



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

TESE Nº 181

**BRAQUIÓPODES DEVONIANOS DA BACIA DO AMAZONAS:
NOVOS DADOS TAXONÔMICOS,
PALEOBIOGEOGRÁFICOS E RELAÇÕES COM AS
MUDANÇAS AMBIENTAIS**

Tese apresentada por:

LUIZ FELIPE AQUINO CORRÊA

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Inês Feijó Ramos (MPEG)

**BELÉM - PARÁ
2024**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

C824b Corrêa, Luiz Felipe Aquino.
Braquiópodes devonianos da Bacia do Amazonas: novos dados taxonômicos, paleobiogeográficos e relações com as mudanças ambientais / Luiz Felipe Aquino Corrêa. — 2024.
xxi, 173 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Maria Inês Feijó Ramos
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2024.

1. Braquiópodes. 2. Formação Manacapuru. 3. Lochkoviano. 4. Bacia do Amazonas. I. Título.

CDD 560.98115



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

**BRAQUIÓPODES DEVONIANOS DA BACIA DO AMAZONAS:
NOVOS DADOS TAXONÔMICOS,
PALEOBIOGEOGRÁFICOS E RELAÇÕES COM AS
MUDANÇAS AMBIENTAIS**

Tese apresentada por:

LUIZ FELIPE AQUINO CORRÊA

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

Data de Aprovação: 01 / 10 / 2024

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente



MARIA INES FEIJO RAMOS

Data: 02/10/2024 09:50:02-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Maria Inês Feijó Ramos
Orientadora – MPEG

Documento assinado digitalmente



CAROLINA ZABINI

Data: 02/10/2024 10:48:17-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Carolina Zabini
Membro – UNICAMP

Documento assinado digitalmente

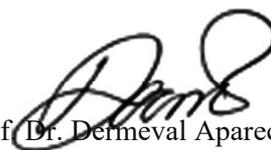


RENATO PIRANI GHILARDI

Data: 02/10/2024 12:57:33-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Renato Pirani Ghilardi
Membro – UNESP


Prof. Dr. Dermeval Aparecido do Carmo
Membro – UnB


Prof. Dr. Joelson Lima Soares
Membro – UFPA

Dedico esse trabalho à minha avó Nair.

Obrigado por tudo!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, queria agradecer a Deus por sempre me proteger.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto de Geociências, ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, por toda a infraestrutura disponível e pelo apoio de todos os seus colaboradores: professores, técnicos e alunos, em especial a Cleida Freitas.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Ao Campus de Pesquisa do Museu Emílio Goeldi (MPEG), à Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (COCTE), por toda a infraestrutura e apoio de todos os funcionários. Sou muito grato por terem me acolhido tão bem durante esses anos.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Maria Inês Feijó Ramos, pela oportunidade, confiança, paciência, ensinamentos, apoio e incentivo. Serei eternamente grato por tudo!

Aos amigos que ganhei ao ingressar no PPGG (Amanda, Bettina, Belinha, Claudia, João, Nayan e Renan). Ao meu amigo Sergio, que me acompanha desde a graduação e ingressou nesse desafio que é a Pós-Graduação junto comigo. Aos amigos que o MPEG me presenteou (Adriana, Katiane, Lorena, Renato, Ana Paula, Yuri, e professor Berrêdo), obrigado por tudo. Aos meus amigos de longa data Bruno, Laura, Dayane, Kassio, Paulo e Wesley. Ao João Rezende, por toda ajuda, dicas e conselhos a respeito deste trabalho.

À minha mãe, Liliam Corrêa, que, apesar de todas as dificuldades, sempre me apoiou e me incentivou, sem dúvida nenhuma, é minha principal professora, conselheira e amiga, a você dedico todas as minhas vitórias. Aos meus irmãos, Lucian Corrêa e Fernanda Corrêa, por sempre acreditarem em mim. À minha avó Cléa, que desde quando eu nasci, participa da minha educação e formação como pessoa. Aos meus padrinhos Sandra e Sebastião, por tudo que fizeram por mim.

À minha namorada, Raiana Grandal, por todo amor, carinho, compreensão e motivação. Obrigado por ser meu combustível, minha amiga e companheira ao longo de toda essa jornada.

Ao meu pai Fernando Corrêa (*in memoriam*), meu principal exemplo de ser humano, meu herói preferido, minha inspiração e motivação diária.

À minha avó/mãe Nair (*in memoriam*) por tudo que fez por mim. Junto com minha mãe, me criou e educou desde os meus primeiros segundos de vida. Sua partida repentina dói muito; nunca irei lhe esquecer.

A minha eterna gratidão a todos!

*“A vida é como andar de bicicleta.
Para manter o equilíbrio, você
precisa ficar sempre em movimento”*

(Albert Einstein)

RESUMO

O Devoniano foi um período importante na história evolutiva dos braquiópodes. Durante esse período, o filo atingiu seu pico de diversidade (Emsiano) e sofreu o seu segundo maior declínio (Frasniano-Fameniano), ficando atrás apenas do evento de extinção em massa Permo-Triássica. Entre as bacias sedimentares brasileiras, a Bacia do Amazonas é a que possui a maior diversidade de gêneros de braquiópodes devonianos, distribuídos entre as seguintes formações: Manacapuru (Lochkoviano), Maecuru (Eoiefeliano), Ererê (Neoeiefeliano) e Barreirinha (Eofrasniano). Os estudos de braquiópodes devonianos da Bacia do Amazonas começaram no final do século XIX com identificações de material coletado durante as "Expedições Morgan (1870-1871)" e a "Comissão Geológica Imperial do Brasil (1876)". Essas expedições se concentraram principalmente nas formações Maecuru e Ererê. A fauna de braquiópodes da Formação Manacapuru (Lochkoviano) era desconhecida até 2015, quando um número significativo de amostras de Rhynchonelliformes e Linguliformes foi recuperado durante salvamento paleontológico na usina hidrelétrica de Belo Monte em Vitória do Xingu, Pará, Brasil. Este trabalho tem como objetivo realizar a identificação taxonômica dos braquiópodes da Formação Manacapuru, além de analisar e discutir os possíveis fatores que influenciaram na diversidade de gêneros de braquiópodes entre as unidades sedimentares da Bacia do Amazonas (formações Manacapuru, Maecuru, Ererê e Barreirinha). O estudo taxonômico dos braquiópodes da parte superior da Formação Manacapuru (Lochkoviano), permitiu, até o momento, a identificação de dois gêneros, *Orbiculoidea* d'Orbigny, 1847 e *Schellwienella* Thomas, 1910. Dentre o material estudado, *Orbiculoidea* tem a maior diversidade, totalizando cinco espécies: *Orbiculoidea baini* Sharpe, 1856, *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke, 1913 e *Orbiculoidea excentrica* Lange, 1943 além de duas novas espécies *Orbiculoidea xinguensis* Corrêa & Ramos, 2021 e *Orbiculoidea katzeri* Corrêa & Ramos, 2021. As espécies *O. baini*, *O. bodenbenderi* e *O. excentrica* são registrados pela primeira vez na Formação Manacapuru e no Norte do Brasil, sendo também os registros mais antigos (Lochkoviano) da América do Sul. A presença de *Orbiculoidea* na região pode ser explicada por dois motivos: a proximidade da Bacia do Amazonas, localizada no noroeste de Gondwana durante o Devoniano Inferior, com o paleocontinente Laurussia (onde são registradas a maioria das ocorrências de *Orbiculoidea* durante o Siluriano), favorecendo o intercâmbio específico entre essas duas regiões geográficas; e a elevação global do nível do mar durante esse período, que inundou grande parte do noroeste de Gondwana, resultando na presença de mares rasos na Bacia do Amazonas, representados por sedimentos marinhos na parte superior da Formação Manacapuru. Essas condições favoreceram

a colonização de braquiópodes inarticulados durante o Devoniano Inferior no norte do Brasil. Ainda, é proposta a nova espécie *Schellwienella amazonensis* Corrêa *et al.* 2024, da Família Pulsiidae Cooper e Grant, 1974, sendo este o primeiro registro do gênero na Bacia do Amazonas. *Schellwienella amazonensis* sp. nov. e *Schellwienella marcidula* Amsden, 1958 da Formação Bois d’Arc (Lochkoviano), EUA, são os registros mais antigos do gênero. No Devoniano, *Schellwienella* ocorreu em todos os estágios (Lochkoviano, Praguiano, Emsiano, Eifeliano, Givetiano, Frasniano e Famenniano), principalmente nos ambientes marinhos siliciclásticos de Gondwana, transitando entre as latitudes temperadas e polares. Já no Carbonífero, sua distribuição estratigráfica se restringiu ao intervalo Tournaisiano-Viséano, e com preferência por ambientes de águas quentes e plataformas carbonáticas, típicas de baixas latitudes. Ao analisarmos a variação da diversidade de braquiópodes devonianos na Bacia do Amazonas, identificamos três estágios distintos. No estágio 1), o pico da diversidade de braquiópodes ocorreu no Eoifeliano (Formação Maecuru), quando a Bacia do Amazonas estava entre as latitudes subtropicais 30°S e 60°S, sob condições marinhas rasas e frias, justificadas pela ausência de carbonatos, evaporitos e recifes na região (Estágio 1). No estágio 2), ocorreu o primeiro declínio da diversidade, registrado na Formação Ererê (Neoifeliano), atribuído a um clima mais quente e águas mais profundas do que na Formação Maecuru. O estágio 3) ocorreu durante o Frasniano, quando houve um segundo declínio da diversidade de braquiópodes na Bacia do Amazonas (Formação Barreirinha). Uma grande transgressão global ocorreu no final do Devoniano. Nesse período, a Bacia do Amazonas experimentou as condições marinhas mais profundas de sua história. Os braquiópodes da Formação Barreirinha ocorrem em camadas de folhelhos negros (*offshore*), atribuídas a um ambiente disóxico a anóxico de alto estresse, o que explica a baixa diversidade de braquiópodes nesta unidade.

Palavras- chave: *Orbiculoidea*; *Schellwienella*; Formação Manacapuru; Lochkoviano.

ABSTRACT

The Devonian marked a significant phase in the evolutionary history of the Brachiopoda. During this period, the Phylum achieved its peak diversity (Emsian) and suffered one of its most significant declines (Frasnian–Famennian), ranking second only to the mass extinction event Permo-Triassic. Among the Brazilian sedimentary basins, the Amazonas Basin has the greater diversity of Devonian brachiopod genera, distributed among the following formations: Manacapuru (Lochkovian), Maecuru (early Eifelian), Ererê (Late Eifelian), and Barreirinha (early Frasnian). Studies of Devonian brachiopods from the Amazonas Basin began in the late 19th century with identifications of material collected during the Morgan Expeditions (1870–1871) and the Imperial Geological Commission of Brazil (1876). These expeditions focused primarily on the Maecuru and Ererê formations. The brachiopod fauna of the Manacapuru Formation (Lochkovian) was unknown until 2015, when during paleontological salvage at the Belo Monte hydroelectric plant in Vitória do Xingu, Pará, Brazil, a significant number of Rhynchonelliformes and Linguliformes samples were recovered. This work aims to carry out the taxonomic identification of brachiopods from the Manacapuru Formation, in addition to analyzing and discussing the possible factors that influenced the diversity of brachiopod genera among the sedimentary units of the Amazonas Basin (Manacapuru, Maecuru, Ererê, and Barreirinha formations). The taxonomic study of brachiopods from the upper part of the Manacapuru Formation (Lochkovian) has allowed, to date, the identification of two genera, *Orbiculoidea* d'Orbigny, 1847 and *Schellwienella* Thomas, 1910. Among the materials, *Orbiculoidea* has the greater diversity, totaling five species: *Orbiculoidea baini* Sharpe, 1856, *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke, 1913 and *Orbiculoidea excentrica* Lange, 1943 in addition to two new species: *Orbiculoidea xinguensis* Corrêa & Ramos, 2021 and *Orbiculoidea katzeri* Corrêa & Ramos, 2021. The species *O. baini*, *O. bodenbenderi*, and *O. excentrica* were recorded for the first time in the Manacapuru Formation and Northern Brazil, and they are also the oldest records (Lochkovian) from South America. The presence of *Orbiculoidea* in the region can be explained by two reasons: the proximity of the Amazonas Basin, located in the northwest of Gondwana during the Lower Devonian, with the paleocontinent Laurussia (where most occurrences of *Orbiculoidea* are recorded during the Silurian), favored the specific exchange between these two geographic regions; and the global rise in sea level during this period, which flooded much of northwest Gondwana, resulting in the presence of shallow seas in the Amazonas Basin, represented by marine sediments in the upper part of the Manacapuru Formation. These conditions favored the colonization of inarticulate brachiopods during the

Early Devonian in northern Brazil. Furthermore, the new species *Schellwienella amazonensis* Corrêa *et al.* 2024, of the Pulsiidae Family Cooper and Grant, 1974, is proposed, this being the first record of the genus in the Amazonas Basin. *Schellwienella amazonensis* n. sp. and *Schellwienella marcidula* Amsden, 1958 from the Bois d'Arc Formation (Lochkovian), USA, are the oldest records of the genus. In the Devonian, *Schellwienella* occurred in all stages (Lochkovian, Pragian, Emsian, Eifelian, Givetian, Frasnian, and Famennian), mainly in the marine siliciclastic environments of Gondwana, transiting between temperate and polar latitudes. In the Carboniferous, its stratigraphic distribution was restricted to the Tournaisian-Viséan interval, with a preference for warm water environments and carbonate platforms typical of low latitudes. We identified three distinct stages when analyzing the variation in Devonian brachiopod diversity in the Amazonas Basin. In stage 1, the peak of brachiopod diversity occurred in the early Eifelian (Maecuru Formation), when the Amazonas Basin was between subtropical latitudes 30°S and 60°S, under shallow and cold marine conditions, justified by the absence of carbonates, evaporites, and reefs in the region. In stage 2, the first decline in diversity occurred, recorded in the Ererê Formation (late Eifelian), attributed to a warmer climate and deeper waters than in the Maecuru Formation. Stage 3 occurred during the Frasnian when there was a second decline in brachiopod diversity in the Amazonas Basin (Barreirinha Formation). A major global transgression happened at the end of the Devonian. During this period, the Amazonas Basin experienced the deepest marine conditions in its history. Brachiopods of the Barreirinha Formation occur in black shale layers (offshore), attributed to a dysoxic to the anoxic environment of high stress, which explains the low diversity of brachiopods in this unit.

Keywords: *Orbiculoidea*; *Schellwienella*; Manacapuru Formation; Lochkovian.



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



PARECER

Sobre a Defesa Pública da Tese de Doutorado de LUIZ FELIPE AQUINO CORRÊA

A banca examinadora da Tese de Doutorado de **LUIZ FELIPE AQUINO CORRÊA** orientando da Prof.^a Dr.^a Maria Inês Feijó Ramos (MPEG) e composta pelos professores doutores Carolina Zabini (UNICAMP), Renato Pirani Ghilardi (UNESP), Dermeval Aparecido do Carmo (UnB) e Joelson Lima Soares (UFPA) após apresentação da sua tese intitulada **“BRAQUIÓPODES DEVONIANOS DA BACIA DO AMAZONAS: NOVOS DADOS TAXONÔMICOS, PALEOBIOGEOGRÁFICOS E SUA RELAÇÃO COM AS MUDANÇAS AMBIENTAIS”**, emite o seguinte parecer:

O candidato realizou sua apresentação de forma clara, bem organizada e segura no tempo estipulado. Na arguição mostrou domínio da temática abordada e respondeu às perguntas formuladas pela banca. O trabalho escrito foi apresentado na forma de três artigos, sendo dois já publicados e um submetido a periódico internacional. Dessa forma, a tese atende às exigências protocolares do Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica para uma tese de doutorado.

Finalmente, a banca examinadora decidiu por unanimidade aprovar a **tese de doutorado com distinção**.

gov.br Documento assinado digitalmente
MARIA INES FEIJO RAMOS
Data: 02/10/2024 09:50:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Belém, 01 de outubro de 2024

Prof.^a Dr.^a Maria Inês Feijó Ramos (MPEG)

gov.br Documento assinado digitalmente
CAROLINA ZABINI
Data: 02/10/2024 10:48:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Carolina Zabini (Membro-UNICAMP)

Prof. Dr. Renato Pirani Ghilardi (UNESP)

gov.br Documento assinado digitalmente
RENATO PIRANI GHILARDI
Data: 02/10/2024 12:57:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Dermeval Aparecido do Carmo (UnB)

gov.br Documento assinado digitalmente
DERMEVAL APARECIDO DO CARMO
Data: 03/10/2024 12:44:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Joelson Lima Soares (Membro - UFPA)

gov.br Documento assinado digitalmente
JOELSON LIMA SOARES
Data: 03/10/2024 17:17:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>