingiu a Bacia do Araripe, situada ao norte, culminando com a deposição dos folhelhos marinhos da Formação Romualdo (Custódio et al., 2017; Fürsich et al., 2019). Dessa forma, os depósitos e fósseis desta unidade são cruciais para as interpretações paleobiogeográficas. De fato, os dados disponíveis sugerem que: (i) haveria afinidade entre as faunas de invertebrados de unidades coevas da Bacia do Araripe (e.g., formações Crato e Romualdo), com as da Bacia de Sergipe (e.g., Formação Riachuelo) (vide, por exemplo, Pereira et al., 2015; White, 1887a); (ii) teria existido um *seaway* ou *corridor* entre ambas as bacias sedimentares (Martill, 1993; Assine et al., 2016), e (iii) a diversidade da fauna de invertebrados das formações Crato e Romualdo seria, em parte, resultante de elementos

imigrantes (cosmopolitas) e não apenas constituída por elementos que evoluíram *in situ* (endêmicos) na Bacia do Araripe (e.g., Silva et al., 2019).

Nesse contexto, os moluscos bivalves da Formação Romualdo, especialmente os Bakevelliidae, se destacam como elementos-chave para corroborar ou refutar as hipóteses paleogeográficas aventadas por autores tais como Assine et al. (2016), Varejão et al. (2016), Custódio et al. (2017), Freitas et al. (2017) e Fürsich et al. (2019). Os Bakevelliidae constituem uma família extinta (Carbonífero-Eoceno) de bivalves pterióides, marinhos ou de águas salobras, com ampla distribuição paleobiogeográfica. A família contém 24 gêneros (segundo o *The Paleobiology Database*, acessado em fevereiro de 2020), dos quais dois já foram mencionados para a Bacia do Araripe (e.g., *Aguileria dissita* e *Bakevellia* sp.). A recente redescoberta de uma abundante malacofauna de Bakevelliidae na parte superior da Formação Romualdo, cuja afinidade parece estar relacionada a elementos coevos da Bacia de Sergipe (vide Pereira et al., 2015), abre a possibilidade para a validação dos modelos paleogeográficos mencionados acima, bem como discutir questões paleoambientais e paleoecológicas relevantes, no contexto da deposição do intervalo superior da Formação Romualdo, Bacia do Araripe, onde esses bivalves são abundantes. Desse modo, as premissas citadas nos itens i a iii, constituem o cerne da pesquisa desenvolvida.

1.1 Problemática envolvida

Deve-se a Hartt (1870) o primeiro registro de bivalves fósseis na sucessão sedimentar cretácea da Bacia do Araripe. Desde então diversos artigos, dissertações e teses, sem contar uma infinidade de resumos em eventos científicos, trataram da presença de moluscos bivalves nas unidades Crato e Romualdo, Grupo Santana. Mabesoone & Tinoco (1973) sintetizaram as ocorrências de moluscos na Bacia do Araripe e compilações mais atualizadas aparecem em Sales (2005), Bruno & Hessel (2006), Martill et al. (2007) e Bruno (2009). Com exceção dessa última autora (vide discussão mais adiante) e de Pereira et al. (2015; 2018), nenhum dos estudos publicados desde 1870, tratando dos bivalves da Formação Romualdo, contém ilustrações, descrições formais e referências às instituições de repositório dos espécimes analisados (vide Bruno, 2009). Essa situação é inaceitável do ponto de vista científico, à luz do enorme conhecimento ocorrido nos últimos 30 anos em relação às ocorrências coevas de outras partes da América do Sul, especialmente da Argentina e Chile (vide Damborenea, 1987; Aberhan & Muster, 1997; Lazo, 2003). Em outras palavras, os bivalves da Formação Romualdo permanecem na sua maioria não estudados, especialmente do ponto de vista da sistemática da fauna, principalmente se considerarmos as normas e recomendações do *International Code of*

Zoological Nomenclature (ICZN, 1999). Em decorrência dessa situação, o conhecimento taxonômico dos bivalves cretáceos da Bacia do Araripe é ainda incipiente, sendo urgente estudos de sistemática paleontológica (vide Pereira et al., 2015), tafonomia e paleoecologia, os quais são básicos para as investigações com foco em biocorrelações, reconstruções paleogeográficas e paleoambientais. É neste contexto que a presente dissertação de mestrado está inserida.

1.2 Justificativas e Hipóteses

Nos últimos cinco anos, em decorrência de uma série de esforços de coleta no âmbito de projeto internacional financiado pelo CNPq (coordenado pelo Prof. Dr. Marcello Simões), concomitante aos financiados pela Petrobras-Fundunesp (coordenado pelo Prof. Dr. Mario Assine), várias seções colunares foram levantadas nas bordas leste e oeste na Bacia do Araripe, abrangendo, dentre outros, os depósitos cretáceos das formações Crato (Varejão, 2019) e Romualdo (Custódio, 2017; Custódio et al., 2017; Fürsich et al., 2019). Em decorrência, foi possível estabelecer com grande precisão a posição estratigráfica de muitas ocorrências de macroinvertebrados, especialmente Mollusca (Gastropoda e Bivalvia), Echinodermata e Crustacea (Decapoda), particularmente na Formação Romualdo (ver Fürsich et al., 2019). Esses grupos têm enorme potencial como indicadores paleoambientais, especialmente para a interpretação dos regimes de salinidade e oxigenação das águas de fundo, taxas de sedimentação e tipos de substrato (Holz & Simões, 2002). Uma das seções mais representativas da Formação Romualdo na borda leste da Bacia do Araripe está, conforme já mencionado acima, na localidade de Sobradinho, distrito de Jardim, Estado do Ceará (Figs. 1 e 2). No topo da sucessão sedimentar foram encontradas coquinas centimétricas, constituídas principalmente por conchas de bivalves Bakevelliidae, cujas espécies até então não haviam sido formalmente descritas (vide abaixo) para essa parte da Bacia do Araripe. Em decorrência da importância desses fósseis para as interpretações bioestratigráficas, paleogeográficas e paleoambientais, a presente dissertação de mestrado foca no estudo desse grupo de moluscos.

Na Formação Romualdo, bivalves Bakevelliidae foram previamente mencionados por Bruno (2009) e Pereira et al. (2015), nas bordas leste e oeste da bacia, respectivamente. Bruno (2009) apresenta um estudo taxonômico e paleoecológico detalhado dos Bakevelliidae provenientes da localidade de Sobradinho, cuja presença foi revelada por uma escavação aberta por Sales (2005). Bruno (2009) cita que o artigo “*Pseudoptera beurleni, a new species of Bakevelliidae (Bivalvia) from the Santana Formation (Albian?), northeastern Brazil, and its palaeontological implications*” foi submetido ao periódico *Cretaceous Research*, em data

anterior a 24 de julho de 2009. A busca detalhada na literatura, bem como no CV-Lattes das autoras (Bruno, A.P.S e Hessel, M.H.R.), em fevereiro de 2020, revelou que, passados quase 11 anos da submissão do artigo, esse ainda não foi formalmente publicado.

É importante ressaltar ainda que para o ICZN, táxons publicados em dissertações ou teses não são válidos. Uma publicação eletrônica, após 2011, com DOI, pode ter validade, desde que cumpra certas formalidades, ou seja, (i) que a publicação seja registrada no Zoobank, responsável pelo *Official Register of Zoological Nomenclature*, antes de ser publicada na internet; (ii) que o trabalho deixe claro que este registro no Zoobank ocorreu; (iii) que o registro no Zoobank contenha o nome de um disponibilizador ("archive") eletrônico que fornecerá o arquivo e o ISSN ou ISBN do trabalho, e (iv) que o trabalho declare a data de sua publicação. Claramente, esse não é o caso do estudo de Bruno (2009) e, desse modo, o nome *Pseudopteria beurleni* não é válido (*nomen nudum*). Além disso, Bruno (2009) refere-se à ocorrência dos Bakevelliidae no nível das concreções carbonáticas (parte média da sucessão sedimentar da Formação Romualdo), contendo abundantes peixes fósseis, o que sabemos hoje não é correto (vide Fürsich et al., 2019). Em outras palavras, a despeito das relevantes informações paleontológicas contidas no estudo de Bruno (2009), três problemas cruciais não foram solucionados, isso é: (i) não existe a publicação formal dos dados, segundo o ICZN; (ii) a posição estratigráfica dos fósseis na sucessão vertical da Formação Romualdo é imprecisa; e (iii) os fósseis estão mal preservados, com as conchas recristalizadas, dificultando ou mesmo impedindo a descrição das feições anatômicas internas (impressões musculares) dos bivalves. Os problemas citados nos itens ii e iii não afetam o material de estudo, possibilitando a descrição dos Bakevelliidae da Formação Romualdo e interpretação e compreensão dos mecanismos que geraram as concentrações fossilíferas ricas em conchas deste grupo de bivalves.

Em razão das discussões acima, postula-se aqui que, no terço superior da Formação Romualdo, existiram condições deposicionais possivelmente marinhas, indicadas, dentre outras evidências, pela presença de bivalves Bakevelliidae. Conforme dados prévios (vide seções em Sales, 2005; Custódio et al., 2017; Fürsich et al., 2019), as concentrações podem ser acompanhadas, lateralmente, por longas distâncias. Outro aspecto estratigráfico importante é que, na sucessão sedimentar de Sobradinho, o intervalo coquinóide parece indicar mudanças paleoambientais e/ou paleoclimáticas importantes, as quais possibilitaram a geração de sedimentos carbonáticos na Bacia do Araripe. Quais os processos teriam sido responsáveis por tal alteração? Teria havido aridização, a qual limitaria o aporte de sedimentos silicilásticos nas áreas proximais, possibilitando a deposição carbonática e o estabelecimento de uma fauna

distinta de moluscos bivalves, durante fase de máxima inundação marinha? Notavelmente, os Bakevelliidae estão presentes também na Bacia de Sergipe, Forma o Riachuelo (vide dados em Hessel & Filizola Jr., 1989; Hessel, 2004; Mello et al., 2007; Pereira et al., 2015), provavelmente no Membro Maruim, onde estão associados a abundantes fósseis de equinóides. Se esses dados estiverem corretos haveria mais uma evidência da presença de um *seaway* entre as bacias do Araripe e Sergipe-Alagoas, conforme postulado em Martill (1993) e Assine et al. (2016).

8. CONCLUSÕES

(i) Seis associações de microfácies apresentando gradação normal, foram reconhecidas na seção colunar da localidade de Sobradinho, cada uma separada por finas camadas de folhelhos siltosos com limites irregulares, marcando a alternância entre deposição de rochas siliciclásticas e carbonáticas. Em determinadas fases, as conchas de Bakevelliidae foram suficientemente abundantes para gerar *rudstones* e *floatstones*;

(ii) As concentrações ricas em Bakevelliidae são constituídas de oito microfácies carbonáticas distintas: *Mudstone* com ostracodes, *Wackestone* a bivalve e gastrópode, *Packstone* a gastrópodes e bivalves, *Grainstone* a gastrópodes e bivalves, *Floatstone* a bivalves e gastrópodes, *Rudstone* a bivalves e gastrópodes, *Floatstone* a Bakevelliidae, e *Rudstone* a Bakevelliidae. A variedade de microfácies carbonáticas é indicativa de variações nas condições associadas a gêneses das concentrações (e.g., tamanho dos bioclastos, energia do sistema);

(iii) As camadas carbonáticas da seção colunar da localidade de Sobradinho, parte superior da Formação Romualdo, compreendem três tipos de concentrações esqueléticas: (i) tempestito proximal, (ii) concentração por corrente, (iii) concentração primariamente biogênica (*sensu* Fürsich & Oschmann, 1993). As associações de microfácies AMF-1, AMF-2, AMF-4, AMF-5 e AMF-6 correspondem às concentrações de tempestitos proximais, já a AMF-3, está relacionada à concentração por corrente, e o topo da AMF-6 corresponde à concentração primariamente biogênica;

(iv) Os Bakevelliidae preservados em posição de vida, no *floatstone*, referente a última camada de calcário no topo da seção colunar de Sobradinho, com as conchas articuladas fechadas preenchidas por lama carbonática, sugerem que morreram sufocados pela rápida decantação de finos, associada a eventos episódicos de alta energia. A preservação *in situ* de elementos de epifauna implica na mudança do nível de base, já que agentes tracionais, se presentes, teriam remobilizado as conchas;

(v) A análise taxonômica de 361 espécimes de bivalves Bakevelliidae indica que, pelo menos, três táxons estão presentes na Formação Romualdo. Destes, um corresponde a um gênero novo (*Araripevella* gen. nov.), tendo *A. musculosa* sp. nov., como espécie-tipo. O outro táxon é

Aguileria romualdoensis sp. nov. Finalmente, um dos elementos permanece indeterminado (Gen. et sp. indet.) até que material com melhor preservação esteja disponível para estudo. Portanto, juntamente com *Aguileria dissita* (Pereira et al., 2015), o outro Bakevelliidae descrito, a malacofauna de bivalves pterioides da Formação Romualdo é mais diversa do que anteriormente conhecido;

(vi) Dados de morfologia funcional, combinados com os tafonômicos e sedimentológicos, sugerem que as espécies de Bakevelliidae que colonizaram a Bacia do Araripe no Aptiano apresentaram modos de vida distintos. *Araripevella musculosa* gen. et sp. nov. foi uma forma epibissada com preferência por substratos duros, bioclásticos, *Aguileria romualdoensis* sp. nov., por sua vez, foi uma espécie de semi-infauna, endobissada, vivendo possivelmente reclinada em uma das valvas, em substrato fino;

(vii) Os calcários ricos em conchas de Bakevelliidae foram encontrados na Formação Romualdo ao longo de toda a faixa aflorante da bacia. Isso indica que águas marinhas totalmente oxigenadas inundaram toda a Bacia do Araripe (= Mar de Bakevelliidae) à época de deposição do intervalo estudado;

(viii) O intervalo carbonático da parte superior da Formação Romualdo com concentrações ricas em Bakevelliidae, bem representado na seção colunar de Sobradinho, pode ser seguramente correlacionável com o intervalo estratigráfico da parte superior desta unidade contendo folhelhos e calcários com *Paraglauconia*, como na seção de Serra do Mãozinha e os calcários com gastrópodes e Bakevelliidae da seção colunar de Estiva. Na borda oeste da bacia, o intervalo é representado por calcários contendo equinóides e Bakevelliidae, como os da região de Araripina, Estado de Pernambuco (ver Pereira et al., 2015; 2017), bem como ao campo de estromatólitos da região de Simões, Estado do Piauí (Varejão et al., 2019). Esse intervalo estratigráfico e seus macroinvertebrados bentônicos, atestam claramente a presença de águas marinhas em toda a Bacia do Araripe;

(ix) *Aguileria romualdoensis* sp. nov. se assemelha com *Aguileria renauxiana* (Mathéron, 1842, em Muster, 1995, p. 20) do Cenomaniano da Formação Woodbine, Texas (US) (Stephenson, 1952). Além disso, *Aguileria dissita* dos calcarenitos da margem oeste da Bacia do Araripe, Estado de Pernambuco, é também encontrada na Formação Riachuelo, Bacia de Sergipe-

Alagoas (White, 1887a; Maury, 1936). Portanto, duas espécies de Bakevelliidae do gênero *Aguileria* são compartilhadas com a fauna do Cretáceo do Domínio Tetiano. O gênero *Aguileria* foi provavelmente originado no Brasil, alcançando regiões tetianas durante o Cenomaniano, quando as barreiras geográficas associadas a abertura do Oceano Atlântico Sul foram menos efetivas (ver também Dias-Brito, 2000), favorecendo o intercâmbio entre as faunas tetianas;

(x) A fauna de Bakevelliidae da Formação Romualdo da Bacia do Araripe, juntamente com outros macroinvertebrados (i.e., gastrópodes, equinodermos, bivalves) é fortemente biocorrelacionável com a da Formação Riachuelo, Bacia de Sergipe-Alagoas, reforçando cenário paleogeográfico onde águas marinhas vindas de sudeste inundaram toda a Bacia do Araripe (vide também Martill, 1993; Martill et al., 2007; Assine et al., 2016).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Gawad, G.I., 1986. Maastrichtian non-cephalopod mollusks (Scaphopoda, Gastropoda and Bivalvia) of the Middle Vistula Valley, Central Poland. *Acta Geologica Polonica* 36, 69–224.
- Aberhan, M., 1994. Guild-structure and evolution of Mesozoic benthic shelf communities. *Palaios* 9, 516-45.
- Aberhan, M., Muster, H., 1997. Palaeobiology of Early Jurassic bakevelliid bivalves from Western Canada. *Palaeontology* 40, 799–815.
- Arai, M., 2016. Reply to the comments of Assine et al. (Comments on paper by M. Arai “Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective”). *Brazilian Journal of Geology* 46, 9–13. <https://doi.org/10.1590/2317-4889201620150046B>
- Arai, M., Coimbra, J.C., 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe). In: *Atas do I Simpósio sobre a da Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Crato-CE*, pp. 225–239.
- Arai, M., Botelho-Neto, J., Lana, C.C. Pedrão, E., 2000. Cretaceous dinoflagellate provincialism in Brazilian marginal basins. *Cretaceous Research* 21, 351-366.
- Assine, M.L., 1990. Sedimentação e tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil (Dissertação de Mestrado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Rio Claro, 124 pp.
- Assine, M.L., 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobras* 15, 371–389.
- Assine, M.L., Perinotto, J.A. de J., Custódio, M.A., Neumann, V.H., Varejão, F.G., Mescolotti, P.C., 2014. Depositional sequences of the Alagoas Stage, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Boletim de Geociências da Petrobras* 22, 3–28.
- Assine, M.L., Quaglio, F., Warren, L.V., Simões, M.G., 2016. Comments on paper by M. Arai “Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: A paleontological perspective.” *Brazilian Journal of Geology* 46, 3–7. <https://doi.org/10.1590/2317-4889201620150046A>
- Beurlen, K., 1963. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: *XVII Congresso Nacional de Geologia, Recife-PE*, pp. 1-47.
- Beurlen, K., 1964. As espécies dos Cassiopinae, nova subfamília dos Turritellidae, no Cretáceo do Brasil. *Arquivos de Geologia* 5, 1-44.
- Beurlen, K., 1966. Novos equinoides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 389, 455-464.
- Beurlen, K., 1971. A paleontologia na geologia do Cretáceo no Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 43, 89-101.
- Bieler, R., Carter, J.G., Coan, E. V., 2010. Classification of bivalve families. *Malacologia* 52, 113–133.
- Braun, O.P.G., 1966. Estratigrafia dos sedimentos da parte interior da Região Nordeste do Brasil (Bacias de Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). *Boletim DNPM/DGM* 236, 1-75.
- Brett, C., Baird, G.C., 1986. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios* 1, 207–227.
- Brito, I.M., 1984. The upper Lower Cretaceous in Brazil, its divisions and boundaries. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 56, 287- 293.
- Brito-Neves, B.B., Santos, E.J., Van Schmus, S., 2000. Tectonic history of the Borborema Province, Northeastern Brazil. In: *Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A.,*

- Campos, D.A. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*. Rio de Janeiro: 31 International Geological Congress, 151–182.
- Broin, F., 1994. Turtles from Chapada do Araripe, Early Cretaceous, Ceará State, Brazil. In: 3º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil. Rio Claro, São Paulo-SP, pp. 137-138.
- Brown, J.S., 1943. Suggested use of the word microfácies. *Economic Geology* 38: 325. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.38.4.325>
- Bruno, A.P.S., 2009. Paleontologia da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil: histórico, evidências marinhas e uma nova espécie de bivalvío (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 83 pp.
- Bruno, A.P.S., Hessel, M.H., 2006. Registros paleontológicos do Cretáceo Marinho na Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos* 16, 39–49.
- Bruno A.P., Sial A.N., 2009. Ambiente de vida de Pseudoptera (Bivalvia, Bakelliidae) da Formação Romualdo, Bacia do Araripe. *Boletim da Sociedade Brasileira de Paleontologia* 24, 13.
- Carvalho, M.S.S., Santos, M.E.C.M., 2005. Histórico das Pesquisas Paleontológicas na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* 28, 15-34.
- Coimbra, J.C., Arai, M., Carreño, A.L., 2002. Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe basin, northeastern Brazil. *Geobios* 35, 687–698. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(02\)00082-7](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(02)00082-7)
- Cox, L.R., 1969. Family Bakevelliidae, In: Moore, R.C., Teichert, C. (Eds.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part N, Mollusca* 6, Bivalvia 1. Geological Society of America/University of Kansas Press, Boulder/Lawrence, N306–N310.
- Custódio, M.A., 2017. Arquitetura estratigráfica da Formação Romualdo, pós-rifte da Bacia do Araripe (Dissertação de Mestrado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Rio Claro, 103 pp.
- Custódio, M.A., Quaglio, F., Warren, L.V., Simões, M.G., Fürsich, F.T., Perinotto, J.A.J., Assine, M.L., 2017. The transgressive-regressive cycle of the Romualdo Formation (Araripe Basin): Sedimentary archive of the Early Cretaceous marine ingression in the interior of Northeast Brazil. *Sedimentary Geology* 359, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2017.07.010>
- Damborenea, S.E., 1987. Early Jurassic Bivalvia of Argentina. Part 2: Superfamilies Pteriacea, Buchiacea and part of Pectinacea. *Palaeontographica A* 199, 113–216, 14 pls.
- Defrance, M.J.L., 1820. Gervillie, Gervillia, *Dictionaire des Sciences Naturelles* 18, 502-503.
- Dias-Brito, D., 2000. Global stratigraphy, palaeobiogeography and palaeoecology of Albian-Maastrichtian pithonellid calcispheres: Impact on Tethys configuration. *Cretaceous Research* 21, 315–349. <https://doi.org/10.1006/cres.2000.0196>
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional textures, In: Ham, W.E. (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks*. AAPG, pp. 108-121.
- Embry, A.F., Klovan, J.E., 1971. A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, NWT. *Canadian Petroleum Geology Bulletin* 19, 730-781.
- Fara, E., Saraiva, A.Á.F., Campos, D.D.A., Moreira, J.K.R., Siebra, D.D.C., Kellner, A.W.A., 2005. Controlled excavations in the Romualdo Member of the Santana Formation (Early Cretaceous, Araripe Basin, northeastern Brazil): Stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 218, 145–160. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.12.012>
- Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*, 2nd ed. Springer, Heidelberg.
- Freitas, B.T., Almeida, R.P., Carrera, S.C., Figueiredo, F.T., Turra, B.B., Varejão, F.G., Assine, M.L., 2017. Aptian sedimentation in the Recôncavo-Tucano-Jatobá Rift System and its

- tectonic and paleogeographic significance. *Journal of South America Earth Science* 80, 460–481. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.10.001>
- Fürsich, F.T., 1980. Preserved life positions of some Jurassic bivalves. *Paläontologische Zeitschrift* 54, 289-300.
- Fürsich, F.T., Oschmann, W., 1986 Storm shell beds of *Nanogyra virgula* in the Upper Jurassic of France. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 172, 141–161.
- Fürsich, F. T., Oschmann, W., 1993. Shell beds as tool in basin analysis – the Jurassic of Kachchh, western India. *Journal of the Geological Society* 150, 169-185.
- Fürsich, F.T., Custódio, M.A., Matos, S.A., Hethke, M., Quaglio, F., Warren, L.V., Assine, M.L., Simões, M.G., 2019. Analysis of a Cretaceous (late Aptian) high-stress ecosystem: The Romualdo Formation of the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Cretaceous Research* 95, 268–296. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2018.11.021>
- Guimarães, D., 1964. *Geologia do Brasil*. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro., 674 pp.
- Hartt, C.F., 1870. *Geology and physical geography of Brazil*, In: Agassiz, L. (Ed.), *Scientific Results of a Journey in Brazil*. Boston: Fields, Osgood & Co. London: Trübner & Co., 8 & 60, Paternoster Row, pp. 1-620.
- Heimhofer, U., Hochuli, P.A., 2010. Early Cretaceous angiosperm pollen from a low-latitude succession (Araripe Basin, NE Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology* 161, 105-126.
- Heinberg, C., 1999. Lower Danian bivalves, Stevns Klint, Denmark: Continuity across the K/T boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 154, 87–106. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(99\)00088-7](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(99)00088-7)
- Hessel, M.H., Filizola Jr., N.P., 1989. Algumas espécies de *Aguileria* (Bivalvia) do Albiano Inferior de Sergipe. In: *Anais do XI Congresso Brasileiro de Paleontologia*., Curitiba (PR), pp. 301–315.
- Hessel, M.H., 2004. *Gervillia* (*Gervillia*) *solenioidea* DeFrance, 1820 (Bivalvia, Bakevelliidae) do Neo-Aptiano de Sergipe, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 7, 67–76. <https://doi.org/10.4072/rbp.2004.1.05>
- Hirayama, R., 1998. Oldest known sea turtle. *Nature* 392, 705-708.
- Holz, M., Simões, M.G., 2002. *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 231p.
- ICZN., 1999. *International Code of Zoological Nomenclature*. Fourth edition. London, U.K. [available online at <http://www.iczn.org/iczn/index.jsp>]: International Trust for Zoological Nomenclature.
- Kegel, W., 1957. Novo Membro Fossilífero da Formação Itamaracá (Cretáceo Superior) de Pernambuco. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 29, 373–375.
- Kellner, A.W.A. 2002. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. In: Schobbenhaus, C., Campos, D.A., Queiroz, E.T., Winge, M., Berbert-Born, M., (Eds.) *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. Brasília, DNPM/CPRM/SIGEP pp. 121-130.
- Kellner, A.W.A., Campos, D.A., 2000. Brief Review of Dinosaur Studies and Perspectives in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 72, 509-538.
- Kidwell, S.M., 1991. The stratigraphy of shell concentrations. In: P.A., Allison, D.E.G., Briggs (Eds.), *Taphonomy, Releasing the Data Locked in the Fossil Record*, Plenum Press, New York, pp. 211-290.
- Kidwell, S.M., Fürsich, F.T., Aigner, T., 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios* 1, 228-238.

- Kidwell, S.M., Bosence, D.W.J., 1991. Taphonomy and time averaging of marine shelly faunas. In: P.A., Allison, D.E.G., Briggs (Eds.), *Taphonomy, Releasing the Data Locked in the Fossil Record*, Plenum Press, New York, pp. 115–209.
- Kidwell, S.M., Holland, S.M., 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaios* 6, 426-434.
- King, W., 1848. *A Catalogue of the Organic Remains of the Permian rocks of Northumberland and Durham*. Newcastle-upon-Tyne, 16 pp.
- Lazo, D.G., 2003. Taxonomy, facies relationships and palaeobiology of bakevelliid bivalves from the Lower Cretaceous of west-central Argentina. *Cretaceous Research* 24, 765–788. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2003.09.001>
- Lima, M.R., 1978. *Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)* (Tese de Doutorado). Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 335 pp.
- Mabesoone, J.M., Tinoco, I.M., 1973. Paleogeology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 14, 87–118.
- Maisey, J.G., 1991. *Santana Fossils – An Illustrated Atlas*. THF Publications, Neptune, New York, p. 459.
- Marques, F.O., Moulin, M., 2011. Arm wrestling between two mountains: Andes and Mid-Atlantic Ridge. *Geophysical Research Abstracts* 13, EGU2011-2406-1, EGU General Assembly, Vienna, Austria.
- Martill, D.M., 1993. Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil, *Palaeontological Association (Field Guides to Fossils: Number 5)*, p. 159.
- Martill, D.M., 2007. The age of the Cretaceous Santana Formation fossil Konservat Lagerstätte of north-east Brazil: a historical review and an appraisal of the biochronostratigraphic utility of its palaeobiota. *Cretaceous Research* 28, 895–920. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2007.01.002>
- Martill, D.M., Bechly, G., Loveridge, R.F. (Eds.), 2007. *The Crato Fossil beds of Brazil - Window into an Ancient World*. Cambridge University Press, New York, p. 625.
- Mathéron, P., 1842. *Catalogue méthodique et descriptif des Corps organisés fossiles du département des Bouches-du-Rhone et lieux circonvoisins; précédé d'un Mémoire sur les terrains supérieurs au grès bigarré de S. E. de la France. – Répertoire des travaux de la Société de statistique de Marseilles* 6, 81-341, Taf. 1-41.
- Maury, C.J., 1936. O Cretáceo de Sergipe. *Monografia do Serviço Geológico e Mineração do Brasil* 11, 1-283.
- McKittrick M.A., 1987. Experiments on the settling of gastropod and bivalve shells: biostratigraphic implications. In: Flessa K.W., (Ed.), *Paleoecology and taphonomy of Recent to Pleistocene intertidal deposits Gulf of California*, The Paleontological Society Special 2, pp. 150-163.
- Mello, L.H.C., Mello, F.T., Zucon, M.H., 2007. A new species of Gervillia Defrance (Bivalvia, Bakevelliidae) from the Aptian-Albian transition of Sergipe, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 10, 63–69.
- Morales, N., Assine, M.L., 2015. Chapada do Araripe: A Highland Oasis Incrusted into the Semi-arid Region of Northeastern Brazil. In: Vieira, B.C.; Salgado, A.A.R; Santos, L.J.C. (Orgs.). *World Geomorphological Landscapes*. Dordrecht: Springer, Netherlands, p. 231-242.
- Moura, M.V., 2007. *Análise Estratigráfica do Andar Alagoas na borda leste da Bacia do Araripe* (Dissertação de Mestrado). Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro, 74 pp.
- Muster, H., 1995. Taxonomie und paläobiogeographie der Bakevelliidae. *Beringeria* 14, 3–161.

- Pereira, P.A., Cassab, R.C.T., Barreto, A.M.F., Almeida, J.A.C., 2015. Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano- Albiano, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Ciências Naturais do Museu Paraense Emílio Goeldi* 533, 231–246.
- Pereira, P.A., Cassia, R., Cassab, T., Magnólia, A., Barreto, F., 2017. Paleocologia e Paleogeografia dos Moluscos e Equinoides da Formação Romualdo, Aptiano – Albiano da Bacia do Araripe, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* 40, 180–198.
- Pereira, P.A., Cassia, R., Cassab, T., Magnólia, A., Barreto, F., 2018. As Famílias Veneridae, Trochidae, Akeridae e Acteonidae (Mollusca), na Formação Romualdo: Aspectos Paleocológicos e Paleobiogeográficos no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, NE do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* 41, 137–152.
- Regali, M.S.P., 2001. Palinoestratigrafia dos sedimentos cretácicos das bacias do Araripe e das bacias interiores do Nordeste - Brasil. In: Barros, L.M., Nuvens, P.C., Filgueira, J.B.M., I e II Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Crato-CE, p. 101-108.
- Rios-Netto, A.M., Regali, M.S.P., 2007. Estudo bioestratigráfico, paleoclimático e paleoambiental do intervalo Alagoas (Cretáceo Inferior) da bacia do Araripe, nordeste do Brasil (Poço 1-PS-11-CE). In: Carvalho, I.S., (Org.), *Paleontologia: Cenários de Vida*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, v. 2, p. 479-488.
- Sales, A.M.F., 2005. Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: significado estratigráfico e paleoambiental (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 173 pp.
- Santos, M.E.C.M., 1982. Ambiente deposicional da Formação Santana - Chapada do Araripe (PE/PI/CE). In: *Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador (BA)*, Anais, v.4, p. 1413-1426.
- Stanley, S.M., 1970. Relation of shell form to life habits of the Bivalvia (Mollusca). *Geological Society of America, Memoir* 125, 1–296.
- Stanley, S.M., 1972. Funcional morphology and evolution of byssally attached molluscs. *Journal of Paleontology* 46, 165–212.
- Seilacher, A., 1984. Constructional morphology of bivalves: evolutionary pathways in primary versus secondary soft-bottom dwellers. *Palaeontology* 27, 207–237.
- Seilacher, A., Reif, W.E., Westphal, F., 1985. Sedimentological, ecological and temporal patterns of fossil Lagerstätten. *Royal Society of London Philosophical Transactions* 311, 5–23.
- Silva, V.R., Varejão, F.G., Matos, S.A., Fürsich, F.T., Skawina, A., Scheneider, S., Warren, L.V., Assine, M.L., Simões, M.G. *Cratonaia novaolindensis* gen. et sp. nov. (Unionida, Silesunionoidea) from the Aptian of Brazil (Araripe Basin), and its implications for the early evolution of freshwater mussels. *Cretaceous Research* 107, 1-15.
- Silva-Santos, R., Valença, J., 1968. A Formação Santana e sua Paleoiçtiofauna. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 40, 339-360.
- Simões, M.G., Ghilardi, R.P., 2000. Protocolo tafonômico/paleoautoecológico como ferramenta na análise paleossinecológica. *Pesquisas em Geociências* 27, 3-13.
- Simões, M.G., Kowalewski, M., 1998. Shell beds as paleoecological puzzles: a case study from the Upper Permian on the Paraná Basin, Brazil. *Facies* 38, 175-196.
- Simões, M.G., Torello, F.F., 2003. Modelo de tafofácies para os moluscos bivalves do Grupo Passa Dois (Formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí), Permiano Superior, Bacia do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências* 33, 1-10.
- Simões, M.G., Rodrigues, S.C., Leme, J.M., Bissaro Jr., M.C., 2005. The settling pattern of brachiopod shells: Stratigraphic and taphonomic implications to shell bed formation and paleoecology 35, 383-391.

- Stephenson, L.W., 1952. Larger invertebrate fossils of the Woodbine Formation (Cenomanian) of Texas. United States Geological Survey Professional Paper 242, 1–226.
- Tëmkin, I., 2006. Morphological perspective on the classification and evolution of Recent Pterioidea (Mollusca: Bivalvia). *Zoological Journal of the Linnean Society* 148, 253–312. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2006.00257.x>
- Tomé, M.E.T.R., Lima-Filho, M., Neumann, V., 2014. Taxonomic studies of non-marine ostracods in the Lower Cretaceous (Aptian–lower Albian) of post-rift sequence from Jatobá and Araripe basins (Northeast Brazil): Stratigraphic implications. *Cretaceous Research* 48, 153–176.
- Tucker, M.E., Dias-Brito, D., 2017. Petrologia sedimentar carbonática: iniciação com base no registro geológico do Brasil. Rio Claro: UNESP – IGCE-UNESPetro, *Obra* 3. p. 208.
- Valença, L.M.M., Neumann, V.H., Mabesoone, J.M., 2003. An overview on Callovian Cenomanian intracratonic basins of Northeast Brazil: Onshore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. *Geologica Acta* 1, 261–275.
- Varejão, F.G., 2019. Abordagem multi-indicadores do sistema misto carbonático-siliciclástico da Formação Crato: Evolução sedimentar, paleogeografia e tectônica. (Tese de Doutorado). Instituto de Geociências e Meio Ambiente, Unesp, Rio Claro, 203 pp.
- Varejão, F.G., Warren, L.V., Perinotto, J.A. de J., Neumann, V.H., Freitas, B.T., Almeida, R.P. de, Assine, M.L., 2016. Upper Aptian mixed carbonate-siliciclastic sequences from Tucano Basin, Northeastern Brazil: Implications for paleogeographic reconstructions following Gondwana break-up. *Cretaceous Research* 67, 44–58. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2016.06.014>
- 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., 2019. Microbialite fields developed in a protected rocky coastline: The shallow carbonate ramp of the Aptian Romualdo Formation (Araripe Basin, NE Brazil). *Sedimentary Geology* 389, 103–120. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2019.06.003>
- Viana, M.S.S., Agostinho, S.M., 1995. Camarões do Membro Romualdo da Formação Santana (Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe). *Boletim Núcleo Nordeste Sociedade Brasileira Geologia* 14, 239–243.
- White C.A., 1887a. Contribuições à Paleontologia do Brasil. *Archivos do Museu Nacional do Rio Janeiro* 7, 1–123.
- White, C.A., 1887b. On New Generic Forms of Cretaceous mollusca and their relation to other forms, In: *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. pp. 32–37.
- Zucon, M.H. 2005. Amonóides da transição Aptiano-Albiano da bacia de Sergipe, Brasil (Dissertação de Mestrado). Instituto de Geociências, UFBA, Salvador-BA, 165 pp.