

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
Câmpus de Rio Claro

VITOR BONATTO GUERRINI

BIVALVES DA FORMAÇÃO RIO DO RASTO, PERMIANO, BACIA DO
PARANÁ, BRASIL: IMPLICAÇÕES EVOLUTIVAS E
PALEOECOLÓGICAS

Rio Claro, SP
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
Câmpus de Rio Claro

VITOR BONATTO GUERRINI

BIVALVES DA FORMAÇÃO RIO DO RASTO, PERMIANO, BACIA DO
PARANÁ, BRASIL: IMPLICAÇÕES EVOLUTIVAS E
PALEOECOLÓGICAS

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. Marcello Guimarães Simões

Rio Claro, SP
2018

G935b Guerrini, Vitor Bonatto
Bivalves da Formação Rio do Rasto, Permiano, Bacia do
Paraná, Brasil : implicações evolutivas e paleoecológicas / Vitor
Bonatto Guerrini. -- Rio Claro, 2018
110 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Marcello Guimarães Simões

1. Permiano. 2. Formação Rio do Rasto. 3. Bacia do Paraná.
4. Palaeomutela. 5. Gondwana. 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.

VITOR BONATTO GUERRINI

BIVALVES DA FORMAÇÃO RIO DO RASTO, PERMIANO, BACIA DO
PARANÁ, BRASIL: IMPLICAÇÕES EVOLUTIVAS E
PALEOECOLÓGICAS

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.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Rosemarie Rohn

Prof. Dr. Luiz Eduardo Anelli

Prof. Dr. Marcello Guimarães Simões

Conceito: Aprovado.

Rio Claro/SP, 10 de Outubro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Marcello Guimarães Simões (IBB/UNESP), pela orientação, pela paciência, ensinamentos científicos, didáticos, burocráticos, entre tantos outros, e pelas inúmeras oportunidades de crescimento profissional e pessoal;

À Profa. Dra. Rosemarie Rohn (IGCE/UNESP), pela gentileza, pela colaboração desde o princípio deste trabalho, nas discussões, viagens de campo, coleta e empréstimo da coleção do IGCE/UNESP;

Ao Prof. Dr. Lucas Veríssimo Warren (IGCE/UNESP), por aceitar me orientar no início do Mestrado, pelos comentários e correções em diversos trabalhos;

À Dr. Suzana A. Matos, pela ajuda na realização de diversos trabalhos, pela solução de dúvidas, pelo aprendizado laboratorial, preparo de amostras, utilização do Corel, viagens de campo, discussões e pela amizade;

Ao João Guedes Bondioli e Victor Ribeiro da Silva, pelas conversas, pela solução de dúvidas, pela ajuda em diversas tarefas e pela amizade;

Ao Filipe Giovanini Varejão, pelas viagens de campo, pela participação em diversos trabalhos e pela amizade;

À Profa. Dra. Jacqueline Peixoto Neves (UFTPR), pelo aprendizado, pela ajuda no laboratório e nos trabalhos de campo;

À Profa. Dra. Juliana de Moraes Leme (IGc/USP) e Ivone Cardoso Gonzales (IGc/USP), pela gentileza, busca e preparação da coleção científica do IGc/USP.

Ao Departamento de Zoologia e ao Laboratório de Paleozoologia Evolutiva (IBB/UNESP), pelo uso de sua infraestrutura e coleções científicas;

Ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas (UNESP), pelo uso das instalações e salas de aula;

Ao Instituto de Geociências (USP), pela disponibilização da coleção científica;

Aos secretários e funcionários do IGCE/UNESP e IBB/UNESP, em especial Rosângela (IGCE/UNESP), Juliana, Rose, Silvio, Hamilton e Flávio (IBB/UNESP), pela paciência, educação e atenção de sempre;

Aos meus pais Iraê e Ivana, e à minha noiva Laura, pelos conselhos, paciência e por todo apoio prestado no decorrer deste trabalho.

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

“Não são as ervas más que afogam a boa semente, e sim a negligência do lavrador.”

Confúcio.

RESUMO

As faunas de bivalves endêmicos do Permiano do Grupo Passa Dois, mundialmente conhecidas, evoluíram a partir de ancestrais marinhos em um enorme mar epicontinental, isolado, acompanhando a progressiva continentalização/aridização da Bacia do Paraná, Brasil, no Paleozoico Superior. No entanto, até o momento, os bivalves que se desenvolveram nos ambientes marginais de águas doces da Bacia do Paraná foram pouco estudados. Neste contexto, na presente dissertação é apresentada uma detalhada análise sistemática dos bivalves dos membros Serrinha e Morro Pelado, da Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois. As implicações evolutivas, paleoecológicas e paleogeográficas dos dados são discutidas. No total, foram examinados 204 espécimes, preservados, principalmente, como moldes compostos em argilitos avermelhados. Três assembleias de bivalves foram identificadas: a- *Terraia decarinata* e b-*Terraia* cf. *T. decarinata*, no intervalo de transição entre os membros Serrinha e Morro Pelado, e c- *Palaeomutela australis*, que é registrada na parte basal do Membro Morro Pelado. A primeira assembleia (= 137 exemplares) é composta por *Terraia decarinata* sp. nov. (67,88%), seguida de *Relogiicola delicata* gen et sp. nov. (9,50%), *Palaeomutela australis* sp. nov. (4,38%) e *Palaeomutela platinensis* (Reed) (0,73%), além de conchas indeterminadas (17,52%). A segunda assembleia (= 32 exemplares) é dominada por *Terraia* cf. *T. decarinata* sp. nov. (56,25%), seguida de *Terraia decarinata* sp. nov. (9,37%), *Palaeomutela platinensis* (Reed) (6,25%), além de conchas mal preservadas, indeterminadas (28,13%). A terceira assembleia (= 35 espécimes) inclui *Palaeomutela australis* sp. nov. (51,43%), *Relogiicola delicata* gen et sp. nov. (11,43%) e *Palaeomutela platinensis* (Reed) (2,86%), além de espécimes indeterminados (34,28%). Estas assembleias são quase que monoespecíficas e incluem bivalves de uma mesma guilda ecológica (i.e., escavadores rasos, suspensívoros), sugerindo condições de alto estresse ambiental. Todas as assembleias contêm *Palaeomutela* Amalitzky, gênero cosmopolita, típico de ambientes de águas doces, do Paleozoico Superior. Notavelmente, ambos os gêneros *Relogiicola* gen. nov. (Pachydomidae Fischer) e *Terraia* Cox (Crassatellacea Ferussác) que ocorrem em associação com *Palaeomutela* Amalitzky têm afinidades com bivalves registrados nas unidades subjacentes à Formação Rio do Rasto, do Grupo Passa Dois. Isso mostra que alguns gêneros endêmicos que evoluíram *in situ* na Bacia do Paraná adaptaram à vida em condições límnicas. Nas três assembleias de bivalves, espécies características da porção basal e média do Membro Serrinha [*Leinzia similis* (Holdhaus), *Oliveiraia pristina* (Reed), *Cowperesia emerita* Mendes, *Terraia curvata* (Reed) e *T. altissima*

(Holdhaus)] não foram registradas, indicando importante mudança faunística nas malacofaunas. As assembleias bivalves estão seguramente posicionadas em estratos sedimentares situadas acima das últimas ocorrências de *Terraia altissima* (Holdhaus) e *Cowperesia emerita* Mendes, na Formação Rio do Rasto. Na Formação Gai-As, Bacia de Huab, Namíbia, estas espécies ocorrem no limite Wordiano-Capitaniano, Guadalupiano. Portanto, as assembleias contendo *Palaeomutela* Amalitzky devem ser mais jovens que as que registram *Terraia altissima* (Holdhaus), e *Cowperesia emerita* Mendes, sendo, provavelmente, capitanianas. Conchas de *Palaeomutela* Amalitzky são também encontradas na porção inferior do Grupo Beaufort, das bacias sedimentares africanas (África do Sul, Tanzânia, Zimbábue e Zâmbia). Estes registros podem corresponder à máxima expansão paleobiogeográfica de *Palaeomutela* Amalitzky no Gondwana ocidental, durante o Permiano Superior.

Palavras-chave: Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, *Palaeomutela*, Gondwana.

ABSTRACT

The worldwide known, endemic bivalve faunas of the Permian Passa Dois Group evolved from marine ancestors in a huge, isolated epeiric sea, accompanying the progressive aridization/continentalization of the Paraná Basin, Brazil. However, until now the bivalves that developed during times of marked freshening events were poorly studied. In this context, an exhaustive systematic survey of the bivalves from the uppermost part of the Serrinha and the Morro Pelado Members, Rio do Rasto Formation, Passa Dois Group, is presented. The evolutionary, paleoecologic, and paleogeographic implications of the data are also discussed. In total, 204 specimens were examined, which were mainly preserved as composite molds in mudstones. Three bivalve assemblages were recorded, namely: a- *Terraia decarinata* and b- *Terraia* cf. *T. decarinata* assemblages, both in the transitional interval between the Serrinha and Morro Pelado Members, and c- *Palaeomutela australis* assemblage that is recorded in a massive reddish sandy mudstones in the basal part of the Morro Pelado Member. The first assemblage (= 137 specimens) is composed by *Terraia decarinata* sp. nov. (67.88%), followed by *Relogiicola delicata* gen et sp. nov. (9.50%), *Palaeomutela australis* sp. nov. (4.38%), and *Palaeomutela platinensis* (Reed) (0.73%), plus 17.52% of undetermined shells. The second assemblage (= 32 specimens) is dominated by *Terraia* cf. *T. decarinata* sp. nov. (56.25%), followed by *Terraia decarinata* sp. nov. (9.37%), *Palaeomutela platinensis* (Reed) (6.25%), and 28.13% of poorly preserved, undetermined shells. The third assemblage (= 35 specimens) includes *Palaeomutela australis* sp. nov. (51.43%), *Relogiicola delicata* gen et sp. nov. (11.43%), and *Palaeomutela platinensis* (Reed) (2.86%), plus 34.28% of undetermined specimens. These assemblages are almost monospecific, and represented by bivalves of the same ecological guild (*i.e.*, shallow burrowers, suspension feeders), suggesting high environmental stress. All studied assemblages yielded *Palaeomutela* Amalitzky, a typical Late Paleozoic, cosmopolitan, freshwater bivalve. Notably, both *Relogiicola* gen. nov. (Pachydomidae Fischer) and *Terraia* Cox (Crassatellacea Ferussác) that also occur in association with *Palaeomutela* Amalitzky have affinities with bivalves recorded in the underlying units of the Passa Dois Group. This shows that some endemic genera that evolved *in situ* in the Paraná Basin have adapted to live under limnic conditions. In the three bivalve assemblages, typical species found in the basal and mid portion of the Serrinha Member [*Leinzia similis* (Holdhaus), *Oliveiraia pristina* (Reed), *Cowperesia emerita* Mendes, *Terraia curvata* (Reed) and *T. altissima* (Holdhaus)] were not recorded, indicating a major faunal

turnover in the molluscan assemblages. The bivalve assemblages are securely recorded in sedimentary strata above the last occurrences of *Terraia altissima* (Holdhaus), and *Cowperesia emerita* Mendes in the Rio do Rasto Formation. In the Gai-As Formation, Huab Basin, Namibia, these species occur in the Wordian-Capitanian limit, Guadalupian. Therefore, the assemblages containing *Palaeomutela* Amalitzky should be younger than those recording *Terraia altissima* (Holdhaus), and *Cowperesia emerita* Mendes in the Rio do Rasto Formation, and are probably Capitanian in age. Shells of *Palaeomutela* Amalitzky are also found in the lower Beaufort Group of African sedimentary basins (South Africa, Tanzania, Zimbabwe, and Zambia). These records may correspond to the maximum paleobiogeographic expansion of *Palaeomutela* Amalitzky within the western Gondwana, during the Late Permian.

Keywords: Permian, Rio do Rasto Formation, Paraná Basin, *Palaeomutela*, Gondwana.

LISTA DE FIGURAS

Págs.

- Figure 01-** Distribuição vertical das assembleias de bivalves do Grupo Passa Dois, Permiano. Essa pesquisa trata dos bivalves da transição entre os membros Serrinha e Morro Pelado, e da porção basal deste último. São revisados também algumas formas da assembleia de *Leinzia similis* (i.e., *Leinzia* Mendes, *Oliveiraia* Mendes). Modificado de Matos et al., (2017). Arcabouço bioestratigráfico de Rohn (1994). **18**
- Figure 02-** Localização das ocorrências de bivalves não marinhos permianos do Gondwana. Explicação: 1. Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná (REED, 1935; MENDES, 1954); 2. Formação Brenton Loch, Grupo Lafonia (STONE, 2012; SIMÕES et al., 2012); 3. Formação Mount Glossopteris, Ohio Range (BRADSHAW, 1984); 4. Formação Koonap, Grupo Beaufort, Bacia do Karoo (SHARPE, 1852; JONES, 1890a; AMALITZKY, 1895); 5. Middle Madumabisa Mudstone, Bacia Mid-Zambezi Bond, (BOND, 1946); 6. Lower Madumabisa Mudstone, Bacia Luangwa (BOND, 1954); 7. Formação Ruhuhu, Grupo Songea, Bacia Ruhuhu (JONES, 1890b; COX, 1932); 8. Formação Taru, Bacia Duruma (WIER, 1938); 9. Camadas Calcárias, Bacia Morondava (COX, 1936); 10. Formação Raniganj, Grupo Damuda, Bacia Raniganj (SILANTIEV, et al., 2015). Dados segundo Silantiev (2013). Base cartográfica, de acordo com Scotese (2002). **22**
- Figure 03-** Seção colunar mostrando a transição entre os membros Serrinha e Morro Pelado, Formação Rio do Rasto, na Serra do Espigão, Estado de Santa Catarina (Modificado de ALESSANDRETTI et al., 2016). **35**
- Figure 04-** Seções colunares dos afloramentos portadores dos fósseis da passagem entre os membros Serrinha e Morro Pelado, destacando o intervalo com as assembleias de bivalves estudadas. Adaptado de Rohn (1994). Vide pagina 23 para a legenda. **37**
- Figure 05-** Mapa geológico das áreas de ocorrência dos fósseis, nos municípios de Cândido de Abreu, Prudentópolis e Paulo Frontin, Estado do Paraná, indicando a localização dos afloramentos 1, 2 e 3 (vide Tabela 02 para as coordenadas). **39**
- Figure 06-** Pelitos fossilíferos da Formação Rio do Rasto, afloramento 1, Tijuco Preto, BR-277, km 290, porção basal do Membro Morro Pelado. A-B. Argilito arenoso, maciço, avermelhado, de onde provém a maioria das conchas de bivalves aqui descritos. Em trabalho de campo realizado em Abril de 2018, constatou-se que este afloramento está destruído (vide Fig. 07, a seguir). Escala= 8 cm. **40**
- Figure 07-** Aspecto geral do afloramento 1, na localidade de Tijuco Preto, BR-277, km 290, porção basal do Membro Morro Pelado, em Abril de 2018. Os lamitos fossilíferos afloravam junto a estrada (seta) que foi retificada. **40**
- Figure 08-** Afloramento 4, BR-373, Km 277, Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Estado do Paraná. Porção basal do afloramento exibindo siltito cinza-esverdeado típico do Membro Serrinha. Porção superior constituída de arenito fino, alaranjado. Escala= 2m. **41**
- Figura 09-** Afloramento 4, BR-373, Km 277, Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Estado do Paraná. Fragmentos de conchas de bivalves dispostos caoticamente (seta) em matriz de arenito fino, acinzentado. Escala= 5cm. **41**

- Figura 10-** Espécime de bivalve da Formação Rio do Rasto, *Terraia decarinata* sp. nov., molde interno, proveniente do afloramento 1 (vide Tabela 02). Note as fraturas radiais. Escala= 1 mm. **43**
- Figura 11-** Espécime de bivalve da Formação Rio do Rasto, *Terraia decarinata* sp. nov., molde interno, proveniente do afloramento 1 (vide Tabela 02). Note o achatamento lateral da concha por compressão. Escala= 1 mm. **44**
- Figura 12-** Esquema demonstrando a estrutura da charneira e formas dos dentes nos representantes do gênero *Palaeomutela* Amalitzky, segundo Silantiev (2014). Elementos da charneira: (ha) porção anterior; (hu) área umbonal; (hp) porção posterior; (hp/pr) parte proximal da porção posterior; (hp/d) parte distal da porção posterior. Elementos da valva: (dm) margem dorsal; (lg) sulco ligamentar; (u) umbo. Formas e arranjos dos dentes: (1) nodulares irregular uniserial; (2) lamelar reto; (3) nodulares irregular biserial; (4) em forma de Y; (5) lamelar curvado; (6) em forma de Y, refletido espelhadamente, no plano vertical; (7) em forma de λ; (8) em forma de X; (9) em forma de Y, refletido espelhadamente, no plano vertical com um ramo adicional; (10) em forma de Y, refletido espelhadamente, no plano vertical com fragmentação do ramo; (11) formato bumerangue; (12) biserial horizontal; (13) uniserial horizontal. Modificado de Silantiev (2014). **45**
- Figura 13-** *Terraia decarinata*, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. Fórmula dentária empregada para descrição dos dentes na charneira de bivalves Crassatellacea Ferussac (= Ordem Carditida Dall), segundo Boyd e Newell (1968) e Runnegar e Newell (1971). Explicação: I: dente; O: fosseta. **46**
- Figura 14-** *Palaeomutela platinensis* (Reed), moldes internos, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Vista dorsal, valva esquerda, DZP-20179, mostrando a placa da charneira. B- Mesmo espécime em A, vista lateral, note e a dentição pseudotaxodonte (seta). C- Concha articulada, URC MB. 414-9 (paratipo), observe as cicatrizes dos músculos adutor e protractor anteriores (seta). D- Mesmo espécime em C, com detalhes da placa da charneira. E- Vista dorsal, valva esquerda, URC MB. 334-2, note a dentição pseudotaxodonte. G- Mesmo espécime em E, vista lateral. H- Vista dorsal, valva direita, URC MB. 334-1 (neotipo), repare as cicatrizes dos músculos adutor anterior (seta) e protractor anterior (seta) bem desenvolvidos. F- Mesmo espécime em H, vista lateral, note a extensão da placa da charneira (seta). Escala= 5mm. **50**
- Figura 15-** *Palaeomutela platinensis* (Reed), Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Valva esquerda, charneira com dentes nodulares, irregulares, unisseriais e bisseriais, lamelares retos e, em forma de “bumerangue”. B- Valva direita, demonstrando cicatrizes dos músculos adutor e protractor anteriores. C- Valva esquerda, charneira com dentes nodulares, irregulares, unisseriais e bisseriais, e dentes em forma de “bumerangue”. Note as cicatrizes dos músculos adutor e protractor anteriores. D- Valva esquerda, fragmentada, mostrando parte da charneira, com dentes nodulares, irregulares, unisseriais e lamelares curvos. Escala= 5mm. **51**
- Figura 16-** Diferenças morfológicas entre as charneiras de *Palaeomutela* Amalitzky, Permiano, bacias de Pechora, Dvina-Mezen, Volga-Ural e Norte do Cáspio, Rússia. As conchas estão silicificadas. Modificado de Silantiev (2014), originalmente sem escala. **51**
- Figura 17-** *Palaeomutela australis* sp. nov., moldes internos, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A-B, Molde interno da valva esquerda, DZP-20180 (holótipo), mostrando a área da charneira. C-D, Molde interno, valva direita, DZP-20178, com charneira mal preservada. Note a extensão da linha de comissura na margem dorsal. E- Molde interno de valvas conjugadas, DZP-20177. F- Molde interno, valva esquerda, URC MB. 415-1, com a área da charneira mal preservada. Escala= 5mm. **54**

Figura 18- *Palaeomutela australis* sp. nov., Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Valva esquerda, fragmentada, charneira com dentes nodulares, irregulares, unisseriais e em forma de “bumerangue”; dentes lamelares retos, nodulares, irregulares, unisseriais e bisseriais na margem posterior. Observe a dentição pseudotaxodonte bem marcada. B- Valva direita, com cicatriz do musculo adutor anterior reniforme. C- Valva esquerda, charneira com dentes nodulares, irregulares, unisseriais, lamelares retos e em forma de “bumerangue”. Escala= 5mm. **55**

Figura 19- *Terraia decarinata* sp. nov., Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil, note a carena umbonal pouco marcada em todos os espécimes. A-C, Molde interno, valvas articuladas fechadas, note o dente cardinal triangular (seta), bem desenvolvido, ladeado por duas fossetas (setas), DZP-20127 (holótipo), GP/IT-1332a (parátipo), DZP-20164A, respectivamente. D- Molde externo, valva esquerda, GP/IT-1332c, mostrando ornamentação com linhas de crescimento irregularmente espaçadas. E- Molde composto, valva esquerda, URC MB. 334-21. F- Molde composto, valva direita, URC MB. 334-22, exibindo a cicatriz do musculo adutor anterior, arredondada e as cicatrizes dos músculos retrator e protractor anteriores (setas). Escala= 5mm. **59**

Figura 20- *Terraia decarinata* sp. nov., Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Valva conjugada, molde composto, charneira com dente cardinal triangular e dentes laterais bem desenvolvidos. B- Valva conjugada, molde composto, note a sobreposição (= *valve overlap*) da valva direita em relação ao umbo da valva esquerda. C- Valva conjugada, molde composto, charneira com dente cardinal triangular bem desenvolvido (seta), dentes laterais não preservados. D- Valva esquerda, molde externo, fragmentado, repare as linhas de crescimento irregularmente espaçadas. E- Valva esquerda, molde composto, charneira com dente cardinal triangular bem desenvolvido (seta), note a cicatriz do musculo protractor pedial anterior (seta). F- Valva direita, molde composto, observe as cicatrizes musculares (adutor, protractor e retrator anteriores) (setas). Escala= 5mm. **60**

Figura 21- *Terraia* cf. *T. decarinata* sp. nov., Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil, exibindo conchas muito mal preservadas, especialmente em decorrência da compactação (fraturas por compressão). A- Molde composto, valva esquerda, URC.MB 334-10; B- Molde interno, valva direita. C- Molde externo, valva direita, mostrando ornamentação. D- Molde composto, valva esquerda, URC.MB 334-13. E- Molde composto, valva esquerda, URC.MB 334-14. F- Molde composto, valva esquerda, URC.MB 334-15. Escala= 5mm. **61**

Figura 22- *Leinzia similis* (Holdhaus), Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Molde composto da valva esquerda, DGP/7-88, destacando a fosseta triangular. B- Molde composto, valva direita, DZP-20417, com dente triangular bem desenvolvido. C- Molde composto, valva direita, DZP-20416 A, com escudo bem desenvolvido (setas). D- Molde composto da valva direita, DGP/7-88, note a deformação do prolongamento da margem anterior da concha (seta). E- Molde composto, valvas conjugadas, DGP/7-86, exemplar levemente deformado. F- Molde composto, valvas conjugadas, DGP/7-88, note a margem posterior reta da concha em relação a margem posterior encurvada do exemplar exibido em E. Escala= 5mm. **68**

Figura 23- *Leinzia similis* (Holdhaus), Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Valva esquerda, charneira com fosseta triangular bem desenvolvida, observe as cicatrizes musculares. B- Valva direita, charneira com dente triangular bem marcada, sem dentes laterais. C- Valva esquerda, mostrando o prolongamento da margem anterior da concha. Escala= 5mm. **69**

Figura 24- *Leinzia similis* (Holdhaus), Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Molde composto da valva esquerda, DGP/7-88, com fosseta triangular bem desenvolvida. B- Molde de látex do exemplar em A, observe a ausência de dentes laterais na charneira e fosseta triangular bem desenvolvida abaixo do umbo. C- Molde composto da valva direita, DZP-20417, com dente triangular bem desenvolvido. D- Molde de látex do exemplar em C, repare a ausência de dentes laterais na charneira. E- Mesmo exemplar em A, destacando as cicatrizes dos músculos adutor, protractor e retrator pedial anteriores (setas). F- Mesmo exemplar em E, mostrando detalhes das cicatrizes musculares. G- Molde externo da valva esquerda, DGP/7-85, com prolongamento anterior bem preservado. H- Mesmo exemplar em G, note as estrias concêntricas no prolongamento anterior. Escala= 5mm. **70**

Figura 25- Charneira de *Cowperesia anceps* (Reed) (Pachydomidae) para comparação com a de *Leinzia similis* (Holdhaus), Permiano, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, Brasil. A- Valva esquerda silicificada, DZP-1969D, morfologia geral da concha de *Cowperesia anceps* (Reed), Formação Teresina, destacando as cicatrizes dos músculos adutor, protrator e retrator pedial anteriores e posteriores e a linha palial com sinus bem definido. B- Mesmo exemplar em A, mostrando detalhes da charneira com fosseta triangular bem desenvolvida abaixo do umbo e ausência de dentes laterais verdadeiros. Compare estas imagens com os espécimes de *Leinzia similis* Mendes na Figura 20A-D. Escala= 5mm. **71**

Figura 26- *Holdhausiella elongata* (Holdhaus) e *Anhembia froesi* (Mendes), Permiano, formações Serra Alta e Teresina, Bacia do Paraná, Brasil. A, B- *Holdhausiella elongata* (Holdhaus), DZP-20441, concha silicificada, valva esquerda, observe a margem anterior pontiaguda, à semelhança da presente em *Leinzia similis* Mendes. C, D- *Anhembia froesi* (Mendes), DGP/7-91, molde composto, valva esquerda, destacando a margem anterior da concha com *rostrum* bem desenvolvido. Note a diferença com relação à *Leinzia similis* (Holdhaus) na Figura 20G-H, a despeito da semelhança na inserção do músculo adutor anterior. Explicação: aa= músculo adutor anterior. Escala= 5mm. **71**

Figura 27- *Relogiicola delicata* gen et sp. nov., Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil, ressaltando a charneira (setas) com um dente triangular bem desenvolvido e a fosseta correspondente (setas); margem dorsal com uma expansão alar bem marcada da concha (setas). A- Molde composto, valva esquerda, GP/1T-1352A (holótipo). B- Molde composto, valva esquerda, parátipo, DZP-20232, note a ornamentação. C- Esquema do holótipo em A. D- Molde composto, valva esquerda, DZP-20183A. E- Molde composto, valva direita, parátipo, GP/1T-1332a. F. Contraparte do mesmo espécime em E, note a expansão da margem dorsal da concha (seta). Escala= 5mm. **75**

Figura 28- *Oliveiraia pristina* (Reed), Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Molde interno, valva direita, DZP-20360, note a cicatriz do protrator pedial anterior e linha palial (setas). B- Molde interno, valva direita, DZP-20361, observe a cicatriz do músculo adutor anterior (seta) bem preservada. C, D- Fragmento de concha silicificada, valva direita, DZP-20360, repare o dente triangular bem desenvolvido, destacado na imagem em D. E, F- Molde interno, valva direita, DZP-20359, note a charneira com dente triangular bem desenvolvido (seta) e cicatriz do músculo adutor posterior (seta) preservada, destacada em F. G, H- Molde interno, valva esquerda, DZP-20362, note o sinus palial (seta) bem preservado. Explicação: nl: ninfa ligamentar; u: umbo. Escala= 5mm. **79**

Figura 29- *Oliveiraia pristina* (Reed), Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- valva direita, molde interno, charneira com dente cardinal triangular bem desenvolvido. B- Molde interno, valva direita, observe a cicatriz do músculo adutor anterior subquadrada e a cicatriz do músculo protrator pedial anterior unida à margem dorsal do músculo adutor. C- Molde interno, valva direita, com linha palial larga, distante da margem ventral. D- Molde interno, valva esquerda, note o sinus palial pequeno, bem desenvolvido. Escala= 5mm. **80**

Figura 30- Principais espécies de bivalves e guildas ecológicas correspondentes, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois. Note o pronunciado decréscimo nas guildas ecológicas, a ausência de bivalves de epifauna e as mudanças na composição faunística. Observe os intervalos de desaparecimento de gêneros característicos das malacofaunas. Explicação: A. (= *Astartellopsis* Beurlen); B. (= *Beurlenella* Anelli et al.); C. (= *Cowperesia* Mendes); L. (= *Leinzia* Mendes); O. (= *Oliveiraia* Mendes); P. (= *Palaeomutela* Amalitzky); R. (= *Relogiicola* gen nov.); T. (= *Terraia* Cox); Lito. (= Litoestratigrafia). Adaptado de Simões et al. (2015). **89**

LISTA DE TABELAS

	Págs.
Tabela 01- Representantes das espécies dos grupos morfológicos reconhecidos por Amalitzky (1895), com base no material fóssil das coleções do Museu Britânico de História Natural (coleção David Fraser) e do Museu da Sociedade Londrina de Geologia (coleção Bain e Rubidge). Os grupos são meramente informais e, portanto, não necessariamente monofiléticos.	25
Tabela 02- Localidade dos afloramentos estudados da Formação Rio do Rasto, Estado do Paraná, Brasil. <i>Datum</i> : Córrego Alegre.	36
Tabela 03- Medidas (mm) para valvas de <i>Palaeomutela platinensis</i> (Reed). Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.	49
Tabela 04- Medidas (mm) para valvas de <i>Palaeomutela australis</i> sp. nov. Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.	53
Tabela 05- Medidas (mm) para valvas de <i>Terraia decarinata</i> sp. nov. Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.	58
Tabela 06- Medidas (mm) para valvas de <i>Leinzia similis</i> Mendes. Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.	68
Tabela 07- Medidas (mm) para valvas de <i>Relogiicola delicata</i> gen et sp. nov. Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.	74
Tabela 08- Medidas (mm) para valvas de <i>Oliveiraia pristina</i> Mendes. Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.	78
Tabela 09- Composição taxonômica da assembleia de bivalves <i>Terraia decarinata</i> , localidade de Tijucu Preto, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil.	84
Tabela 10- Características tafonômicas das conchas dos bivalves da assembleia <i>Terraia decarinata</i> , localidade Tijucu Preto, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. Explicação: Co., concordante; Per., perpendicular; C-up, Convexidade para cima; C-do., Convexidade para baixo; Art., Articulado; Spl., Aberto; Cl., Fechado; Des., Desarticulado; R., valva direita; L., valva esquerda.	84
Tabela 11- Composição taxonômica da assembleia de bivalve <i>Terraia T. cf. decarinata</i> , estrada PR-239, km 9.7, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil.	85
Tabela 12- Características tafonômicas de conchas de bivalves da assembleia <i>Terraia cf. T. decarinata</i> , PR-239, km 9.7, localidades de Candido de Abreu-Manuel Ribas, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. Explicação: Co., concordante; Per., perpendicular; C-up, Convexidade para cima; C-do., Convexidade para baixo; Art., Articulado; Spl., Aberto; Cl., Fechado; Des., Desarticulado; R., valva direita; L., valva esquerda.	86
Tabela 13- Composição taxonômica da assembleia de bivalves <i>Palaeomutela australis</i> , estrada PR-153, km 4.4, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil.	86

Tabela 14- Características tafonômicas das conchas de bivalves da assembleia *Palaeomutela australis*, PR-153, km 4.4, localidades de Rondinha-Paulo Frontin, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. Explicação: Co., concordante; Per., perpendicular; C-up, Convexidade para cima; C-do., Convexidade para baixo; Art., Articulado; Spl., Aberto; Cl., Fechado; Des., Desarticulado; R., valva direita; L., valva esquerda. **87**

SUMÁRIO

	Págs.
1. INTRODUÇÃO	17
1.1. DELIMITANDO O PROBLEMA E OBJETIVOS	19
1.2. ESCOPO DA PESQUISA PROPOSTA	20
2. BIVALVES NÃO MARINHOS DO GONDWANA...	21
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS DA UNIDADE...	32
4. MATERIAL & MÉTODOS	36
4.1. PROCEDÊNCIA DO MATERIAL FÓSSIL	36
4.2. REPOSITÓRIO	42
4.3. ESTADO DE PRESERVAÇÃO E LIMITAÇÕES DO MATERIAL EM ESTUDO	42
4.4. PREPARAÇÃO E MOLDAGEM DOS ESPÉCIMES	43
4.5. FOTODOCUMENTAÇÃO	44
4.6. CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA E PALEOECOLÓGICA	45
4.7. TERMINOLOGIA TAFONÔMICA	46
5. RESULTADO	47
5.1. SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA	47
6. DISCUSSÃO	81
6.1. ASSEMBLEIAS DE BIVALVES...	81
6.2. PALEOECOLOGIA E MUDANÇAS FAUNÍSTICAS	87
6.3. IDADE, BIOCORRELAÇÃO E O GRANDE EVENTO...	91
7. CONCLUSÕES	92
8. REFERÊNCIAS	95

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das faunas de bivalves que floresceram nos ambientes continentais ou parálicos de águas doces ou salobras do Gondwana sul-americano, especialmente do Guadalupiano da Bacia do Paraná, referente à parte superior do Grupo Passa Dois, Brasil, é ainda precário. Esta situação é diversa daquela observada na África do Sul (SHARPE, 1852; JONES, 1890a; AMALITZKY, 1895; BOND, 1954), África Central (JONES, 1890b; HIND, 1903; COX, 1932; 1936; WIER, 1938), Antártica (BRADSHAW, 1984) e Ilhas Falklands/Malvinas (SIMÕES et al., 2012), cujas faunas são relativamente bem conhecidas do ponto de vista taxonômico. A atualização da compilação de dados sobre os bivalves do Grupo Passa Dois (*i.e.*, formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto) em Simões e Fittipaldi (1987) indica que pelo menos 60 estudos (*i.e.*, teses/dissertações, artigos, capítulos de livros) foram apresentados e/ou publicados. Notavelmente, destes apenas cinco (8,3%) tratam mais especificamente dos bivalves do Membro Morro Pelado, da Formação Rio do Rasto (REED, 1935; BEURLEN, 1954; MENDES, 1954; ROHN, 1988, 1994). Em outras palavras, os bivalves deste intervalo não receberam a devida atenção, dada sua importância paleoambiental e para biocorrelações interbaciais. De fato, embora conhecidos desde Reed (1935), bivalves tipicamente límnicos do Grupo Passa Dois foram formalmente estudados do ponto de vista da sistemática paleontológica, pela última vez, em Mendes (1954), isso é, mais de sessenta anos atrás. O mesmo não ocorre com os bivalves do Membro Serrinha, descritos e/ou revisados em Runnegar e Newell (1971), David (2010), David et al. (2011) e Simões et al. (2015, 2017). Portanto, historicamente existe uma lacuna nos estudos taxonômicos, tafonômicos e paleoecológicos dos bivalves do Grupo Passa Dois (Fig. 1), os quais estiveram voltados às formas ocorrentes nas unidades subjacentes à Formação Rio do Rasto (*i.e.*, formações Teresina e Corumbataí). Isso provavelmente é reflexo da abundância e do estado de preservação das conchas, as quais ocorrem normalmente silicificadas em arenitos bioclásticos ou coquinas na Formação Teresina (vide MENDES, 1952; RUNNEGAR e NEWELL, 1971; SIMÕES et al., 1996; SIMÕES e KOWALEWSKI, 1998; NEVES et al., 2010, 2011) ou em concreções carbonáticas na Formação Serra Alta, subjacente (MARANHÃO e PETRI, 1996; SIMÕES et al., 2000; BONDIOLI et al., 2015; WARREN et al., 2015; MATOS et al., 2017a).

CRONO	LITOESTRATIGRAFIA		ASSEMBLEIAS DE BIVALVES	SISTEMA DEPOSICIONAL	CONDIÇÕES AMBIENTAIS	
	GRUPO	FORMAÇÃO				MEMBRO
PERMIANO	LOPINGIANO	RIO DO RASTO	<i>Palaeomutela australis</i>	SISTEMA FLUVIAL, DELTAICO E EÓLICO	água doce, oxigenado, siliciclastico	
			<i>Terraia decarinata</i>			↑
	GUADALUPIANO	SERRINHA	<i>Leinzia similis</i>		MAR INTERIOR CONFINADO	
			<i>Terraia curvata</i>			
	ROADIANO	TERESINA	<i>Pinzonella neotropica</i>		MAR INTERIOR CONFINADO	litorâneo, salinidade variável, oxigenado, siliciclastico/ carbonatico
			<i>Pinzonella illusa</i>			
	KUNGURIANO	SERRA ALTA	<i>A. froesi</i>		MAR INTERIOR CONFINADO	costa afora, disóxico/anóxico, siliciclastico
	WORLDIANO	IRATI	ASSISTÊNCIA		MAR INTERIOR CONFINADO	costa afora, anóxico/disóxico, carbonatico/ siliciclastico
			TAQUARAL			
CAPITANIANO	WUCHIAPINGIANO					

Figura 01. Distribuição vertical das assembleias de bivalves do Grupo Passa Dois, Permiano. Essa pesquisa trata dos bivalves da transição entre os membros Serrinha e Morro Pelado, e da porção basal deste último. São revisados também algumas formas da assembleia de *Leinzia similis* (i.e., *Leinzia Mendes*, *Oliveiraia Mendes*). Modificado de Matos et al. (2017b). Arcabouço bioestratigráfico de Rohn (1994) e Ferreira-Oliveira e Rohn (2010).

A despeito dos esforços de Rohn (1988, 1994) em determinar com melhor precisão o posicionamento estratigráfico e a distribuição faciológica das assembleias fósseis contendo bivalves do Membro Morro Pelado, avanços no conhecimento taxonômico não ocorrem desde Mendes (1954). Conseqüentemente, pouco é sabido sobre a composição taxonômica, afinidades e significado paleoambiental e paleogeográfico das assembleias de bivalves límnicos encontradas na Formação Rio do Rasto. As recentes descobertas e descrições de bivalves nas unidades mais basais do Grupo Passa Dois, incluindo as formações Irati e Serra Alta (BONDIOLI et al., 2015; WARREN et al., 2015, MATOS et al., 2017a, b) contribuíram para ampliar ainda mais esse viés analítico. Mas, qual a importância e implicações geológicas e paleontológicas das assembleias da Formação Rio do Rasto, do ponto de vista da sistemática da malacofauna do Grupo Passa Dois?

1.1. DELIMITANDO O PROBLEMA E OBJETIVOS

As assembleias de bivalves do Grupo Passa Dois (Fig. 01) compreendem capítulo à parte na história evolutiva da Classe Bivalvia (RUNNEGAR e NEWELL, 1971; WESSELINGH, 2007). Isso se deve ao fato da evolução das mesmas ter ocorrido *in situ*, com alto grau de endemismo, em associação com as variações do nível do mar e as mudanças paleogeográficas que acompanharam o progressivo isolamento geográfico da Bacia do Paraná, durante o Permiano (BEURLEN, 1954; RUNNEGAR e NEWELL, 1971; SIMÕES et al., 1998). Esses autores e Stanley (1979, 1990) enfatizaram a semelhança entre o processo de radiação adaptativa dos moluscos do Grupo Passa Dois, após a deposição dos folhelhos anóxicos da Formação Irati, e a história evolutiva dos moluscos miocênicos do sudeste e centro da Europa (vide DAVID, 2014). Os bivalves permianos da Bacia do Paraná têm sido citados, também, como o mais antigo exemplo conhecido de evolução *in situ* de membros da Classe Bivalvia em bacias sedimentares interiores (WESSELINGH, 2007). Entretanto, no caso específico da Bacia do Paraná, o real cenário dessa evolução *in situ* é ainda difícil de ser compreendido, pois muitas espécies da porção superior do Grupo Passa Dois permanecem não descritas. Os estudos de Wier (1945), Bradshaw (1984), Brand et al. 1993, Silantiev (2014, 2016), Silantiev et al. (2015), dentre diversos outros, demonstraram que os gêneros *Palaeomutela* Amalitzky, *Palaeonodonta* Amalitzky, são encontrados, tipicamente, em sucessões sedimentares continentais (fluviais/lacustres) e, portanto, diagnósticos de condições de águas doces a ligeiramente

salobras. Desse modo, esses bivalves podem constituir importante ferramenta para as análises paleoambientais.

Durante a realização da pesquisa, houve também a oportunidade de estudar táxons ainda pouco conhecidos ocorrentes no Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto, especialmente os gêneros *Leinzia* Mendes e *Oliveiraia* Mendes, cujas afinidades até o momento são pouco claras.

No contexto acima, portanto, a presente Dissertação de Mestrado visa contribuir para ampliar o conhecimento taxonômico e paleoambiental dos bivalves do Grupo Passa Dois, especialmente dos membros Serrinha e Morro Pelado, da Formação Rio do Rasto, discutindo suas implicações evolutivas e paleogeográficas. Assim sendo, o estudo prevê (1) a descrição formal dos bivalves da transição Serrinha/Morro Pelado, Formação Rio do Rasto; (2) a revisão e redescricao dos gêneros *Leinzia* Mendes e *Oliveiraia* Mendes, Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto e (3) discussão das implicações paleoambientais, paleogeográficas e evolutivas dos dados taxonômicos obtidos. Cabe salientar que esses bivalves representam, maiormente, formas ainda pouco conhecidas do ponto de vista da sistemática dos moluscos do Grupo Passa Dois.

1.2. ESCOPO DA PESQUISA PROPOSTA

Nas décadas de 1980 e 1990, diversas novas localidades fossilíferas contendo bivalves foram descobertas pela Profa. Dra. Rosemarie Rohn, (IGCE/UNESP), na Formação Rio do Rasto, nos estados do Paraná e Santa Catarina, sul do Brasil. De particular importância foram as descobertas de bivalves referentes às assembleias contendo representantes da Família Palaeomutelidae Lahusen, incluindo o gênero *Palaeomutela* Amalitzky. Embora não formalmente descritos, segundo as normas do Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN, 1999), alguns nomes científicos foram aplicados a esses bivalves, circulando livremente na literatura paleontológica, como se fossem válidos. Em realidade, essa confusão teve início em meados da década de 1980, quando os táxons *Nothoterraia* e *Religiicola* foram propostos pela Profa. Rohn em um resumo apresentado ao 9º Congresso Brasileiro de Paleontologia, 1985, Fortaleza, Estado do Ceará. Conforme costume da época, o manuscrito completo referente ao resumo intitulado “*Bivalves da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior) no Estado do Paraná*” (ROHN, 1985, p. 134) foi encaminhado à comissão organizadora do evento, então comprometida com a publicação dos anais do evento. Ocorre que, por diversos motivos

alheios à vontade da autora, esses anais nunca foram publicados e os manuscritos originais submetidos foram devolvidos aos respectivos autores. Por uma série de razões, R. Rohn não retomou os estudos desses bivalves, mas os nomes *Nothoterraia* e *Religiicola* permaneceram na literatura, embora sua descrição formal nunca tenha ocorrido. Porém, os espécimes coletados por ela permaneceram depositados na Coleção Científica do IGc/USP, representando uma importante contribuição ao conhecimento do conteúdo paleontológico do Grupo Passa Dois. Assim sendo, na presente dissertação esses fósseis estão sendo formalmente descritos pela primeira vez.

2. BIVALVES NÃO MARINHOS DO GONDWANA: BREVE REVISÃO HISTÓRICA

Ao contrário das sucessões carboníferas e permianas europeias, especialmente inglesas (*e.g.*, EAGER, 1978, 1987; VASEY, 1994) e russas (*e.g.*, SILANTIEV, 2014, 2016), onde bivalves dulcícolas são elementos comuns e conspícuos das assembleias de invertebrados bentônicos, nas rochas gondwânicas coevas, bivalves de água doce têm ocorrência estratigráfica e geográfica mais pontual. De qualquer modo, bivalves permianos não marinhos já foram reportados em vários setores do Gondwana, como nas camadas basais do Grupo Beaufort, África do Sul (SHARPE, 1852; JONES, 1890a; AMALITZKY, 1895) e seus equivalentes na África Central (JONES, 1890b; HIND, 1903; BOND, 1946; BOND, 1954), Tanzânia (COX, 1932, 1936), assim como em Martaban Grit, Sul de Burma e Taru Grit, no Kenya (WIER, 1938) e na Índia (SILANTIEV et al., 2015). Ocorrem também nas Ilhas Falklands, Formação Brenton Loch (SIMÕES et al., 2012), na Antártica, Formação Mount Glossopteris (BRADSHAW, 1984) e na América do Sul, no Grupo Passa Dois, Brasil (MENDES, 1954; BEURLIN, 1954; ROHN, 1988, 1994). Além disso, na Argentina, *Palaeomutela* Amalitzky ocorre em estratos da Formação Los Rastros (FRENGUELLI, 1945), do Triássico Médio/Superior, na Bacia Ischigualasto-Villa Unión (FRENGUELLI, 1945; BARRIENTOS, 2014).

A seguir são comentados os principais estudos já realizados com bivalves gondwânicos dulcícolas, onde fica evidenciada a carência de dados com relação ao material fóssil brasileiro.

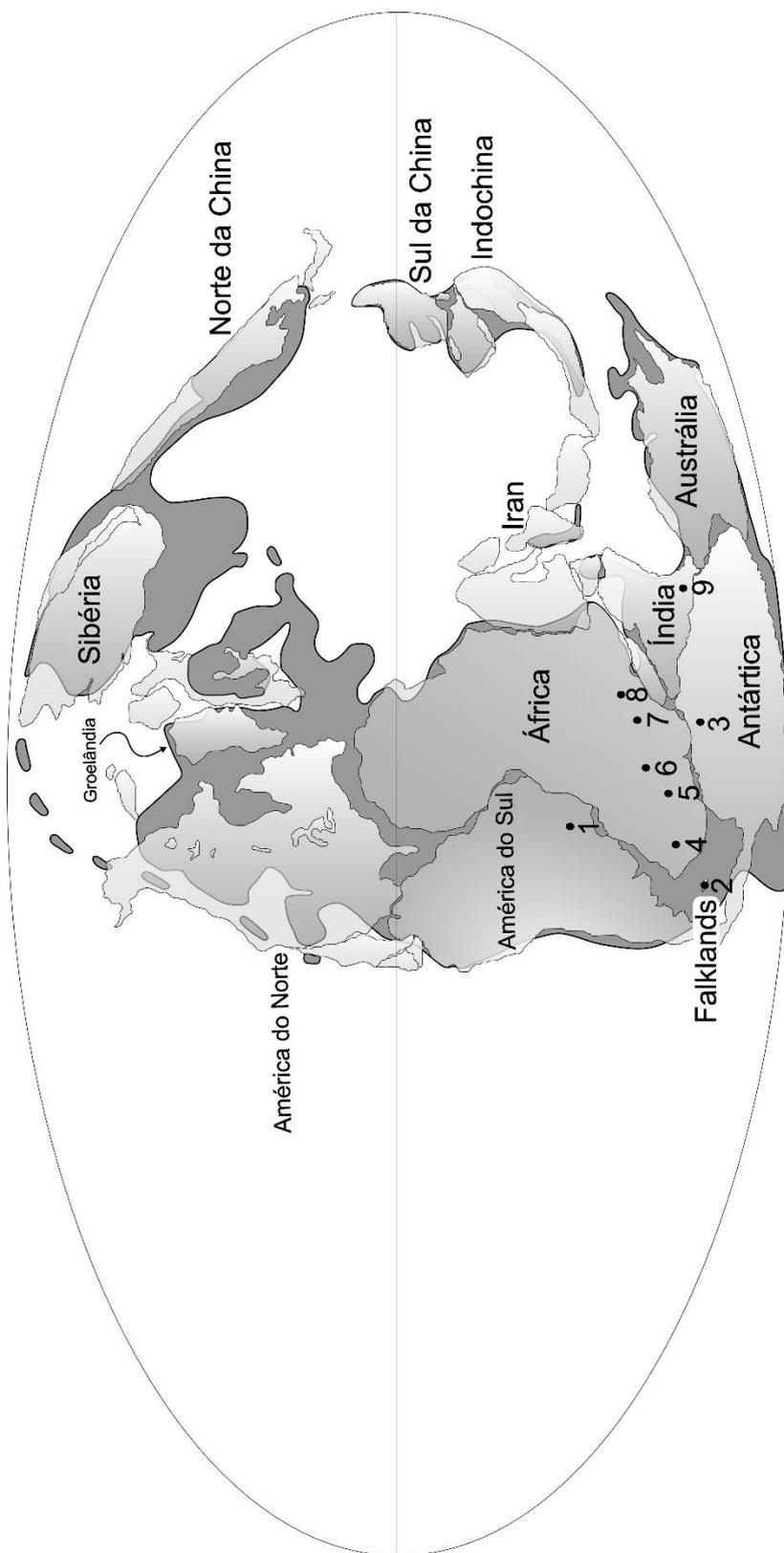


Figura 2. Localização das ocorrências de bivalves não marinhos permianos do Gondwana. Explicação: 1. Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná (REED, 1935; MENDES, 1954); 2. Formação Brenton Loch, Grupo Lafonia (STONE, 2012; SIMÕES et al., 2012); 3. Formação Mount Glossoteris, Ohio Range (BRADSHAW, 1984); 4. Formação Koonap, Grupo Beaufort, Bacia do Karoo (SHARPE, 1852; JONES, 1890a; AMALITZKY, 1895); 5. Middle Madumabisa Mudstone, Bacia Mid-Zambezi Bond, (BOND, 1946); 6. Lower Madumabisa Mudstone, Bacia Luangwa (BOND, 1954); 7. Formação Ruhuhu, Grupo Songea, Bacia Ruhuhu (JONES, 1890b; COX, 1932); 8. Formação Taru, Bacia Duruma (WIER, 1938); 9. Formação Raniganj, Grupo Damuda, Bacia Raniganj (SILANTIEV, et al., 2015). Dados segundo Silantiev (2013). Base cartográfica, de acordo com Scotese (2002).

a- Continente Africano

Sharpe (1852) foi um dos primeiros autores a descrever bivalves gondwânicos de água doce na Bacia do Karoo, em Graaff-Reinet, Cidade do Cabo, África do Sul, atribuindo-os às espécies *Iridina? rhomboidalis* e *Iridina? ovata*. Subsequentemente Jones (1890b) estudou os bivalves da sucessão não marinha da África Central (atualmente Formação Ruhuhu, Grupo Songea, Bacia Ruhuhu), Maramura, noroeste do Lago Nyassa, e África do Sul, Kat River, Eastern Province. Segundo esse autor, os bivalves de Maramura ocorrem em folhelho cinza-esverdeado, na forma de moldes. Em alguns casos, os moldes apresentam um filme escuro (óxido de manganês?) que parcialmente representa restos das conchas fósseis (JONES, 1890b). Os bivalves da África do Sul descritos por este autor foram atribuídos com dúvidas ao gênero *Iridina? oblonga*. Jones (1890a) analisou também uma pequena coleção de bivalves da “Formação” Karoo (atualmente, Formação Koonap), África do Sul, provenientes de argilito ou folhelho cinza-esverdeado. Jones (1890a) atribuiu os bivalves à espécie *Cyrena? neglecta*, discutindo as diferenças com os descritos por Sharpe (1852), do mesmo gênero, na “Formação” Karoo, em Graaff-Reinet, Cidade do Cabo. Posteriormente, os bivalves sul-africanos estudados por Daniel Sharpe e Rupert Jones foram analisados por Amalitzky (1895) que, além disso, estudou também a coleção de bivalves das “camadas” Beaufort, depositada no Museu Britânico de História Natural e no Museu da Sociedade Geológica de Londres. Nesse estudo, Amalitzky (1895) reconheceu nos bivalves da África Central e sul-africanos caracteres diagnósticos das espécies permianas da Bacia de Oka-Volga, Rússia, referindo-os às seguintes formas:

I- Grupo *Palaeomutela inostranzewi*.

1- *Palaeomutela rhomboidalis* (Sharpe) (camadas Beaufort, Graaf Reinet).

Palaeomutela ovata (Sharpe) (camadas Beaufort, Graaf Reinet).

II- Grupo *Palaeomutela keyserlingi*

Palaeomutela cf. *keyserlingi* Amalitzky

Palaeomutela n. sp., aff. *orthodonta* (folhelho das Minas de Diamantes Kimberley).

Palaeomutela trigonalis Amalitzky

Palaeomutela n. sp., aff. *golowkinskiana* Amalitzky

III- Grupo *Palaeomutela verneuili*

Palaeomutela semilunulata (“camadas” Beaufort, Graaf Reinet).

IV- Grupo *Palaeomutela murchisoni*

Palaeomutela murchisoni (“camadas” Beaufort, Graaf Reinet).

Palaeomutela plana (“camadas” Beaufort, Graaf Reinet).

V- Grupo *Palaeonodonta fischeri*

Palaeonodonta subcastor Amalitzky

Palaeonodonta okensis Amalitzky

Na tabela 01, são apontadas algumas das características morfológicas citadas por Amalitzky (1895) para os grupos acima mencionadas. A partir dessas identificações, Amalitzky (1895) sugeriu idade permiana superior para as “camadas” Beaufort, comentando que seus ancestrais possivelmente emigraram da Rússia, através da sucessão sedimentar gondwânica da Índia.

Aproximadamente oito anos após o estudo de Amalitzky (1895), Hind (1903) examinou amostras dos campos de carvão de Sengwe, das “camadas” Ruhembe, as quais continham diversas conchas de moluscos bivalves mal preservados. Segundo ele, as conchas poderiam ser atribuídas à espécie *Palaeomutela neglecta* (Jones), pertencente ao grupo *Palaeomutela keyserlingi* de Amalitzky (1895), para os bivalves não marinhos das “camadas” Karoo, África do Sul.

Feições morfológicas dos grupos	Espécies			
	<i>Palaeomutela verneuili</i>	<i>Palaeomutela keyserlingi</i>	<i>Palaeomutela inostranzewi</i>	<i>Palaeomutela murchisoni</i>
Dimensão	Grande	Pequeno	Médio	Diversos tamanhos.
Forma	Transversal, oval, alongado, achatado.	Alongado, retangular, oval, trigonal, convexo.	Alongado, romboidal, retangular, triangular, oval, muito convexo.	Romboidal
Umbo	Volumoso, levemente proeminente.	Moderadamente proeminente.	Moderadamente proeminente.	Muito proeminente
Carena umbonal	----	Bem marcada, estendendo-se do umbo ao ângulo inferior.	Bem marcada, estendendo-se diagonalmente do umbo até o ângulo posterior inferior.	Marcada, às vezes pontiaguda, posteriormente côncava, estende-se diagonalmente até o ângulo inferior da concha.

Tabela 01. Representantes das espécies dos grupos morfológicos reconhecidos por Amalitzky (1895), com base no material fóssil das coleções do Museu Britânico de História Natural (coleção David Fraser) e do Museu da Sociedade Londrina de Geologia (coleção Bain e Rubidge). Os grupos são meramente informais e, portanto, não necessariamente monofiléticos.

Cox (1932), por sua vez, descreveu bivalves coletados por G.M. Stockley durante expedição aos campos de carvão de Ruhuhu, leste do lago Nyassa (= Formação Ruhuhu, Grupo Songea, Bacia Ruhuhu), Tanzânia. Os bivalves foram encontrados em dois horizontes distintos, o mais basal pertencente a porção superior das “camadas” Ruhuhu, que consistem em alternância entre calcários e folhelhos, localmente recobrimdo os depósitos de carvão do Carbonífero Superior, e a porção superior caracterizada pelas “camadas” Manda, próximas ao topo do Sistema Karoo (COX, 1932).

Os bivalves descritos por Cox (1932) foram atribuídos ao gênero *Palaeomutela* Amalitzky (1892), já reportados na África Central e do Sul. Os bivalves foram referidos a cinco espécies, ou seja, *Palaeomutela rhomboidalis* (Sharpe), *P. oblonga* (Jones), *P. subparallela* Amalitzky, *P. neglecta* (Jones) e *P. rectodonta* Amalitzky. Cox (1932) chamou a atenção para o fato dos bivalves não terem sido encontrados nos depósitos de carvão do Grupo Ecca, estratigraficamente situados abaixo do Grupo Beaufort, sugerindo que esses moluscos

dulcícolas, tanto os do gênero *Palaeomutela* Amalitzky, quanto do gênero *Palaeanodonta* Amalitzky, são encontrados na porção inferior do Grupo Beaufort, Supergrupo Karoo, atualmente equivalente às formações Middleton, Abrahms-Krall e Koonap (veja CATUNEANU et al., 2005; RUBIDGE, 2005; SELDEN e NUDDS, 2011), Permiano Superior.

Para Cox (1932), a monografia de Amalitzky (1895) constitui o mais relevante estudo dos bivalves dulcícolas do Permiano da Bacia do Karoo que, conforme visto acima, reconheceu espécies idênticas às da sucessão sedimentar do Paleozoico Superior da Europa. Entretanto, o autor criticou a abordagem taxonômica dada por Amalitzky (1895), por propor a divisão dos bivalves da Bacia do Karoo em um grande número de espécies (*i.e.*, *splitter*). Nesse sentido, Cox (1932) destacou que duas das espécies encontradas em Tanganyika (*Palaeomutela subparallela* Amalitzky e *P. rectodonta* Amalitzky) possuem, em território russo, ampla distribuição estratigráfica abrangendo todo o Permiano. Entretanto, a maioria das espécies encontradas na África, ocorrem em rochas guadalupianas da Bacia de Oka-Volga.

Sobre possíveis correlações com outros depósitos gondwânicos, Cox (1932) discutiu a ausência desse grupo de bivalves no Paleozoico Superior da Índia. No entanto, citou a presença de *Palaeanodonta okensis* Amalitzky e *P. subcastor* Amalitzky encontradas e descritas por Gregory (1923), no sudeste de Burma, assim como três espécies de *Palaeomutela* descritas por Grabau (1924), na província de Fukiena, China, Permiano Superior.

Quatro anos mais tarde, Cox (1936) apresentou os resultados do estudo de uma coleção de bivalves coletados por G.M. Stockley em 1931 nas “camadas” Karoo aflorantes no distrito de Kidodi, território de Tanganyika, atualmente República Unida da Tanzânia, no leste africano. O autor relata diversas espécies de bivalves em dois horizontes estratigraficamente distintos, ou seja, as “camadas” Ruhembe e a “camada” denominada superior. Esses dois horizontes estão separados por uma camada de arenito maciço com cerca de 365m de espessura. Abaixo das “camadas” Ruhembe ocorrem as camadas calcárias, com depósitos de folhelhos carbonosos, calcário silicificado e calcarenito, incluindo um horizonte de bivalves não marinhos, maiormente pertencentes ao gênero *Kidodia stockleyi* Cox. Esse horizonte está situado cerca de 125m do topo da “camada” Ruhembe.

Segundo Cox (1936), o horizonte de bivalves não marinhos das “camadas” Ruhembe pode ser atribuído, com dúvidas, ao Grupo Beaufort inferior, Permiano Médio e Superior. De acordo com Cox (1936), estão presentes as seguintes espécies: *Palaeanodonta subcastor* Amalitzky, *P. paralela* Amalitzky, *P. cf. P. wadei* Cox, *P. stockleyi* Cox, *P. dubia* Amalitzky, *P. astartiformis* Cox, *P. castor* Eichwald, “*Carbonicola*” *tealei* Cox, “*C.*” cf. *C. kidodiensis* Cox, “*C.*” *carinata* Cox e “*C.*” *haughtoni* Cox. Nas “camadas” Calcárias (Ecca ou Beaufort

Inferior), Cox (1936) notou as seguintes espécies: *Palaeanodonta castor* Eichwald, *Palaeomutela? tanganyicensis* Cox e *Kidodia stockleyi* Cox, além de conchas não identificadas. No nível mais basal de ocorrência de bivalves, foram encontrados associados conchas das espécies *Palaeanodonta castor* Eichwald e *Palaeomutela? tanganyicensis* Cox.

Novas informações sobre os bivalves dulcícolas do Permiano africano aparecem somente cerca de 10 anos mais tarde, com os estudos de Bond (1946), no sul de Rhodesia, atualmente República do Zimbábue. Os bivalves haviam sido coletados Molyneux, em 1903, e descritos em uma breve nota por Hind (1903). O autor comenta que, apesar de mal preservados, os fósseis remetidos a ele compunham elementos ainda não registrados nas “camadas” Karoo, no sul da Rhodesia. A coleção continha abundantes bivalves dulcícolas, assim como ostracodes, escamas de peixes, um único espinho da nadadeira de peixe e restos de plantas. Os fósseis são encontrados em calcário micrítico. Bond (1946) informou que os bivalves estariam fragmentados e deformados, estando preservados como moldes. O autor argumentou que os bivalves são muito semelhantes aos descritos por Cox (1932, 1936), principalmente os provenientes de Tanganyika (BOND, 1946). Hind (1903) havia classificado uma das conchas da coleção de Molyneux, como *Palaeomutela keyserlingi* Amalitzky, porém, Cox (1932) já havia comentado que este exemplar se tratava de outra espécie, ou seja: *Palaeomutela neglecta* (Jones). Bond (1946) reconheceu ainda conchas de *Palaeomutela rectodonta* Amalitzky, *Palaeanodonta wadei* Cox, *P. parallela* Amalitzky, *P. subcastor* Amalitzky e *P. castor* Eichwald.

Oito anos depois, Bond (1954) publicou o estudo de uma pequena coleção de bivalves e plantas fósseis dos folhelhos de Madumabisa distrito de Gwembi, norte de Rhodesia, atualmente República de Zâmbia. Segundo o autor, os bivalves foram encontrados em calcários impuros, no vale Siambabala, distrito de Gwembi, entre o Rio Zambezi e o limite da escarpa do platô no norte da Rhodesia. Os bivalves estão preservados como moldes internos e foram atribuídos às espécies *Kidodia coxi* Bond, *Palaeomutela rhomboidalis* (Sharpe) e *Palaeomutela neglecta* (Jones). Além desses, Bond (1954) comentou ainda sobre a possível presença de *Palaeanodonta* sp. Os bivalves estão associados a restos de *Glossopteris indica* Schimper. Para Bond (1954) a malacofauna seria correlata a de camadas similares no sul da Rhodesia, pertencentes à Biozona *Tapinocephalus*, Grupo Beaufort inferior, Permiano Superior, África do Sul.

b- Índia

Silantiev et al. (2015) descreveram, pela primeira vez, os bivalves não marinhos dos depósitos de carvão da Formação Raniganj, bacias Raniganj, Jharia e Karanpura do vale Damodar. No total, Silantiev et al. (2015) descreveram seis novos gêneros, *Gondwanaiadites*, *Bakulia*, *Gangamyia*, *Raniganjelia*, *Gondwanadontella* e *Indonellina*, totalizando 13 espécies referíveis a quatro famílias distintas (Prokopievskiidae, Vokes; Anadontellidae, Silantiev; Naiaditidae, Scarlato e Starobogatov; Senderzoniellidae, Betekhtina). Os autores compararam os bivalves da Formação Raniganj com os não marinhos do leste da Plataforma Europeia e notaram a ausência de formas referíveis aos gêneros *Palaeomutela* Amalitzky e *Palaeanodonta* Amalitzky, que são os principais gêneros de bivalves do Paleozoico Superior da Europa. Esses dois gêneros não estão restritos apenas ao hemisfério Norte, mas ocorrem em diferentes setores do Gondwana. Para Silantiev et al. (2015) esses registros sugerem que havia uma conexão entre Eurásia e Gondwana durante o Permiano. Dados biogeográficos para as faunas de vertebrados do Paleozoico Superior sugerem que, em pelo menos três momentos [a- limite entre o Cisuraliano-Guadalupeano, b- no Lopingiano e c- no limite Lopingiano-Triássico Inferior (Changhsingiano-Induano)], existiram conexões entre a Eurásia e o Gondwana permitindo a migração dos bivalves não marinhos.

c- Antártica

Bradshaw (1984) descreveu, pela primeira vez, os bivalves não marinhos da Formação Mount Glossopteris, Ohio Range, Antártida. A autora classificou os bivalves como *Palaeanodonta fischeri* Amalitzky, devido a charneira edentelosa. Esse gênero foi originalmente descrito na Bacia de Oka-Volga, mas também foi encontrado na Bacia do Karoo, Kenya (veja WIER, 1938; BRADSHAW, 1984). O horizonte com bivalves encontra-se em uma camada próxima do topo da Formação Mount Glossopteris, associado a folhas fragmentadas de *Glossopteris* Brogniart, além de restos vegetais. A aproximadamente 10 km da Formação Mount Glossopteris, na Formação Mount Schopf são registrados conchostráceos do gênero *Leaia* Reed (= *Hemicycloleaia* Raymond), em nível possivelmente correlato aos dos bivalves da Formação Mount Glossopteris. Esse gênero é importante indicador de idade permiana, provavelmente Lopingian, Wuchiapingian (FERREIRA-OLIVEIRA e ROHN, 2010). Os bivalves estão preservados como moldes compostos de valvas articuladas fechadas e, mais

raramente, valvas articuladas abertas (*butterfly*). Bradshaw (1984) comenta ainda que, a despeito da presença de bivalves dulcícolas nos continentes africano e indiano, não há evidências suficientes para determinar as afinidades da fauna de *Palaeanodonta fischeri* da Antártida com as do continente africano, apesar de plausível.

d- Falkland Islands/Ilhas Malvinas

Simões et al. (2012) descreveram uma pequena coleção de bivalves não marinhos da Formação Brenton Loch, Sul, Capitaniano, Choiseul Shore, no leste das Ilhas Falklands. Esses bivalves já haviam sido registrados, mas não descritos, para o Permiano das Ilhas Falklands por Stone e Rushton (2003) e Stone et al. (2005), respectivamente. Segundo os autores, os bivalves ocorrem em siltito/argilito cinza, na porção superior da Formação Brenton Loch, associados a icnofósseis (*Paleophycus*), acima de uma camada de arenito maciço. As conchas estão preservadas articuladas abertas e fechadas e foram referidas à espécie *Palaeanodonta* sp. aff. *P. dubia* Amalitzky. No topo da sucessão, cerca de 1,5 m acima do nível dos bivalves, são encontradas folhas *Glossopteris* sp. bem preservadas. Vale ainda lembrar que, conforme visto anteriormente, o gênero *Palaeanodonta* Amalitzky ocorre também na Bacia do Karoo, África do Sul (AMALITZKY, 1895; COX, 1936; SIMÕES et al., 2012), Antártida (BRADSHAW, 1984). Mais recentemente, contudo, Silantiev (2016), ao descrever o gênero *Hypoanthraconaia* Silantiev comentou que características externas das conchas ilustradas em Simões et al. (2012), assim como no trabalho de Stone (2012) poderiam sugerir que as assembleias de bivalves não marinhos da Formação Brenton Loch consistiriam em diversos morfotipos diferentes ao gênero *Palaeanodonta* Amalitzky. Este autor, comentou ainda, que os bivalves da Formação Brenton Loch possivelmente representariam gêneros endêmicos de relações sistemáticas incertas (SILANTIEV e URAZAEVA, 2016).

e- América do Sul

Brasil

Uma pequena coleção de fósseis de três localidades distintas do Brasil e Paraguai, isso é: Rio Claro e Canoinhas, Santa Catarina, Santo Antônio da Platina, Paraná e entre San José e Valenzuela, Paraguai, foi estudada por Reed (1935). O material dessas localidades foi remetido ao paleontólogo britânico por Eusébio de Oliveira. Na realidade, C. Reed já havia reconhecido

em artigo prévio (REED, 1929), a presença de dois horizontes fossilíferos distintos (*i.e.*, horizonte A e B), com moluscos bivalves no Grupo Passa Dois da Bacia do Paraná, Brasil. Para a localidade de Santo Antônio da Platina, Reed (1935) comenta que há uma fauna de bivalves mal preservados, mas claramente distinta daquela já reportadas para outros horizontes do Grupo Passa Dois. O autor reconheceu, em alguns exemplares, a presença de diversos dentes transversais, referindo-os as espécies *Palaeoneilo platinensis* e *Palaeoneilo?* sp. Reed (1935) notou, também, a semelhança do formato geral das conchas de Santo Antônio da Platina, com a da espécie marinha *Palaeoneilo otamitensis* Trechmann, da Nova Zelândia. Desse modo, classificou o espécime de Santo Antônio da Platina como *Palaeoneilo cf. otamitensis*. Finalmente, o autor descreveu como *Anodontophora morata* uma das conchas desta localidade, comentando, com dúvida, se a linha da charneira estaria desprovida ou não dentes.

Embora Reed (1935) tenha comentado sobre a presença de dentes transversais na charneira de alguns bivalves de Santo Antônio da Platina é importante observar que essas estruturas não estão ilustradas adequadamente no referido artigo. Esse aspecto é relevante porque o mesmo irá ocorrer com o artigo de J.C. Mendes comentado mais abaixo, o que sempre trouxe dúvida sobre a presença ou não de bivalves tipicamente límnicos no Grupo Passa Dois, fato já apontado por outros grupos fósseis como os conchostráceos.

Em artigo sobre as faunas de moluscos bivalves do Grupo Passa Dois, Beurlen (1954) discute a paleogeografia, o paleoambiente e a evolução das assembleias de bivalves da Bacia do Paraná. Segundo o autor, o material coletado por ele nas camadas Esperança, concorda muito bem com os bivalves estudados por Reed (1935). Nos espécimes de Beurlen (1954) a charneira de *Palaeoneilo platinensis* Reed não está preservada, impossibilitando a visualização da dentição taxodonte, observada anteriormente por Reed (1935). De maneira inédita, porém, Buerlen (1954) comenta que, se os dentes transversais estivessem mesmo preservados no material original de Reed (1935), então os bivalves deveriam ser referidos ao gênero *Palaeomutela* Amalitzky e não ao gênero *Palaeoneilo* Hall.

Na concepção de Beurlen, as “camadas” Esperança incluem folhelhos ou argilitos avermelhados maciços equivalentes ao Morro Pelado (BEURLEN, 1954, p. 132), sendo reconhecidas duas assembleias distintas de bivalves. A primeira delas ocorreria na parte inferior das “camadas” Esperança estando os leitos fossilíferos restritos a localidade da Serra do Tigre nas proximidades Mallet, Estado do Paraná. Nessa assembleia considerada de transição foram encontrados por Beurlen (1954) bivalves atribuíveis aos gêneros *Terraiopsis* Beurlen (= *Terraia*), *Leptoterraia* Beurlen e *Oliveiraia* Mendes. Além desses, foram reportados bivalves cujos contornos ovalados e alongados das conchas, concordam perfeitamente com os de

Palaeoneilo platinensis Reed, de Santo Antônio da Platina. Apesar de não ter a charneira preservada, Beurlen (1954) reconheceu que os caracteres externos das conchas coletadas por ele em muito se assemelham aos de *Palaeomutela? tanganyicensis* Cox e *Palaeomutela oblonga* (Jones), das camadas inferiores do Grupo Beaufort, África do Sul e Central. Aspecto importante refere-se a ausência de bivalves do gênero *Leinzia* Mendes nas “camadas” Esperança. Para Beurlen (1954) os bivalves dessas camadas representariam uma fauna empobrecida e reduzida que teria ocupado lagos de água doce. A segunda assembleia, denominada por Beurlen (1954) de a própria fauna das “camadas” Esperança teria distribuição geográfica mais ampla no Paraná, com ocorrências nos municípios de Mallet, Itapará, Prudentópolis e no ramal ferroviário entre Engenheiro Guitierrez e Guarapuava, Estado do Paraná. Beurlen (1954) destaca que nessa assembleia os bivalves estão frequentemente associados a conchostráceos.

Mendes (1954) examinou conchas de moluscos bivalves da Formação Rio do Rasto, Membro Morro Pelado, da mesma localidade estudada por Reed (1935). Apesar do material coletado por Mendes (1954) não apresentar os caracteres da charneira preservados, fósseis coletados em Santa Catarina (localidade Poço Preto), possui dentição taxodonte semelhante à do gênero *Palaeoneilo* Hall. No entanto, para Mendes (1954), o material da Bacia do Paraná deveria ser classificado no gênero não marinho *Palaeomutela* Amalitzky, já reportado por Amalitzky (1895) e Cox (1932, 1936), na África do Sul. Assim, a atribuição a *Palaeomutela* Amalitzky deveu-se mais à ausência de fósseis tipicamente marinhos no Grupo Passa Dois, do que aos caracteres diagnósticos da concha. Importante lembrar que ao propor a espécie *Palaeomutela? platinensis*, Mendes (1954) menciona a presença de dentição taxodonte no exemplar DGM-4326, presente na figura 12 à página 124. Notavelmente, contudo, a ilustração de Mendes (1954) não é boa o suficiente para mostrar tal feição morfológica, o que contribuiu para a histórica dúvida sobre a presença ou não desse gênero no Grupo Passa Dois.

A despeito do estudo não publicado de Rohn (1985), já mencionado no início desse documento, as assembleias de bivalves da Formação Rio do Rasto, contendo possíveis formas de águas doces não foram estudadas do ponto de vista taxonômico, desde Mendes (1954). Os detalhados estudos de geologia regional, estratigrafia e bioestratigrafia realizados por Rohn (1988, 1994) foram importantes por constatar a presença de diversos horizontes contendo bivalves fósseis na Formação Rio do Rasto, determinar de forma mais precisa a distribuição vertical e horizontal de muitos táxons, bem como sua associação a fácies sedimentares distintas. Portanto, os estudos de Rohn (1988, 1994) não tinham como foco a sistemática da fauna de bivalves. Porém, é importante destacar que muitos dos exemplares hoje disponíveis para estudo

foram obtidos nessa época, constituindo importante material adicional ao já estudado por Reed (1935), Beurlen (1954) e Mendes (1954). Conforme poderá ser visto na seção referente à sistemática da fauna, diversos dos exemplares obtidos por Rohn (1988, 1994) foram importantíssimos para a constatação inequívoca da presença de *Palaeomutela* Amalitzky, no Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS DA UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA EM ESTUDO

Na área de estudo, abrangendo os municípios de Prudentópolis, Cândido de Abreu e Paulo Frontin, rochas permianas estão representadas principalmente pelas formações Teresina e Rio do Rasto (Figs. 05), com corpos restritos de rochas básicas da Formação Serra Geral. Essa unidade compreende o pacote sedimentar mais jovem do Grupo Passa Dois, representando a colmatação final do lago/mar da Bacia do Paraná, Brasil, por depósitos continentais, fluviais e eólicos. Tradicionalmente, a unidade é dividida, do ponto de vista litoestratigráfico, nos membros Serrinha, basal, e Morro Pelado, superior (GORDON JR., 1947). A unidade é limitada por contatos transicionais com as formações Teresina, subjacente, e Pirambóia, sobrejacente (WARREN et al., 2008; SCHEMIKO et al., 2014), mas vide Rohn (1994) e referências nesta tese para opiniões distintas quanto ao contato entre essas unidades. A Formação Rio do Rasto apresenta espessuras variáveis, sendo menor nas regiões marginais da bacia e, progressivamente mais espessos em direção ao depocentro (WARREN et al., 2008). Diferenças quanto à espessura e geometria dos corpos de areia e, principalmente, a mudança de coloração dos siltitos cinza, para os siltitos roxo e avermelhado, possibilitam distinguir, em campo, os membros Serrinha e Morro Pelado, respectivamente (WARREN et al., 2008). Contudo, os estratos variam muito regionalmente e as litofácies são relativamente diversas (ROHN, 1994, 2007; MEGLHIORATTI, 2006; WARREN et al., 2008; SCHEMIKO et al., 2014).

O Membro Serrinha apresenta espessuras média em torno de 150 metros e, na sua porção inferior, é representado por alternância de camadas tabulares de arenitos finos, com camadas de siltitos (WARREN et al., 2008). Seu contato basal com a Formação Teresina é transicional, e marcado pela gradual mudança de fácies silticas, para arenosas (VIEIRA, 1973; RICCOMINI et al., 1984; WARREN et al., 2008). O Membro Morro Pelado, por sua vez, com espessura variando entre 80 metros e 150 metros, na Serra do Espigão, no Estado de Santa Catarina, apresenta contato transicional com o Membro Serrinha (LAVINA, 1991; ROHN, 1994; WARREN et al., 2008). A transição entre os membros Serrinha e Morro Pelado (Fig. 03),

representa a gradual progradação de depósitos de planície costeira e frente deltaica sobre depósitos de pro-delta, ocasionalmente retrabalhados por eventos de tempestade (GAMA JR., 1979; WARREN et al., 2008).

De acordo com Warren et al. (2008), no Membro Morro Pelado há predomínio de corpos arenosos, tabulares, lenticulares ou lobados, com espessura variável, lateralmente interdigitados com corpos tabulares de siltitos e argilitos avermelhados. A presença de vegetais fósseis, além de gretas de contração são também comuns (WARREN et al., 2008). Camadas altamente bioturbadas, com fósseis-traço do tipo *Diploclaterion*, *Arenicolites* e *Palaeophycus* são frequentes (WARREN, 2006; WARREN et al., 2008), sugerindo deposição sob condições de águas rasas e oxigenadas. Depósitos de canais distributários ocorrem nas porções superiores da unidade e são caracterizados por corpos de geometria lenticular e base erosiva. Intercalados a estes, ocorrem depósitos de dunas eólicas e lençóis de areia, evidenciando marcante transição para os depósitos predominantemente eólicos da Formação Pirambóia (WARREN et al., 2008). Finalmente, o Membro Morro Pelado sempre foi atribuído a paleoambientes continentais, mas há controvérsias nas interpretações. Para Mendes (1954) a origem é fluvial, em planícies de inundação e lagos. Já Bigarella (1973) identificou depósitos de dunas eólicas e Gama Jr. (1979) considerou-o como planície deltaica. Por sua vez, Lavina (1991) sugeriu deposição em lagos rasos efêmeros em sistema desértico e Rohn et al. (2005) propuseram deposição em sistema de leque aluvial extremamente distal, em condições de clima semi-árido. Finalmente, Warren et al. (2008) consideraram que o Membro Morro Pelado foi gerado em contexto de sistemas deltaicos, gradando para desérticos (vide também SCHEMIKO et al., 2014).

Fósseis de conchostráceos ocorrem na porção basal da Formação Rio do Rasto, evidenciando a influência de paleoambientes dulcícolas (ROHN, 1987, 1988, 1994; ROHN e RÖSLER, 1990; FERREIRA-OLIVEIRA, 2007, 2010). A fauna de bivalves modifica-se substancialmente na unidade, com representantes das assembleias de *Terraia curvata* e *Leinzia similis* nas porções basal e média (ROHN, 1988, 1994; DAVID, 2014; SIMÕES et al., 2015) e predomínio do gênero *Palaeomutela* Amalitzky, nas rochas do Membro Morro Pelado (vide mais adiante).

Nas assembleias de bivalves da porção basal do Membro Serrinha ocorrem *Terraia altissima* (Holdhaus), e *Cowperesia emerita* (Reed), as quais são também encontradas na Formação Gai-as, Bacia de Huab, Namíbia (DAVID et al., 2011), em posição estratigráfica próxima à camadas contendo tufos vulcânicos, cuja datação radiométrica dos grãos de zircão indica idades de $265,5 \pm 2,2$ Ma. (STOLLHOFEN et al., 2000), no limite Wordiano-Capitaniano, Guadalupiano, Permiano.

De acordo com Rohn (1994), a sucessão vertical das assembleias fósseis de bivalves do Grupo Passa Dois (Fig. 1) abrange a passagem Serrinha/Morro Pelado, bem como a porção basal desse último membro. Conforme discussão mais adiante, o principal afloramento estudado, até o momento, aqui designado como “1”, Tijuco Preto (Tabela 02), o qual é constituído de argilito arenoso, maciço e avermelhado (Fig. 06). Segundo Rohn (1994), esse afloramento estaria na transição entre os membros Serrinha e Morro Pelado, ou mesmo na base desse último.

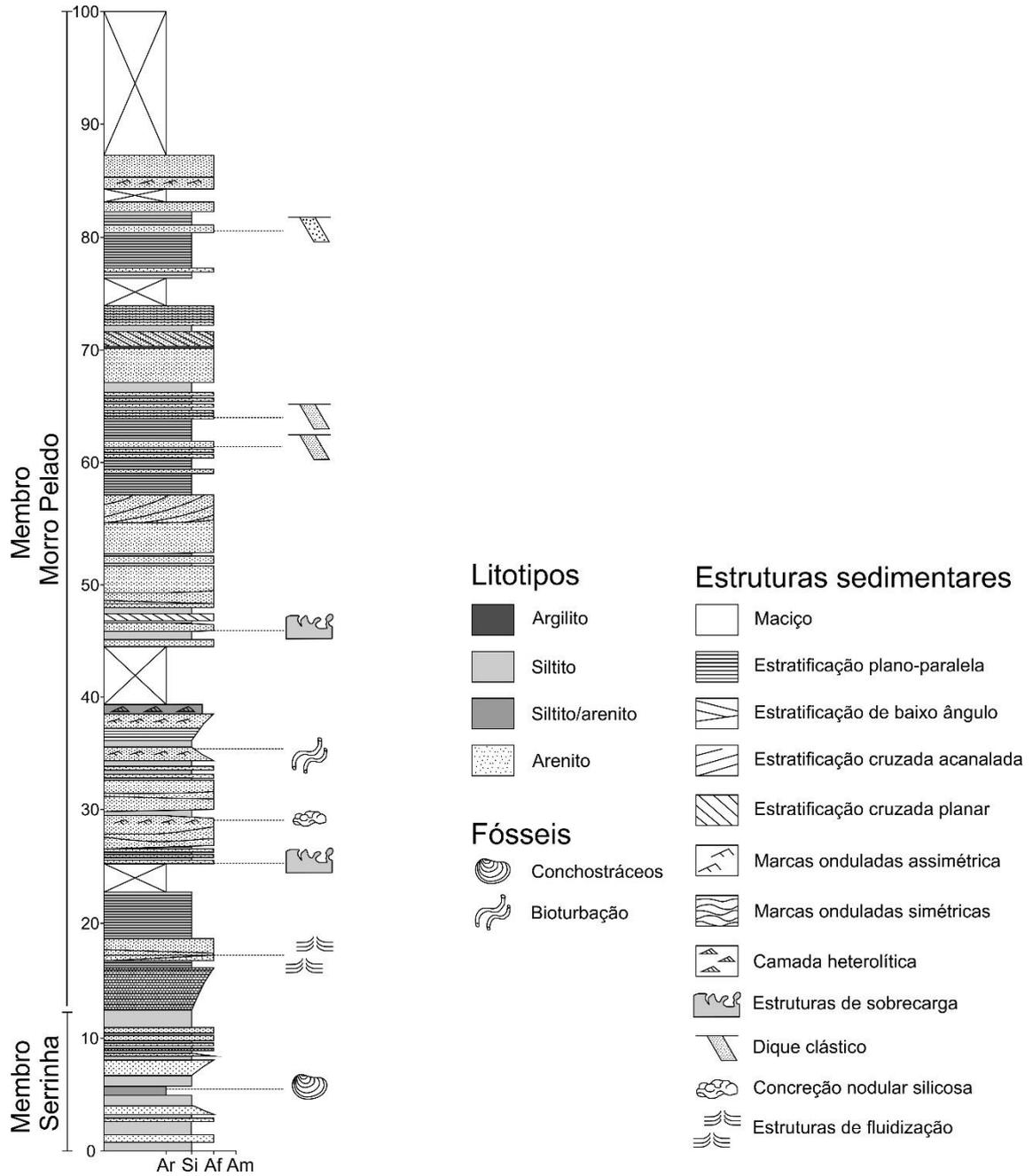


Figura 03. Seção colunar mostrando a transição entre os membros Serrinha e Morro Pelado, Formação Rio do Rasto, na Serra do Espigão, Estado de Santa Catarina (Modificado de ALESSANDRETTI et al., 2016).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. PROCEDÊNCIA DO MATERIAL FÓSSIL

No total foram estudadas 212 conchas de bivalves fósseis da Formação Rio do Rasto, Estado do Paraná, provenientes de quatro afloramentos distintos, informalmente designados afloramentos 1 a 4 (Tabela 02). Destes, apenas o afloramento ao longo da BR-373, Km 277 está situado no Membro Serrinha, o qual inclui conchas da assembleia de *Leinzia similis*. Os outros três afloramentos que contêm conchas de bivalves as quais são o foco principal deste estudo, estão situados na passagem entre os membros Serrinha e Morro Pelado (Figs. 03 e 04). A localização dos afloramentosossilíferos que contêm bivalves da passagem Serrinha/Morro Pelado está mostrada nas figuras 04 e 05. O afloramento 1, denominado Tijuco Preto (Figs. 06 e 07), está situado às margens da rodovia BR-277, km 290, no município de Prudentópolis. Já os afloramentos 2 e 3 estão localizados nas rodovias PR-239, km 9,7 e PR-153, km 4,4, municípios de Cândido de Abreu e Paulo Frontin, respectivamente (Tabela 02). No total, 204 conchas são provenientes dos afloramentos 1-3, sendo que 66,83% delas pertencem ao afloramento 1, enquanto o restante 33,18%, provém dos afloramentos 2 (16,09%) e 3 (17,07%) (Tabela 08, 10 e 12), respectivamente.

Afloramentos	Nomes informais	Municípios	Coordenadas (UTM)	Número de conchas
1	Tijuco Preto	Prudentópolis	22 J Long: 493444.00 m E Lat: 7200192.00 m S	137
2	PR-239, Km 9,7	Cândido de Abreu	22 J Long: 459144.00 m E Lat: 7286267.00 m S	32
3	PR-153, Km 4,4	Paulo Frontin	22 J Long: 519419.00 m E Lat: 7117098.00 m S	35
4	BR-373, Km 277	Prudentópolis	22 J Long: 493384.19 m E Lat: 7206818.36 m S	12

Tabela 02. Localidade dos afloramentos estudados da Formação Rio do Rasto, Estado do Paraná, Brasil. *Datum*: Córrego Alegre.

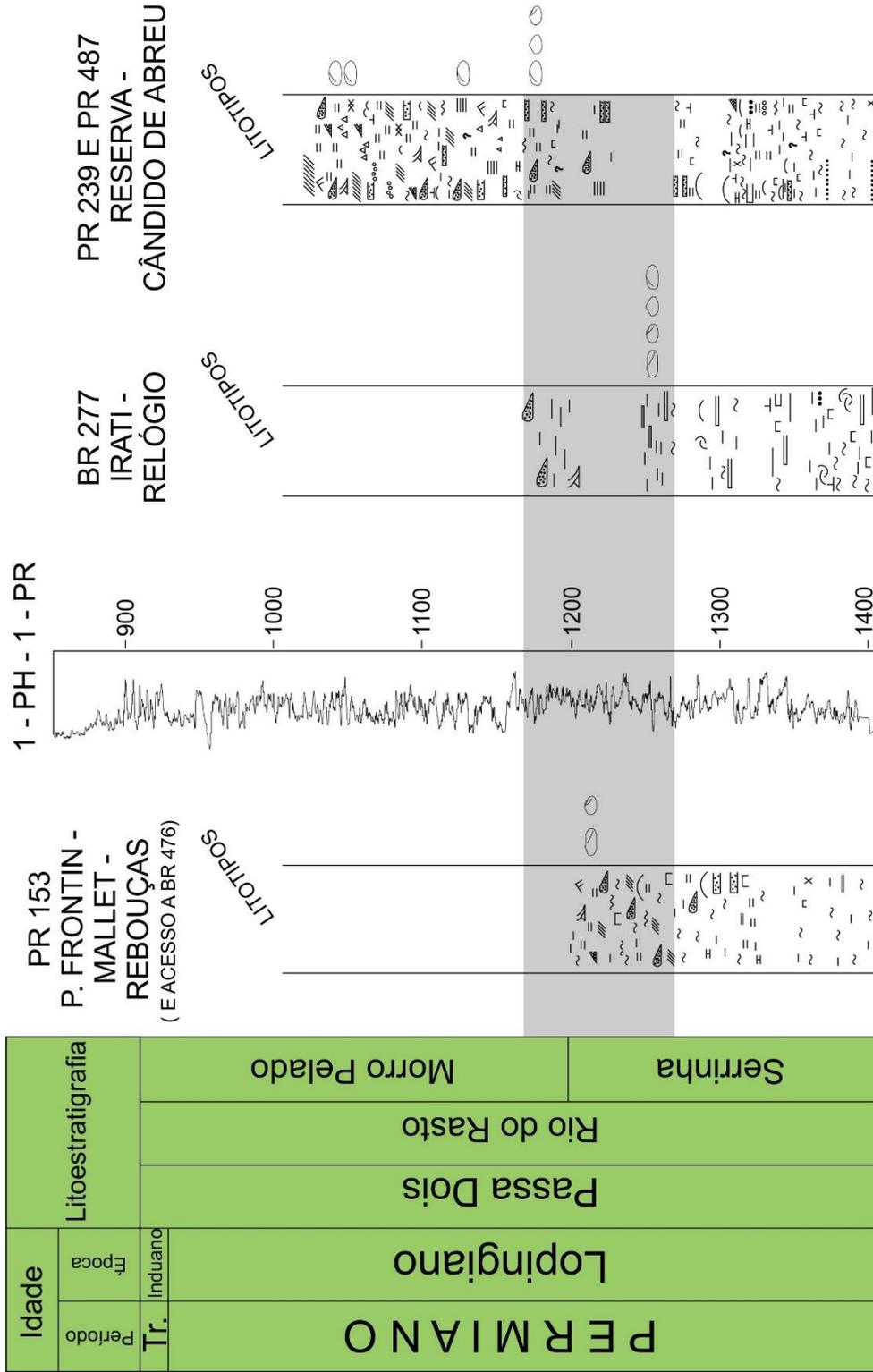


Figura 04. Seções colunares dos afloramentos portadores dos fósseis da passagem entre os membros Serrinha e Morro Pelado, destacando o intervalo com as assembleias de bivalves estudadas. Adaptado de Rohn (1994). Vide página 23 para a legenda.

LITOTIPOS, ESTRUTURAS SEDIMENTARES, FÓSSEIS

=	Siltitos/argilitos finamente laminados		Arenitos tabulares finos alterados (provavelmente turbiditos)		<i>Terraia decarinata</i>
-	Siltitos/arenitos muito finos maciços		Arenitos com estratificação cruzada tangencial de grande porte e outras feições indicativas de processos eólicos		<i>Palaeomutela australis</i>
~	Rochas heterolíticas finas com ligeira estrutura ondulada (wavy), lenticular e/ou flaser		Arenitos com ondulações de adesão		<i>Palaeomutela platinensis</i>
~	Rochas heterolíticas grossas com estrutura ondulada, e estratificação cruzada por ondas nas frações areníticas		Arenitos com pequenos clastos (provavelmente de canais fluviais)		<i>Relogiicola delicata</i>
~	Arenitos com estratificação cruzada <i>hummocky</i>		Arenitos espessos (>1m) alterados, aproximadamente tabulares, de origem incerta		
~	Arenitos com <i>microhummocky</i>		Clastos angulosos de siltitos/arenitos finos milimétricos a decimétricos		
~	Coquinas		Depósitos mosqueados (paleossolos?)		
.....	Calcarenitos oolíticos em estratos tabulares centimétricos		Concreções silíceas		
=	Calcários indistintos		Estratos deformados sindeposicionalmente		
+	Rochas calcíferas		Sílex/calcários silicificados		
	Arenitos com ondulações cavalgantes e geometria lobada (lobos de suspensão)		Gretas de contração		
	Arenitos com ondulações cavalgantes e geometria aproximadamente tabular (turbiditos)		Oncóides		
≡	Ritmitos de arenitos e siltitos (turbiditos distais)		Escamas e dentes de peixes em grandes concentrações		
	Arenitos e siltitos com geometria tendendo a sigmoides (deltas)				

Figura 04. Continuação.

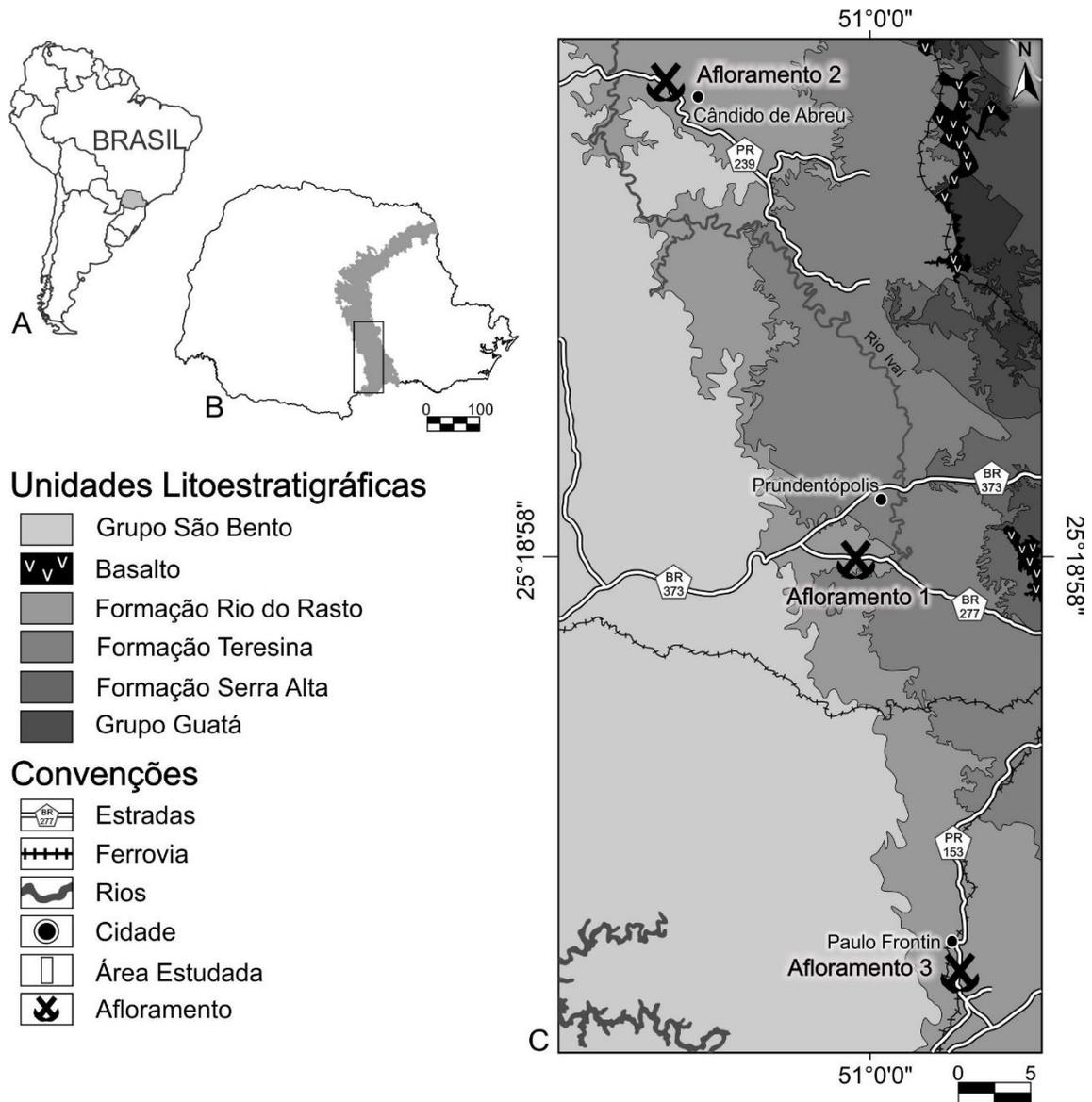


Figura 05. Mapa geológico das áreas de ocorrência dos fósseis, nos municípios de Cândido de Abreu, Prudentópolis e Paulo Frontin, Estado do Paraná, indicando a localização dos afloramentos 1, 2 e 3 (vide Tabela 02 para as coordenadas).



Figura 06. Pelitos fossilíferos da Formação Rio do Rasto, afloramento 1, Tijuco Preto, BR-277, km 290, porção basal do Membro Morro Pelado. A-B. Argilito arenoso, maciço, avermelhado, de onde provém a maioria das conchas de bivalves aqui descritos. Em trabalho de campo realizado em Abril de 2018, constatou-se que este afloramento está destruído (vide Fig. 07, a seguir). Escala= 8 cm.



Figura 07. Aspecto geral do afloramento 1, na localidade de Tijuco Preto, BR-277, km 290, porção basal do Membro Morro Pelado, em Abril de 2018. Os lamitos fossilíferos afloravam junto a estrada (seta) que foi retificada.



Figura 08. Afloramento 4, BR-373, Km 277, Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Estado do Paraná. Porção basal do afloramento exibindo siltito cinza-esverdeado típico do Membro Serrinha. Porção superior constituída de arenito fino, alaranjado. Escala= 2m.



Figura 09. Afloramento 4, BR-373, Km 277, Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Estado do Paraná. Fragmentos de conchas de bivalves dispostos caoticamente (seta) em matriz de arenito fino, acinzentado. Escala= 5cm.

4.2. REPOSITÓRIO

Todo o material estudado está depositado em três coleções científicas, isso é: a- IBB/UNESP, (código DZP, Departamento de Zoologia-Paleontologia), b- IGc/USP (código GP/1T, Coleção Tipo de Invertebrados) e c- IGCE/UNESP (código URC MB., UNESP Rio Claro Molusco Bivalve). A esmagadora maioria das conchas pertence às coleções do IGc/USP (n= 56) e IGCE/UNESP (n= 67), tendo sido obtidas principalmente pela Profa. Dra. Rosemarie Rohn, IGCE/UNESP, durante os trabalhos de campo nas décadas de 1980 e 1990 (vide ROHN, 1988, 1994) e posteriormente.

4.3. ESTADO DE PRESERVAÇÃO E LIMITAÇÕES DO MATERIAL EM ESTUDO

As conchas estudadas, provenientes do afloramentos 1-3, estão todas representadas por moldes, principalmente, moldes internos e compostos e, mais raramente, por moldes externos. Assim como para outras sucessões sedimentares permianas, não marinhas, a qualidade de preservação das conchas é muito variável (BEURLIN, 1954; MENDES, 1954; ROHN, 1988, 1994). No geral, as conchas estão lateralmente comprimidas, apresentando, portanto, distintos graus de deformação. De fato, fraturas radiais nas superfícies das conchas, causadas por compressão durante a diagênese (vide McALISTER, 1962; BAMBACH, 1973; JAPAS e AMOS, 1986) são muito comuns no material analisado (Figs. 10 e 11). Das cinco espécies de bivalves aqui descritas, *Terraia decarinata* sp. nov. é a que tipicamente apresenta a superfície da concha fraturada por compressão. Esta feição é também notada nas conchas de *Terraia* cf. *T. decarinata* sp. nov. e *Relogiicola delicata* gen et sp. nov., sendo menos comuns nas conchas dos palaeomutelídeos (Figs. 14, 17, 19, 21 e 27). Isso sugere, fortemente, que as conchas de *T. decarinata* sp. nov. e *Terraia* cf. *T. decarinata* sp. nov. foram mais espessas e, portanto, com comportamento mais rúptil, que as do gênero *Palaeomutela* Amalitzky. Conchas silicificadas de *Terraia* Cox, provenientes da Formação Teresina (vide MENDES, 1952; RUNNEGAR e NEWELL, 1971) são, de fato, espessas na região umbonal (4 mm), sugerindo que tal característica deveria estar presente também nas conchas de *T. decarinata* sp. nov.

Em decorrência dos comentários acima, para recuperar as informações anatômicas das conchas em estudo, foram empregadas diferentes técnicas de preparação, as quais são descritas mais adiante.

4.4. PREPARAÇÃO E MOLDAGEM DOS ESPÉCIMES

Embora muitos dos espécimes aqui estudados estivessem já depositados em coleções científicas e, portanto, já preliminarmente preparados, a esmagadora maioria necessitou ainda de alguma preparação para eliminação da matriz sedimentar e/ou exposição de feições particulares das conchas (*e.g.*, charneira). Essa atividade, seguiu os procedimentos padrão para paleontologia de macroinvertebrados, principalmente como descrito em Anelli (1999). Em seguida, os espécimes foram moldados em látex, como objetivo de ressaltar feições anatômicas diagnósticas dos bivalves (*e.g.*, cicatrizes musculares, linha palial, dentição). Esse procedimento foi realizado conforme descrito em David (2014), segundo as seguintes etapas: (a) o espécime já limpo recebe uma fina camada de vaselina; (b) são aplicadas diversas camadas de látex diluído em água e pigmentado com nanquim preto; (c) esse processo é repetido aumentando a concentração de látex, a cada nova aplicação; (d) tiras de gaze são intercaladas com as camadas de látex; (e) após a secagem completa o molde é extraído e suas bordas aparadas com tesoura. Além desses moldes, alternativamente pode-se empregar massa de cerâmica plástica, da marca FIMO, na cor preta. Uma vez moldado, o mesmo é levado ao forno a temperatura de 110°C a 130°C, por aproximadamente 30 minutos, para endurecer (vide DAVID, 2014). Entretanto, dada a natureza friável da matriz sedimentar dos fósseis estudados, esse procedimento deve ser empregado com cautela.



Figura 10. Espécime de bivalve da Formação Rio do Rasto, *Terraia decarinata* sp. nov., molde composto, proveniente do afloramento 1 (vide Tabela 02). Note as fraturas radiais.
Escala= 1 mm.

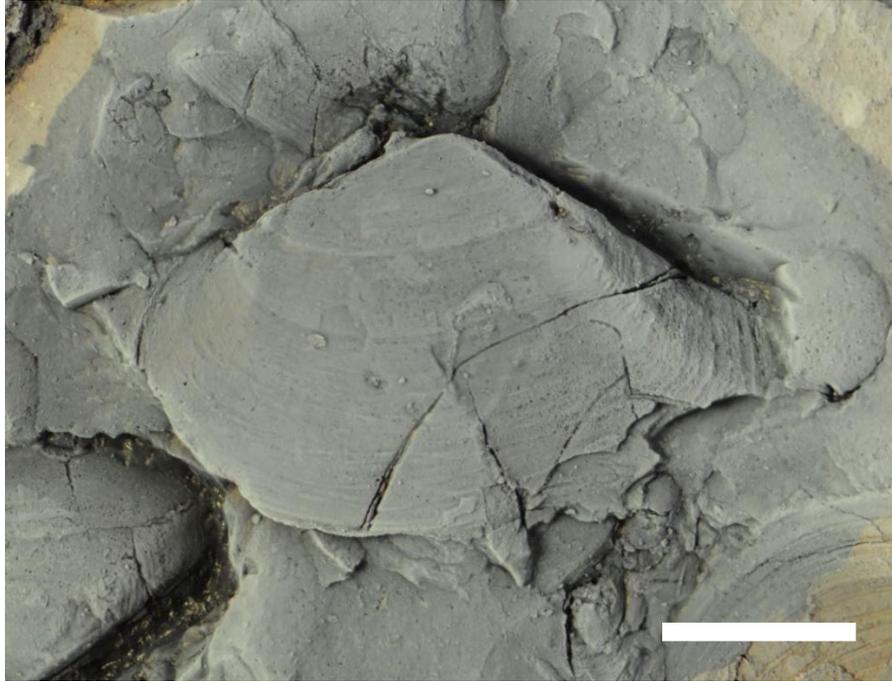


Figura 11. Espécime de bivalve da Formação Rio do Rasto, *Terraia decarinata* sp. nov., molde composto, proveniente do afloramento 1 (vide Tabela 02). Note o achatamento lateral da concha por compressão. Escala= 1 mm.

4.5. FOTODOCUMENTAÇÃO

Essa foi, sem dúvida, até aqui, a etapa de atividade laboratorial que consumiu mais horas, envolvendo meses seguidos. Isso porque a descrição inédita de muitos dos táxons aqui estudados exige que os caracteres morfológicos internos e externos das conchas estejam adequadamente registrados, possibilitando e facilitando às descrições anatômicas. Inicialmente, os espécimes ainda na matriz sedimentar foram pintados com nanquim preto e, em seguida, impregnados com fuligem de magnésio metálico. Esse procedimento visa destacar as feições morfológicas, como impressões musculares e dentição (vide Figs. 14 a 29). No caso dos moldes de látex e de massa FIMO, os espécimes foram apenas recobertos com a fuligem de magnésio metálico. Todos os exemplares foram fotografados com câmera Nikon, modelo D3200, empregando lente Nikkor Lens 105 mm. Posteriormente, as imagens individuais foram individualmente tratadas em Corel Draw, versão X8.

4.6. CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA E PALEOECOLÓGICA

No presente estudo foi empregada a classificação sistemática de Carter et al. (2011) para as categorias taxonômicas acima de gênero. A descrição e interpretação das feições anatômicas internas das conchas de Palaeomutelidae Lahusen seguiu Silantiev (2014). A nomenclatura empregada para descrever os dentes e o tipo de charneira de *Palaeomutela* Amalitzky segue também Silantiev (2014, fig. 2, p. 3) (vide Fig. 12). Já a charneira de *Terraia* Cox foi interpretada segundo Runnegar e Newell (1971), empregando a fórmula descrita em Boyd e Newell (1968) (Fig. 13). Já a descrição adotada para os Pachydomidae Fischer está fundamentada em Runnegar e Newell (1971) e Simões et al. (1997). Além disso, os termos e valores biométricos adotados para descrever o índice de alongamento e obesidade das conchas seguiu Stanley (1970) (Tabelas 03 a 08). Finalmente, a classificação do modo de vida de cada espécie de bivalve (ou seja, o estilo de vida inferido) está fundamentada nas guildas ecológicas determinadas por Aberhan e Kiessling (2015, p. 2), incluindo apenas bivalves escavadores rasos, facultativamente móveis, suspensívoros.

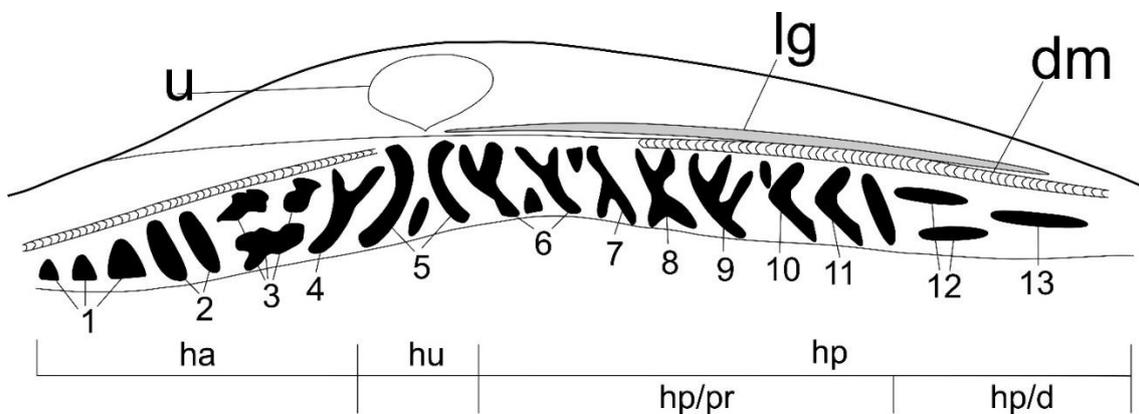


Figura 12. Esquema demonstrando a estrutura da charneira e formas dos dentes nos representantes do gênero *Palaeomutela* Amalitzky, segundo Silantiev (2014). Elementos da charneira: (ha) porção anterior; (hu) área umbonal; (hp) porção posterior; (hp/pr) parte proximal da porção posterior; (hp/d) parte distal da porção posterior. Elementos da valva: (dm) margem dorsal; (lg) sulco ligamentar; (u) umbo. Formas e arranjos dos dentes: (1) nodulares irregular uniserial; (2) lamelar reto; (3) nodulares irregular biserial; (4) em forma de Y; (5) lamelar curvado; (6) em forma de Y, refletido espelhadamente, no plano vertical; (7) em forma de λ; (8) em forma de X; (9) em forma de Y, refletido espelhadamente, no plano vertical com um ramo adicional; (10) em forma de Y, refletido espelhadamente, no plano vertical com fragmentação do ramo; (11) formato bumerangue; (12) biserial horizontal; (13) uniserial horizontal. Modificado de Silantiev (2014).

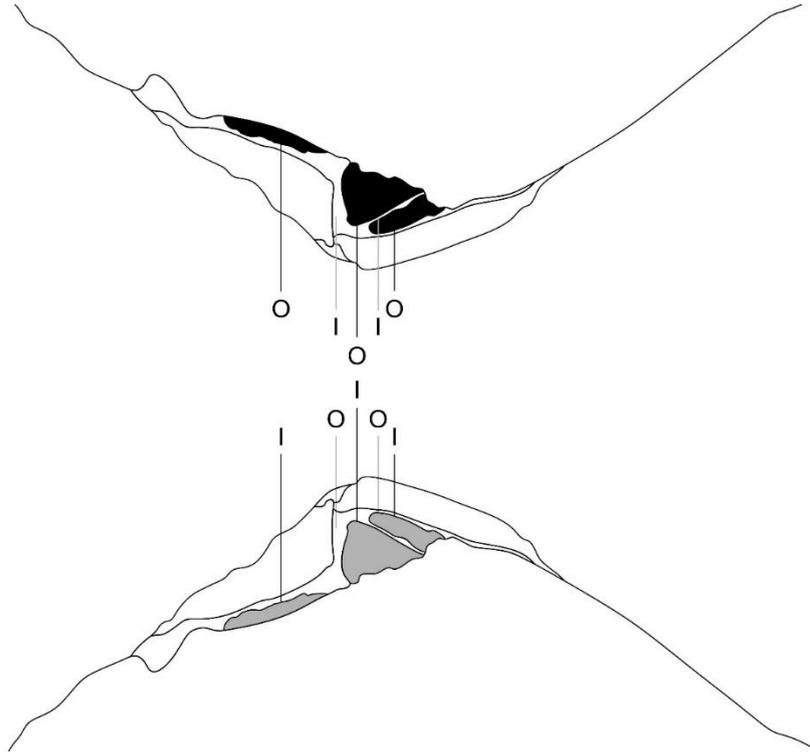


Figura 13. *Terraia decarinata*, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. Fórmula dentária empregada para descrição dos dentes na charneira de bivalves Crassatellacea Ferussac (= Ordem Carditida Dall), segundo Boyd e Newell (1968) e Runnegar e Newell (1971). Explicação: I: dente; O: fosseta.

4. 7. TERMINOLOGIA TAFONÔMICA

Infelizmente, como a maioria dos espécimes estudados (exceção de alguns do afloramento 1, Tijuco Preto) já estava depositada em coleções científicas e disponíveis para estudo, a observação de muitas assinaturas tafonômicas e características da biotrama da rocha que originalmente continha os exemplares fica limitada. De qualquer modo, procurou-se observar o grau de articulação, fragmentação e disposição das conchas na matriz sedimentar. A terminologia empregada seguiu Brett e Baird (1986), Kidwell et al. (1986), Kidwell e Holland (1991) e Fürsich e Oschmann (1993).

5. RESULTADO

5.1. SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Classe Bivalvia Linnaeus, 1758
 Clado Eubivalvia Carter et al., 2011
 Subclasse Autobranchia Grobben, 1894
 Infraclasse Heteroconchia Hertwig, 1895
 Corte Cardiomorphi Férussac, 1822
 Ordem Actinodontida Douvillé, 1912
 Superfamília Palaeomuteloidea Lahusen, 1897
 Família Palaeomutelidae Lahusen, 1897

 Gênero *Palaeomutela* Amalitzky, 1892

Espécie Tipo.— *Palaeomutela keyserlingi* Amalitzky 1892, do Permiano Superior, Tatariano, Bacia de Oka-Volga, Rússia, por designação original.

Observações.— Mendes (1954) foi o primeiro autor a descrever as conchas da Formação Rio do Rasto aqui estudadas, atribuindo-as com dúvidas ao gênero *Palaeomutela* Amalitzky 1892, as quais haviam sido referidas à *Palaeoneilo platinensis*, por Reed (1935, p. 15). Este autor notou a presença de pequenos dentes transversais na charneira de um exemplar, proveniente de Santo Antônio da Platina, Estado do Paraná. Porém, Reed (1935) não ilustrou com detalhe a charneira dessa concha (REED, 1935, p. 21, figs. 10, 11, 12). Mendes (1954), por sua vez, fundamentado no material fóssil coletado no Estado de Santa Catarina, mencionou a presença de dentes pseudotaxodontes mal preservados, porém, facilmente visíveis. Notavelmente, Mendes (1954) não ilustrou-os, mas mesmo assim propôs uma nova espécie (*i.e.*, *Palaeomutela? platinensis*). Devido à falta de ilustração da charneira e da descrição pouco detalhada das conchas, a atribuição ao gênero *Palaeomutela* Amalitzky por Mendes (1954) permaneceu duvidosa. Nesta dissertação a charneira das conchas de *Palaeomutela* Amalitzky da Formação Rio do Rasto são ilustradas, em detalhe, pela primeira vez.

Palaeomutela platinensis (Reed), 1935

Figuras 14-15.

1935 *Palaeoneilo platinensis* Reed, p. 38, fig. 10.1935 *Palaeoneilo* cf. *otamitensis* Reed, p. 39, fig. 11.1935 *Palaeoneilo?* sp. Reed, p. 39, fig. 12.1935 *Anodontophora morata* Reed, p. 40, figs. 8, 9.1954 *Palaeomutela?* *platinensis* Mendes, p. 105, figs. 12-14.1988 *Palaeomutela?* *platinensis* Rohn, p. 39, figs. 38.1994 *Palaeomutela?* *platinensis* Rohn, p. 53, fig. 170.

Material Tipo.— O material original descrito por Mendes (1954), incluindo o espécimen DGM-4326 do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil, estão perdidos. Portanto, o espécime URC MB. 334-1 é aqui indicado como neotipo de *Palaeomutela platinensis* (Reed).

Material Adicional.— O material consiste de três moldes internos, duas valvas esquerdas (URC MB. 334-2, DZP 20179) e uma valva conjugada (URC MB. 414-9).

Descrição.— Concha pequena (comprimento máximo 21mm), posteriormente alongada (L/H, 2.33), retangular, equivalve, com carena umbonal pouco marcada, umbo prosógiro e baixo. Margens sem descontinuidades; margens ventral e dorsal retas; margem anterior convexa, margem posterior arredondada. Conchas larvais não observadas; lúnula e escudo ausente. Charneira pseudotaxodonte; linha da charneira ampla, com largura máxima na margem posterior. Porção anterior da charneira com dentes nodulares pouco marcados; área umbonal com dentes lamelares retos; porção proximal com dentes lamelares retos, pouco marcados, dentes nodulares irregulares, bisseriais e dentes em forma de “bumerangue”; porção distal da charneira com alguns dentes lamelares retos. Ligamento externo, opistodético. Cicatriz do musculo adutor anterior pequena, reniforme, profundamente impressa; cicatriz do musculo retrator anterior circular, separado e acima do musculo adutor anterior; outras cicatrizes musculares, linha palial e ornamentação não observadas.

Ocorrência.— Municípios de Prudentópolis, Cândido de Abreu e Paulo Frontin, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, Brasil. Guadalupiano.

Discussão.— Em sua morfologia geral *Palaeomutela platinensis* (Reed) lembra *Palaeomutela subparalela*, Grupo Beaufort, Bacia do Karoo, África do Sul (SHARPE, 1852; AMALITZKY, 1895; BOND, 1954) e África Central (JONES, 1890; COX, 1932, 1936; WIER, 1938). No entanto, uma comparação mais precisa entre estas espécies é dificultada, pois a charneira das conchas africanas é pouco conhecida. A concha de *P. platinensis* (Reed), com placa da charneira reduzida (veja SILANTIEV, 2014) é similar à de *P. obunca* Netschajew (Fig. 16B). A charneira de *P. platinensis* é estreita e com largura máxima na margem dorsal, atrás da área umbonal (Fig. 14C, G-H). A porção anterior da margem cardinal está mal preservada na maioria das conchas, porém, é possível observar dentes nodulares abaixo do umbo (Fig. 14A, C, E, G), característica presente em diversas outras espécies do gênero [*i.e.*, *P. amalitzkyi* Silantiev (Fig. 16G), *P. olgae* (Eichwald) (Fig. 16H)]. Em *P. platinensis*, no entanto, a porção posterior da charneira é reta, exibindo dentes lamelares curvos, na região proximal, dentes em forma de “bumerangue” e nodulares irregulares, na região distal, sendo, portanto, distinta das espécies *P. amalitzkyi* Silantiev e *P. obunca* Netschajew (Fig. 16G, B, respectivamente).

Medidas.— Tabela 03 exibindo valores das feições biométricas de conchas de *Palaeomutela platinensis* (Reed).

Espécime	Valva	Compr. (L)	Altura (H)	Ind. de Alongamento (L/H)
URC MB. 334-2	Esquerda	----	8	----
URC MB. 334-1	Direita	14	8	1.75
URC MB. 414-9	Articulada	21	9	2.33
DZP-20179	Esquerda	17	1	1.70

Tabela 03. Medidas (mm) para valvas de *Palaeomutela platinensis* (Reed). Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.

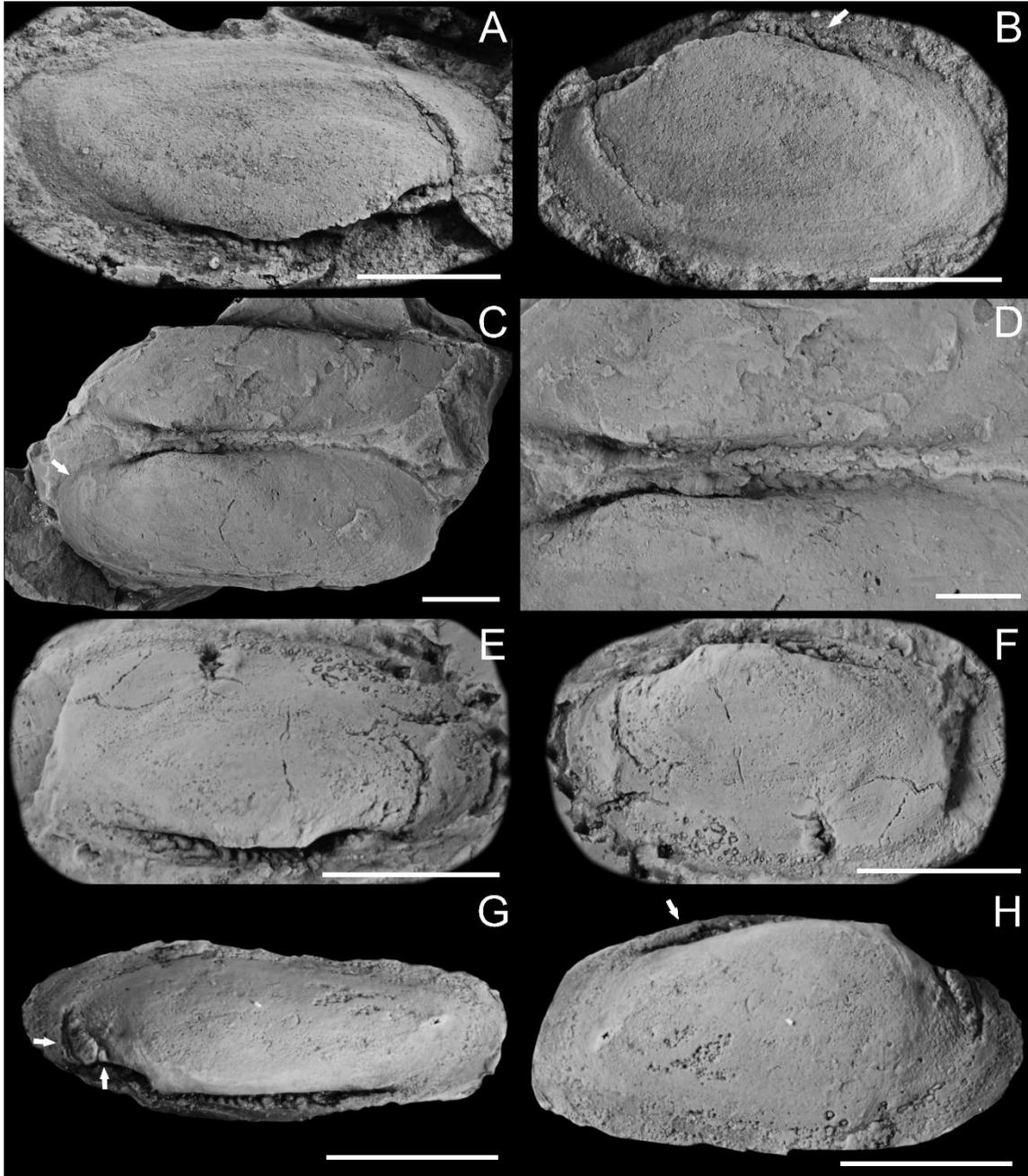


Figura 14. *Palaeomutela platinensis* (Reed), moldes internos, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Vista dorsal, valva esquerda, DZP-20179, mostrando a placa da charneira. B- Mesmo espécime em A, vista lateral, note e a dentição pseudotaxodonte (seta). C- Concha articulada, URC MB. 414-9 (paratipo), observe as cicatrizes dos músculos adutor e protractor anteriores (seta). D- Mesmo espécime em C, com detalhes da placa da charneira. E- Vista dorsal, valva esquerda, URC MB. 334-2, note a dentição pseudotaxodonte. G- Mesmo espécime em E, vista lateral. H- Vista dorsal, valva direita, URC MB. 334-1 (neotipo), repare as cicatrizes dos músculos adutor anterior (seta) e protractor anterior (seta) bem desenvolvidos. F- Mesmo espécime em H, vista lateral, note a extensão da placa da charneira (seta). Escala= 5mm.

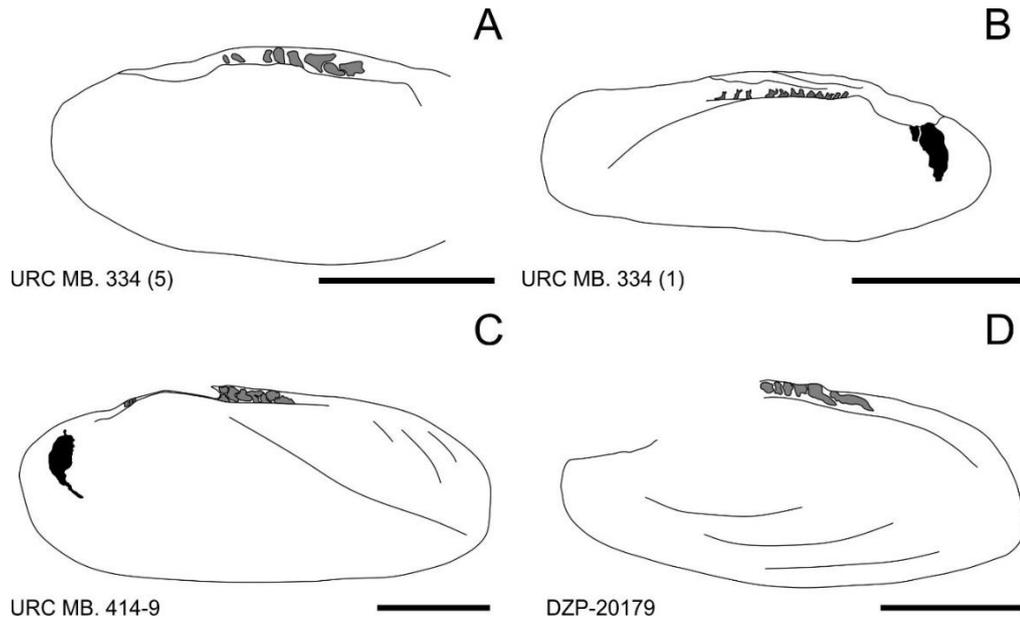


Figura 15. *Palaeomutela platinensis* (Reed), Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil.

A- Valva esquerda, charneira com dentes nodulares, irregulares, unisseriais e bisseriais, lamelares retos e, em forma de “bumerangue”. B- Valva direita, demonstrando cicatrizes dos músculos adutor e protractor anteriores. C- Valva esquerda, charneira com dentes nodulares, irregulares, unisseriais e bisseriais, e dentes em forma de “bumerangue”. Note as cicatrizes dos músculos adutor e protractor anteriores. D- Valva esquerda, fragmentada, mostrando parte da charneira, com dentes nodulares, irregulares, unisseriais e lamelares curvos. Escala= 5mm.

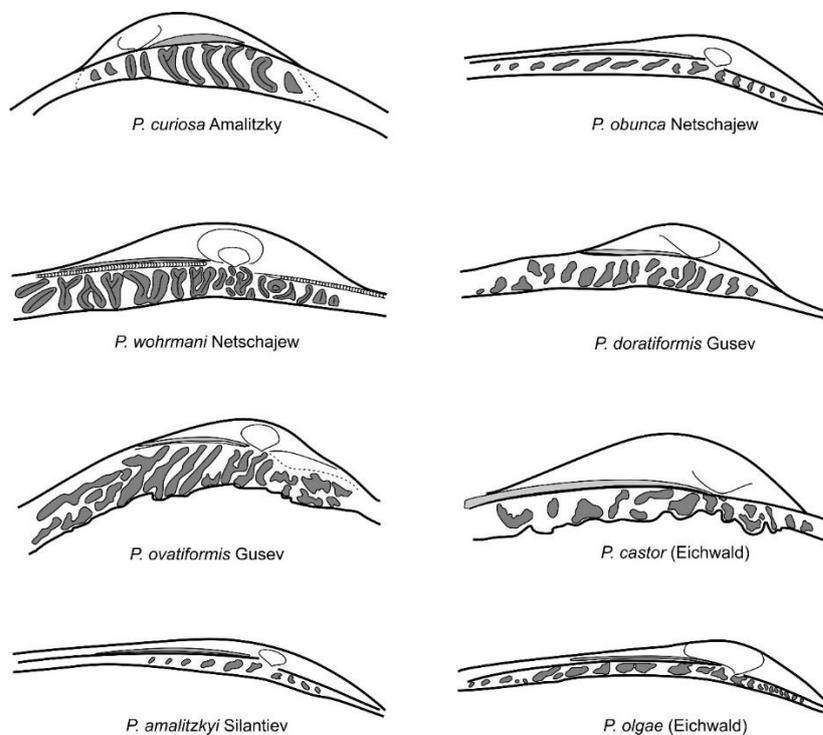


Figura 16. Diferenças morfológicas entre as charneiras de *Palaeomutela* Amalitzky, Permiano, bacias de Pechora, Dvina-Mezen, Volga-Ural e Norte do Cáspio, Rússia. As conchas estão silicificadas. Modificado de Silantiev (2014), originalmente sem escala.

Palaeomutela australis sp. nov.

Figuras 17-18.

1988 *Palaeomutela? platinensis* Rohn, p. 278, fig. 381994 *Palaeomutela? platinensis* Rohn, p. 362, fig. 170.

Material Tipo.— Quatro moldes internos, incluindo duas valvas esquerdas (DZP-20180, URC MB. 415-1), uma valva direita (DZP-20178) e uma concha com valva conjugada (DZP-20177). Holótipo: DZP-20180. Paratipo: DZP-20177, DZP-20178.

Material Adicional.— URC MB. 414-1, 415-1, 415-2, 415-3, 415-4, 415-5, 416-1, 416-2, 416-3, 416-4, 416-5, 416-6, 416-7, 416-8.

Etimologia.— Proveniente do hemisfério Sul.

Diagnose.— Concha pequena de *Palaeomutela* Amalitzky, com charneira ampla, incluindo dentes em forma de “bumerangue”, bem desenvolvidos, abaixo do umbo e dentes lamelares retos e, em forma de “bumerangue”, na porção proximal na região posterior da charneira. Porção distal da região posterior da charneira com dentes nodulares irregulares, bisseriais. Cicatriz do musculo adutor anterior reniforme, levemente impressa; linha palial estreita e contínua. Outras cicatrizes musculares desconhecidas.

Descrição.— Concha pequena (comprimento máximo 22mm), posteriormente alongada (L/H, 2), subtrapezoidal, equivalve, sem carena; umbo baixo. Margens sem descontinuidades; margem ventral estreita, margem dorsal levemente curva; margem anterior arredondada, margem posterior obliquamente truncada, levemente convexa. Conchas larvais não observadas; lúnula e escudo ausente. Charneira pseudotaxodonte, bem desenvolvida; região anterior da charneira não preservada; dentes em forma de “bumerangue” abaixo do umbo; porção proximal da região posterior da charneira com dentes lamelares retos e, em forma de “bumerangue”; porção distal da região posterior da charneira com poucos dentes nodulares, bisseriais e lamelares curvos. Ligamento externo, opistodético; sulco ligamentar não observado. Cicatriz do musculo adutor anterior aparentemente reniforme; outras cicatrizes musculares desconhecidas. Linha palial estreita, continua, sem sinus palial. Ornamentação desconhecida.

Ocorrência.— Municípios de Prudentópolis e Paulo Frontin, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, Brasil. Guadalupiano.

Discussão.— Esta espécie assemelha-se à *P. subparalela* (Amalitzky) na forma geral da concha. No entanto, a margem anterior de *P. subparalela* (Amalitzky) é mais arredondada e sua margem posterior não é obliquamente truncada, como na espécie da Bacia do Paraná. A concha de *P. rhomboidalis* (Sharpe) também é similar à de *P. australis* sp. nov., diferindo, porém, por possuir umbo mais alto e central. A estrutura da charneira de *P. australis* sp. nov., com placa da charneira bem desenvolvida e muitos dentes em forma de “bumerangue” difere da grande maioria das espécies conhecidas de *Palaeomutela* Amalitzky (Fig. 16).

Medidas.— Tabela 04 exibindo valores das feições biométricas de conchas de *Palaeomutela australis* sp. nov.

Espécime	Valva	Compr. (L)	Altura (H)	Ind. de Alongamento (L/H)
URC MB. 415-1	Esquerda	----	9	----
DZP-20178	Direita	22	11	2
DZP-20177	Articulada	20	10	2
DZP-20180	Esquerda	----	12	----

Tabela 04. Medidas (mm) para valvas de *Palaeomutela australis* sp. nov. Explicação:
Compr.: comprimento; Ind.: índice.

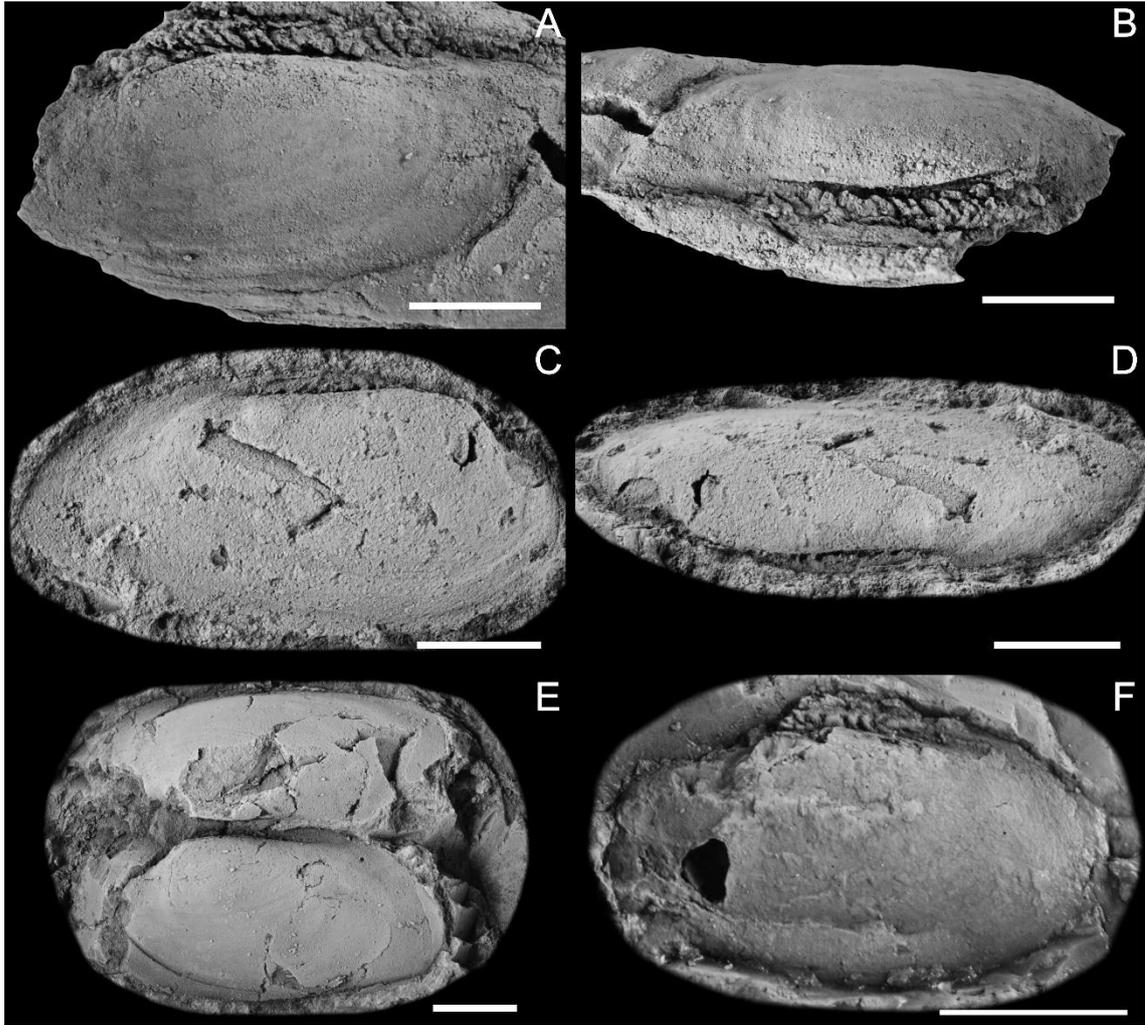


Figura 17. *Palaeomutela australis* sp. nov., moldes internos, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A-B, Valva esquerda, DZP-20180 (holótipo), mostrando a área da charneira. C-D, Valva direita, DZP-20178, com charneira mal preservada. Note a extensão da linha de comissura na margem dorsal. E- Valvas conjugadas, DZP-20177. F- Valva esquerda, URC MB. 415-1, com a área da charneira mal preservada. Escala= 5mm.

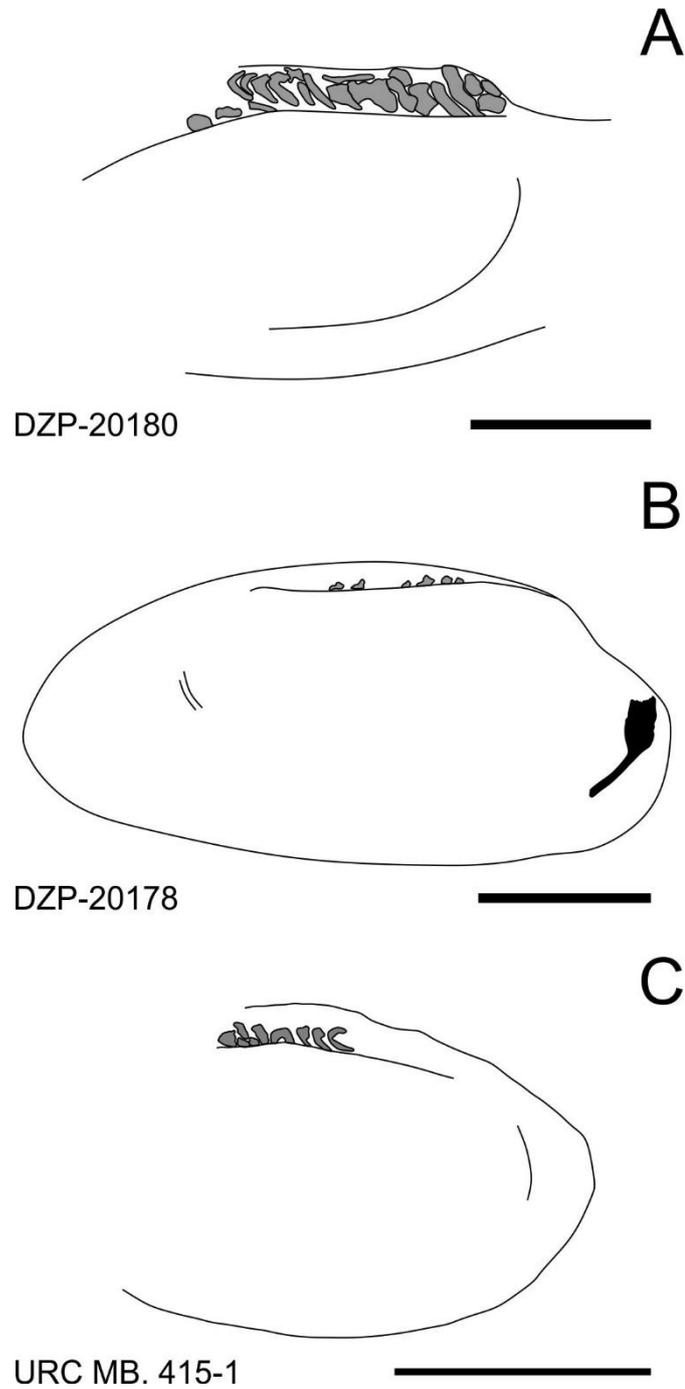


Figura 18. *Palaeomutela australis* sp. nov., Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Valva esquerda, fragmentada, charneira com dentes nodulares, irregulares, unisseriais e em forma de “bumerangue”; dentes lamelares retos, nodulares, irregulares, unisseriais e bisseriais na margem posterior. Observe a dentição pseudotaxodonte bem marcada. B- Valva direita, com cicatriz do musculo adutor anterior reniforme. C- Valva esquerda, charneira com dentes nodulares, irregulares, unisseriais, lamelares retos e em forma de “bumerangue”. Escala= 5mm.

Ordem Carditida Dall, 1889
 Superfamília Crassatelloidea Férussac, 1822
 Família Astartidae d'Orbigny, 1844
 Subfamília Terraiinae Scarlato and Starobogatov, 1979

Terraia Cox, 1934

Espécie Tipo.— *Terraia altissima* (Holdhaus 1918)

Terraia decarinata sp. nov.

Figuras 19-20.

1985 *Nothoterraia acarinata nomen nudum*, Rohn, p. 134.

1988 *Nothoterraia acarinata nomen nudum*, Rohn, p. 39.

1994 *Nothoterraia acarinata nomen nudum*, Rohn, p. 47.

1998 *Nothoterraia acarinata nomen nudum*, Simões et al., p. 449.

Material Tipo.— Cinco moldes internos, incluindo quarto valvas esquerdas (URC MB. 334-21, DZP-20127, DZP-20264 A, GP/1T-1332a), uma valva direita (URC MB. 334-22) e molde externo da valva direita (GP/1T-1332c). Holótipo: DZP-20127. Parátipo: URC MB. 334-22, GP/1T-1332a.

Material Adicional.— GP/1T-1329bA, B, C, 1330aA, B, 1331bG, 1332aA, C, D, a/cF, bK, L, eP, gT, 1333B, C, 1334A, B, 1335A, 1336A, E, F, 1337C, D, 1338B, E, 1339A, C, 1340A, B, 1342B, 1344B, 1345A, B, 1347E, F, 1348A, 1349A, 1350A, 1351bA, aB, 1353A, 1354A, C, 1355A, 1356A, 1357a/aB, aE, G, 1358aA, 1359A, D, F, 1360aA, B, H cD, 1361aA, 1362aK, M, 1363aA, gN, fP, jU, oV, pY, 1389aA, bC, D, 1390aA, bE, F, G, H, I, fK, 1391aA, B, cD; DZP-20127, 20130-20134, 20136, 20139, 20141, 20143-20145, 20148, 20157-20158, 20160-20161, 20163-20164, 20167, 20169, 20171, 20175, 20191-20194, 20196, 20200-20201, 20208, 20211, 20216, 20218, 20220, 20223-20225, 20227, 20230, 20232, 20238, 20240-20245, 20247, 20249-20254, 20256, 20258, 20261, 20270, 20272; URC MB. 334-21, 334-22.

Etimologia.— *decarinata*; *de* (lat., apagado), referindo-se a natureza pouco marcada da carena umbonal posterior.

Diagnose.— Concha, inequivalve, com leve sobreposição da valva direita sobre a esquerda na margem dorsal. Margem ventral amplamente convexa. Carena umbonal levemente marcada. Charneira como em *Terraia Cox*, com dente cardinal triangular bem desenvolvido na valva direita. Charneira da valva esquerda com fosseta triangular bem marcada, bordejada por dente lateral estreito, encurvado na margem posterior da charneira e com dente anterior estreito bem desenvolvido; charneira da valva direita com fossetas correspondentes, subparalelas, estreitas e arqueadas. Ornamentação constituída apenas por linhas de crescimento irregularmente espaçadas; projeções espinhosas na carena e na margem posterior da concha ausentes.

Descrição.— Concha pequena (comprimento máximo 22mm), fortemente inequivalve, moderadamente alongada (L/H, 1,2), sem discontinuidades. Umbo baixo, com bico subcentral, sendo o direito projetado bem acima da margem dorsal. Margem anterior levemente encurvada; margem ventral amplamente convexa; margem dorsal reta. Carena umbonal levemente marcada. Lúnula e escudo ausentes ou mal definidos. Ligamento externo, opistodético, parivincular. Charneira com dente cardinal triangular bem desenvolvido, no centro da valva direita, bordejado por duas fossetas subparalelas estreitas e arqueadas (Figs. 19A, 20A). Charneira da valva esquerda com fosseta triangular correspondente, bordejada por dois dentes laterais, estreitos, arqueados. Cicatriz do musculo adutor anterior circular, pouco marcada, distante da margem anterior da valva; cicatrizes musculares do retrator e protractor pedial anterior separadas da cicatriz do musculo adutor anterior (Figs. 19F, 20F). Superfície externa da concha ornamentada por finas linhas de crescimento irregularmente espaçadas (Fig. 19D). Linha palial desconhecida.

Ocorrência.— Municípios de Prudentópolis e Cândido de Abreu, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, Brasil. Guadalupiano.

Discussão.— *Terraia decarinata* sp. nov. difere de todos os outros bivalves *Terraia* do Permiano da Bacia do Paraná em decorrência de concha fortemente inequivalve, com sobreposição da margem dorsal da valva direita sobre a esquerda, carena umbonal pouco marcada e a presença de dentes laterais pouco desenvolvidos na charneira. De qualquer forma, as conchas de *T. decarinata* sp. nov. lembram as de *T. curvata* (Reed), da Formação Rio do Rasto, em sua morfologia externa. A natureza, o formato e o número de dentes cardinais também são semelhantes em ambas as espécies. *T. altissima* (Holdhaus) difere externamente de

T. decarinata sp. nov. por possuir concha mais alongada, com uma carena posterior bem marcada, sendo ornamentada por pequenas projeções nodulares na carena umbonal (DAVID et al., 2011, p. 06). A charneira de *T. decarinata* sp. nov. assemelha-se a de *T. aequilateralis* Mendes, mas a forma da concha desta última espécie, lembrando as de *Donax* Linnaeus difere marcadamente das de *T. decarinata* sp. nov.

Em adição ao material acima estudado, onze exemplares incluindo seis valvas esquerdas (URC MB. 334-10, 334-13, 334-14, 334-15, 334-16, 334-17), quatro direitas (URC MB. 334-11, 334-18, 334-19, 334-20) e um molde externo de valva direita (URC MB. 334-12), também provenientes da Formação Rio do Rasto, Município de Cândido de Abreu, Estado do Paraná, assemelham-se externamente à *T. decarinata* sp. nov. Porém, esses exemplares (Fig. 21) estão, em geral, mal preservados (*e.g.*, conchas deformadas com fraturas por compressão) e com região da charneira encoberta pela matriz. Além disso, as cicatrizes musculares não estão preservadas, de modo que a identificação precisa desses espécimes é dificultada, sendo aqui referidos, provisoriamente, à *Terraia* cf. *T. decarinata* sp. nov.

Medidas.— Tabela 05 exibindo valores das feições biométricas de conchas de *Terraia decarinata* sp. nov.

Espécime	Valva	Compr. (L)	Altura (H)	Ind. de Alongamento (L/H)
DZP-20127	Art. Fechada	19	13	1,46
GP/1T-1332a	Art. Fechada	22	16	1,37
DZP-20164A	Art. Fechada	14	10	1,40
GP/1T-1332c	Esquerda	25	18	1,38
URC MB. 334-21	Art. Fechada	16	11	1,45
URC MB. 334-22	Direita	16	12	1,33

Tabela 05. Medidas (mm) para valvas de *Terraia decarinata* sp. nov. Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.

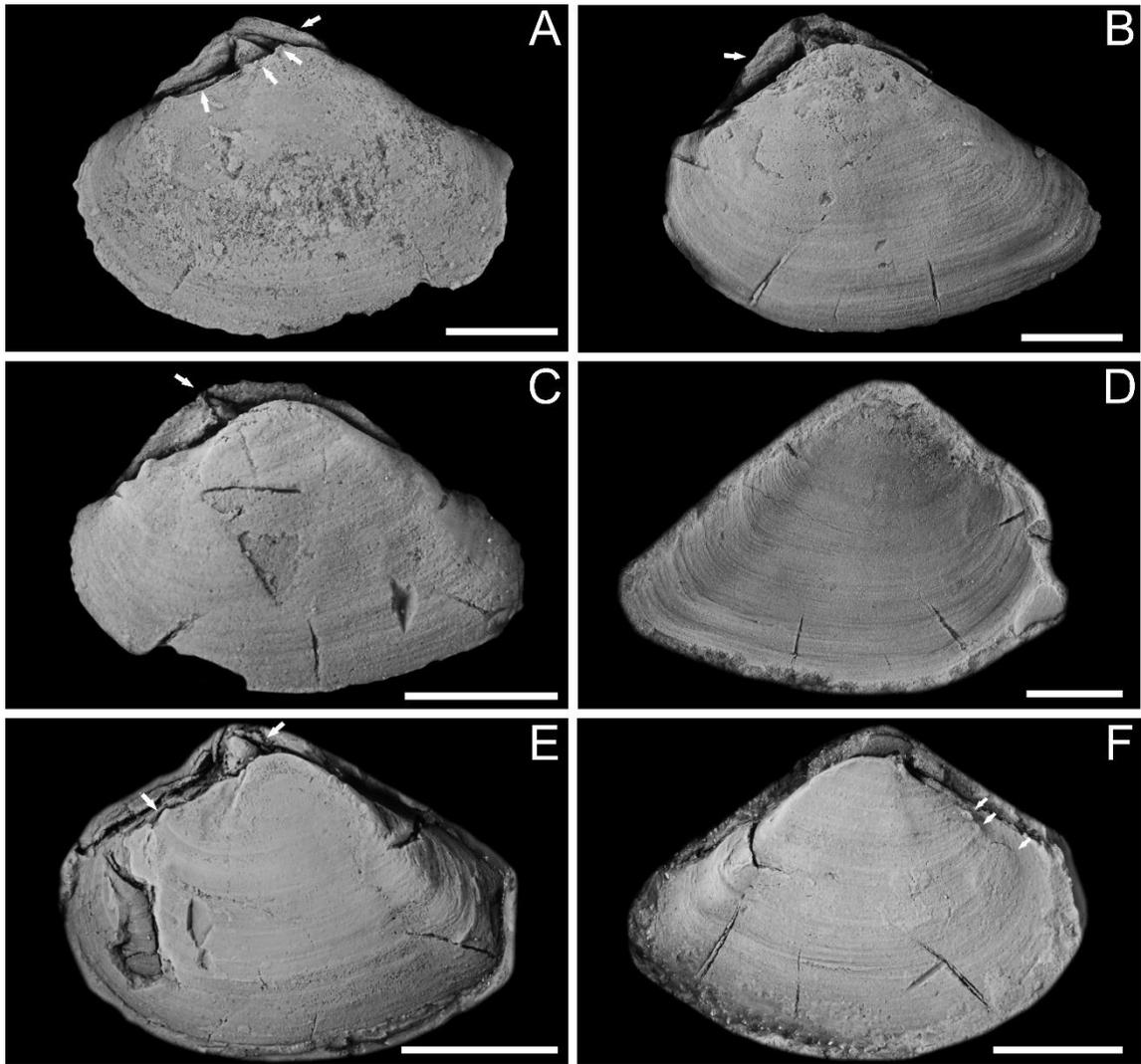


Figura 19. *Terraia decarinata* sp. nov., Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil, note a carena umbonal pouco marcada em todos os espécimes. A-C, Molde interno, valvas articuladas fechadas, note o dente cardinal triangular (seta), bem desenvolvido, ladeado por duas fossetas (setas), DZP-20127 (holótipo), GP/1T-1332a (parátipo), DZP-20164A, respectivamente. D- Molde externo, valva esquerda, GP/1T-1332c, mostrando ornamentação com linhas de crescimento irregularmente espaçadas. E- Molde composto, valva esquerda, URC MB. 334-21. F- Molde composto, valva direita, URC MB. 334-22, exibindo a cicatriz do musculo adutor anterior, arredondada e as cicatrizes dos músculos retrator e protractor anteriores (setas). Escala= 5mm.

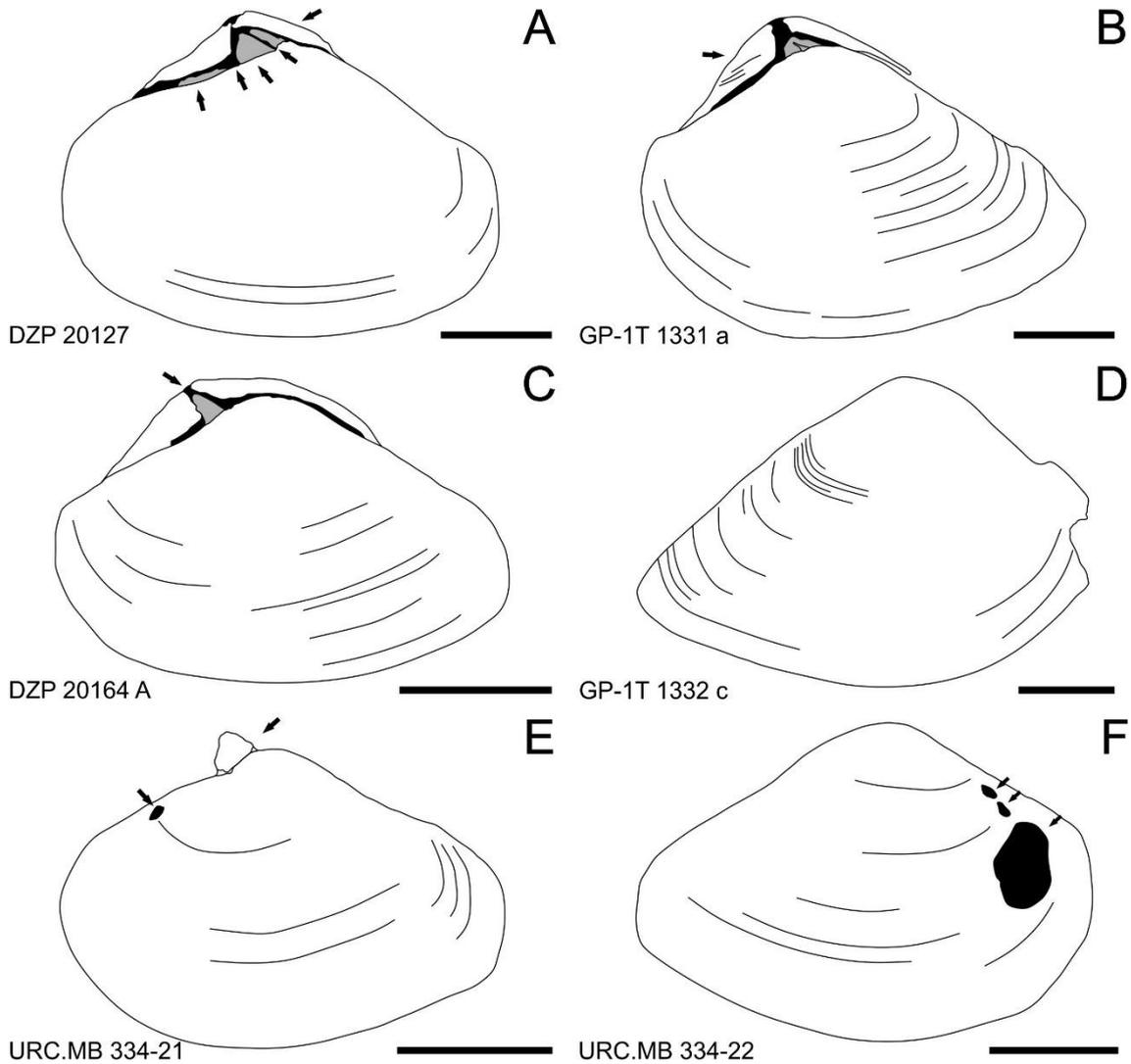


Figura 20. *Terraia decarinata* sp. nov., Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Valva conjugada, molde composto, charneira com dente cardinal triangular e dentes laterais bem desenvolvidos. B- Valva conjugada, molde composto, note a sobreposição (= *valve overlap*) da valva direita em relação ao umbo da valva esquerda. C- Valva conjugada, molde composto, charneira com dente cardinal triangular bem desenvolvido (seta), dentes laterais não preservados. D- Valva esquerda, molde externo, fragmentado, repare as linhas de crescimento irregularmente espaçadas. E- Valva esquerda, molde composto, charneira com dente cardinal triangular bem desenvolvido (seta), note a cicatriz do musculo protractor pedial anterior (seta). F- Valva direita, molde composto, observe as cicatrizes musculares (adutor, protractor e retrator anteriores) (setas). Escala= 5mm.

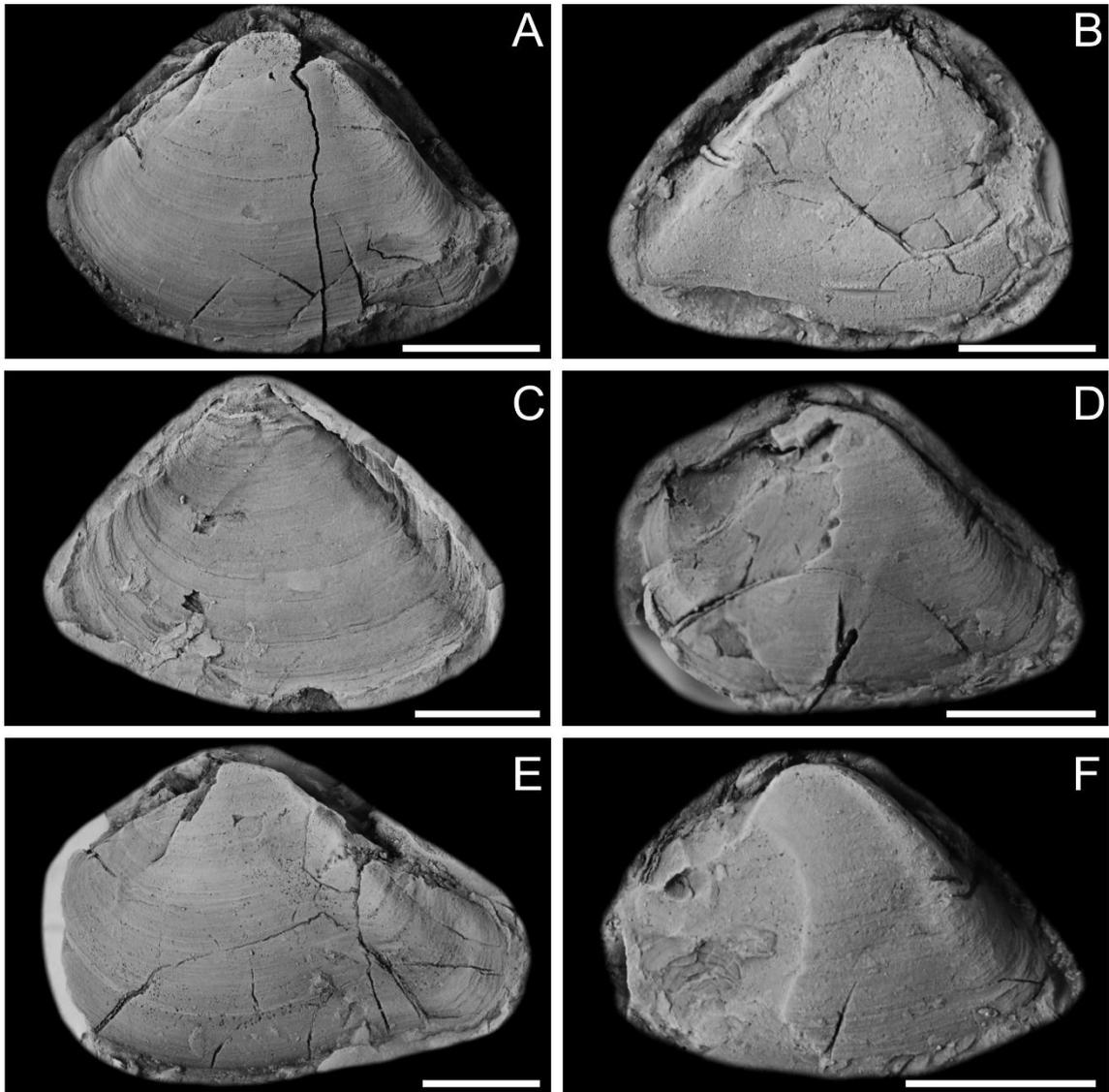


Figura 21. *Terraia* cf. *T. decarinata* sp. nov., Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil, exibindo conchas muito mal preservadas, especialmente em decorrência da compactação (fraturas por compressão). A- Molde composto, valva esquerda, URC MB. 334-10; B- Molde interno, valva direita. C- Molde externo, valva direita, mostrando ornamentação. D- Molde composto, valva esquerda, URC MB. 334-13. E- Molde composto, valva esquerda, URC MB. 334-14. F- Molde composto, valva esquerda, URC MB. 334-15. Escala= 5mm.

Megaordem Solenata Dall, 1889

Ordem Hiatellida Carter, 2011

Superfamília Edomondioidea King, 1850

Família Pachydomidae Fischer, 1887

Subfamília Pachydominae Fischer, 1887

Leinzia Mendes, 1949, diagnose emendada

Espécie Tipo.— *Solenomorpha similis* Holdhaus, 1918, por designação original.

Sinonímia.— *Acantholeaia* Almeida, 1950.

Material Tipo.— Espécimes em Holdhaus (1918) da parte basal da Formação Rio do Rasto, Membro Serrinha, ~8km noroeste de Mallet, Estado do Paraná, sul do Brasil.

Material Adicional.— Sete moldes incluindo molde externo da valva esquerda (DGP/7-85), molde externo da valva direita (DZP-20416B), dois moldes internos da valva esquerda (DGP/7-88, DZP-20418), dois moldes internos da valva direita (DZP-20416A, 20417) e molde interno de valvas conjugadas (DGP/7-86).

Diagnose.— Concha de tamanho médio (comprimento máximo ~36 mm), posteriormente alongada, comprimida, carena umbonal bem marcada. Concha sem descontinuidades; margem anterior com prolongamento pontiagudo, pequeno, bem definido, melhor visualizado nos espécimes maiores (>19 mm). Charneira da valva direita com dente cardinal triangular bem definido, inclinado para frente e fosseta triangular correspondente na valva esquerda; dentes laterais ausentes. Superfície externa da concha ornamentada com estrias concêntricas, regularmente espaçadas, também presentes na projeção anterior da concha, porém, ausentes na carena umbonal. Cicatriz do musculo adutor anterior reniforme; cicatriz do musculo protractor pedial unida à margem dorsal da cicatriz do musculo adutor anterior; cicatriz do musculo retrator pedial anterior bem definida, separada da cicatriz do musculo adutor anterior. Linha palial e outras cicatrizes musculares não observadas.

Discussão.— Desde Holdhaus (1918) os bivalves permianos da Bacia do Paraná, Grupo Passa Dois, Brasil e estratos coevos da América do Sul (Uruguai, Paraguai e Argentina) e África

(Namíbia e África do Sul) são de difícil comparação com aqueles de outras sequências gondwânicas, em decorrência do alto grau de endemismo e disparidade morfológica dos elementos desta malacofauna. De fato, muitos gêneros apresentam morfologia incomum (*i.e.*, *Anhembia* Mezzalira et al., *Ferrazia* Reed, *Leinzia* Mendes, *Maackia* Mendes), provavelmente em decorrência do alto grau de especialização dos hábitos de vida (veja RUNNEGAR e NEWELL, 1971; MATOS et al., 2017a). Por exemplo, conforme detalhadamente discutido por Runnegar e Newell (1971), a ornamentação externa de *Leinzia* Mendes se assemelha a ornamentação de muitos conchostráceos. De fato, esta condição anatômica levou, inclusive, Almeida (1950) a descrever os espécimes pequenos de *Leinzia* Mendes como conchostráceos (*Acantholeaia* Almeida; veja FERREIRA-OLIVEIRA, 2007 para uma discussão detalhada sobre este assunto). No entanto, Runnegar e Newell (1971) rejeitaram esta hipótese, uma vez que, conchas de *Acantholeaia* Almeida “possuem estrias de crescimento bem marcadas, ninfas ligamentares pequenas, dente cardinal bem desenvolvido e charneira não linear” (RUNNEGAR e NEWELL, 1971, p. 54). Obviamente, tais feições anatômicas não estão presentes nas conchas de conchostráceos. Em decorrência desse fato, Runnegar e Newell (1971) sinonimizaram *Acantholeaia* Almeida, em favor de *Leinzia* Mendes, mas Chen e Shen (1985) e Tasch (1982) mantiveram *Acantholeaia* Almeida como um gênero válido de Branchiopoda Latrille. Nesse contexto, Ferreira-Oliveira (2007, p. 72) reexaminou o material original descrito por Almeida (1950), depositado no Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM-RJ 4074-4077), Rio de Janeiro, notando que em adição as observações feitas por Runnegar e Newell (1971), as linhas de crescimento irregularmente espaçadas tipicamente observadas em conchas de moluscos bivalves são também visíveis entre as estrias concêntricas, regularmente espaçadas das conchas atribuídas a *Acantholeaia* Almeida. De acordo com este autor, os espécimes descritos por Almeida (1950) são, na realidade, minúsculas conchas de *Holdhausiella* Mendes (DNPM-RJ 4074-4076) e *Leinzia* Mendes (DNPM-RJ 4075). Em outras palavras, as observações realizadas por Ferreira-Oliveira (2007) confirmam que as conchas de *Acantholeaia* Almeida são, na verdade, conchas de moluscos bivalves, conforme já proposto por Runnegar e Newell (1971).

A despeito do progresso na descrição morfológica das conchas de *Leinzia* Mendes no estudo de Runnegar e Newell (1971), até o momento, as afinidades desse gênero são obscuras. Esses autores mantiveram *Leinzia* Mendes como *incertae familiae* dentro dos Crassatellacea Ferussac (=Ordem Carditida Dall), sugerindo assim afinidades com os bivalves Veneroida Gray. Runnegar e Newell (1971) comentaram que, por causa da notável forma alongada de *Leinzia* Mendes, Newell (1969) tentativamente referiu suas conchas aos Solenomorphidae

Newell. Consequentemente, naquele momento, fundamentados no conhecimento anatômico então disponível para as conchas de *Leinzia* Mendes argumentar a favor ou contra aquela interpretação (RUNNEGAR e NEWELL, 1971, p. 55). Por outro lado, autores subsequentes tentativamente referiram *Leinzia* Mendes aos Sanguinolitidae Miller (MORRIS et al., 1991), Megadesmidae Vokes (= Pachydomidae Fischer) (MELLO, 1999; DAVID, 2010) ou aos Pholadomyoidea Newell (= Pholadomyida Newell) (SEPKOSKI, 2002). As incertezas quanto as afinidades taxonômicas de *Leinzia* Mendes estão relacionadas ao fato de que alguns caracteres serem pobremente conhecidos e/ou descritos-ilustrados. Por exemplo, dois caracteres morfológicos merecem atenção detalhada, isto é: (a) o prolongamento da margem cardinal da concha e (b) a arquitetura da charneira.

A margem anterior da concha de *Leinzia* Mendes foi, até o momento, inadequadamente descrita. Por exemplo, Holdhaus (1918, p. 9), quando da descrição original de *Solenomorpha similis* (= *Leinzia similis*) notou que a porção anterior da concha estava faltando em todos os espécimes estudados. Consequentemente, Holdhaus (1918) não descreveu a margem anterior da concha de *Leinzia* Mendes. O mesmo ocorreu com Reed (1929), cujos espécimes também estavam mal preservados e não apresentavam a margem anterior preservada (veja RUNNEGAR e NEWELL, 1971). Fora Mendes (1949) quem descreveu, pela primeira vez, o prolongamento anterior em *Leinzia* Mendes, fundamentado em espécimes da mesma localidade de Holdhaus (1918). Notavelmente, contudo, nas ilustrações dos espécimes de Mendes (1949, estampa 1, figs. 1-5) o prolongamento anterior é visível em apenas um indivíduo juvenil (MENDES, 1949, estampa 1, fig. 3), mas esse caráter foi inferido em quase todos os exemplares que foram reconstituídos (MENDES, 1949). Entretanto, a margem cardinal com a projeção pontiaguda (= projeção pteriódica) no espécime número três de Mendes (1949) é similar ao material aqui ilustrado e relativamente distinto daquele figurado por Runnegar e Newell (1971). De fato, dos cinco espécimes ilustrados por esses autores, somente um possui a concha completa (RUNNEGAR e NEWELL, 1971, fig. 24, espécime f). Nesse espécime, a margem cardinal da concha é levemente côncava, sendo reta nos espécimes examinados. Porém, o espécime de Runnegar e Newell (1971, fig. 24, espécime f) está claramente mal preservado. Portanto, é possível que esta concha esteja deformada. O prolongamento anterior é também inferido na concha de *Leinzia* Mendes do Permiano, Formação Yaguari, Uruguai, ilustrada em Morton e Herbst (1990, p. 96, fig. 1). Em outras palavras, em quase todos os espécimes figurados na literatura por autores prévios, a porção anterior da concha de *Leinzia* Mendes não está totalmente preservada ou exposta, levando-os a inferir a forma da concha como originalmente ilustrado por Mendes (1949).

Nas figuras 22, 23 e 24, o prolongamento anterior das conchas de *Leinzia* Mendes são ilustrados. Fundamentado nestes espécimes é possível notar que a extensão anterior da concha deriva de prolongamento reto da margem cardinal, formando uma junção pontiaguda com a margem anterior da valva. Portanto, esse caráter da concha é distinto do *rostrum* em *Anhemia* Mezzalira et al. (Fig. 26), assemelhando-se muito a porção anterior de alguns espécimes de *Holdhausiella* Mendes (veja RUNNEGAR e NEWELL, 1971, p. 41, fig. 16 j-h). Conforme demonstrado por Ferreira-Oliveira (2007, p. 80), essa condição da margem anterior da concha também é visível em espécimes menores que <5mm. Em adição, é possível que as conchas de *Leinzia* Mendes tenham sido pouco espessas e frágeis no prolongamento anterior, o que conduz a alteração da morfologia original ou a não preservação desta estrutura nas conchas deformadas ou fragmentadas. Essa suposição está fundamentada, no fato de que, na grande maioria das conchas ilustradas em publicações prévias, o prolongamento anterior não está presente (fragmentado?), mesmo em espécimes bem preservados, ou está claramente deformado (Fig. 22).

A charneira de *Leinzia* Mendes fora bem descrita por Holdhaus (1918), quando da descrição original de *Solenomorpha similis* [= *Leinzia similis* (Holdhaus)]. Este autor notou que a charneira continha um dente cardinal triangular bem definido na valva direita, sendo completamente distinta de *Terraia* Cox (= *Crassatellacea* Férrusac). Portanto, por que alguns autores compararam a charneira de ambos os gêneros? Essa interpretação errônea fora principalmente introduzida por Beurlen (1954), que comparou as charneiras de *Leinzia similis* (Holdhaus) com àquelas de *Terraia* Cox. No entanto, a similaridade única entre as charneiras de ambos os gêneros se deve a presença de um dente cardinal bem desenvolvido na valva direita. O problema é que Beurlen (1954) ficou impressionado com tal similaridade, especialmente entre o dente cardinal de *Leinzia similis* (Holdhaus) e *Terraia curvata* (Reed). Porém, a charneira dessa última espécie foi descrita de maneira inapropriada por Beurlen (1954). A charneira de *Terraia* Cox é a de um típico crassatellaceo, com diversos dentes laterais, conforme bem ilustrado em Runnegar e Newell (1971). Por outro lado, a charneira de *Leinzia* Mendes é similar a dos Pachydomidae Fischer (*i.e.*, uma charneira com um dente cardinal triangular debaixo do bico da valva direita e uma fosseta correspondente na valva esquerda, sem dentes laterais verdadeiros; veja RUNNEGAR, 1965, 1967, 1974; RUNNEGAR e NEWELL, 1971). Em realidade, a charneira deste gênero é notavelmente similar a de *Cowperesia* Mendes (Figs. 24 e 25), um típico bivalve Pachydomidae Fischer do Grupo Passa Dois. De fato, Mello (1999) e David (2010) notaram as similaridades da charneira da valva direita de *Leinzia* Mendes com

a de outros bivalves Pachydomidae da mesma unidade estratigráfica. Infelizmente, no entanto, estes autores não ilustraram adequadamente a charneira de *Leinzia* Mendes.

Leinzia similis (Holdhaus), 1918

Figura 22-24.

1918 *Solenomorphia similis*, Holdhaus, p. 6, pl. 1, figs. 1-5.

1929 *Cuspidaria similis*, Reed, p. 45, pl. 4, figs. 1-5, 11?

1949 *Leinzia similis*, Mendes, p. 14, pl. 1, figs. 1-5;

1954 *Leinzia similis*, Mendes, p. 100, pl. 3, fig. 4;

1967 *Leinzia similis*, Mendes, pl. 57, fig. 10.

1954 *Leinzia similis*, Beurlen, pl. 5, fig. 48, pl. 6, fig. 60.

1990 *Leinzia similis*, Mezzalana et al., p. 1, figs. 52.

1990 *Leinzia similis*, Morton e Herbst, p. 96, fig. 1.

Material Adicional.— Um molde externo da valva direita (DZP-20416 B) e dois moldes internos da valva direita (DZP-20416 A e 20417).

Descrição.— Concha de tamanho médio (comprimento máximo 36mm), equivalve, posteriormente alongada (Fig. 22 e 24), comprimida, com uma pequena projeção (pterióide) pontiaguda na margem anterior (Fig. 24). Margem dorsal e ventral subparalelas; margem posterior levemente côncava (Fig. 22); margem cardinal reta em frente ao bico (Figs. 22, 23 e 24); carena umbonal bem marcada, estendendo-se diagonalmente do bico à margem posterior da valva (Fig. 22). Umbo baixo, prosógiro, lúnula ausente, escudo longo, bem definido. Ligamento externo, aparentemente opistodético, parivincular. Charneira com dente triangular, bem desenvolvido, inclinado para frente, abaixo do bico da valva direita e fosseta triangular correspondente na valva esquerda (Figs. 22 e 24); dentes laterais verdadeiros ausentes. Concha ornamentada com pelo menos três a nove estrias concêntricas, regularmente espaçadas, também observada na superfície externa do prolongamento anterior (Figs. 22 e 24); estrias ausentes na carena umbonal. Margem posterior da concha com pequenas projeções lamelosas ou espinhosas. Linhas de crescimento moderadamente marcadas, irregularmente espaçadas, visíveis entre as estrias. As estrias concêntricas também se refletem na superfície interna da concha. Cicatriz do músculo adutor anterior relativamente pequena; cicatriz do músculo retrator

pedial bem definida, separada do musculo adutor anterior (Figs. 23 e 24); outras cicatrizes musculares e linha palial desconhecidos.

Ocorrência.— Porção Média do Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto, BR-373, Km 277, município de Prudentópolis, Estado do Paraná, Brasil.

Discussão.— A ornamentação externa de *Leinzia similis* (Holdhaus) é similar a ornamentação externa de *Cowperesia anceps* (Reed), ambas as conchas são também muito comprimidas, possuindo dente cardinal triangular proeminente na valva direita. Porém, a morfologia geral da concha das duas espécies é claramente distintas e, em adição, *Cowperesia anceps* (Reed) possui sinus palial bem definido e descontinuidade sifonal na margem posterior da concha. A concha posteriormente alongada de *Leinzia similis* (Holdhaus), com carena umbonal bem marcada, lembra à de *Holdhausiella elongata* (Holdhaus). Notavelmente, a margem cardinal de algumas conchas desta última espécie contem também pontiaguda semelhante a de *Leinzia similis* (Holdhaus) (veja RUNNEGAR e NEWELL, 1971, p. 41, fig. 16 j-h). As cicatrizes musculares em *Leinzia similis* (Holdhaus) são também similares a outros Pachydomidea (*i.e.* *Plesiocyprinella carinata* Holdhaus). No entanto, a ornamentação externa de *Holdhausiella elongata* (Holdhaus) é distinta daquela de *Leinzia similis* (Holdhaus), apresentando linhas de crescimento ou lamelas irregularmente espaçadas que formam, muitas vezes, projeções espinhosas na margem dorsal da concha. A ornamentação de *Leinzia similis* (Holdhaus), por sua vez, é formada por rugas concêntricas regularmente espaçadas. Em adição, a charneira de *Holdhausiella elongata* (Holdhaus) é edentelosa e, portanto, distinta de *Leinzia similis* (Holdhaus).

As conchas de *Huabiella compressa* David et al. da Formação Gai-As, Permiano, Bacia de Huab, Namíbia, África, são externamente muito semelhantes às de *Leinzia similis* (Holdhaus). Apesar da ornamentação externa ser muito semelhante em ambas as espécies, em *Huabiella compressa* David et al. as estrias terminam abruptamente na carena umbonal. Já em *Leinzia similis* (Holdhaus) as estrias não estão presentes na carena umbonal. Infelizmente, a charneira e cicatrizes musculares de *Huabiella compressa* David et al. ainda são desconhecidas. Portanto, até o momento, uma comparação mais detalhada entre estas espécies é ainda inviável. Finalmente, a charneira e morfologia geral da concha de *Terraia altissima* (Holdhaus) e outras espécies deste gênero [*T. aequilateralis* Mendes, *T. curvata* (Reed) *T. bipleura* (Reed)] são completamente distintas daquelas de *Leinzia similis* (Holdhaus) e, portanto, a comparação entre estas espécies é infundada.

Medidas.— Tabela 06 exibindo valores das feições biométricas de conchas de *Leinzia similis* (Holdhaus).

Espécime	Valva	Compr. (L)	Altura (H)	Ind. de Alongamento (L/H)
DZP-20416 A	Direita	19	8	2,37
DZP-20416 B	Direita	20	9	2,22
DZP-20417	Direita	28	9	3,11
DZP-20418	Esquerda	----	----	----
DGP/7-85	Esquerda	25	6	4,16
DGP/7-86	Esquerda	36	11	3,27
DGP/7-88	Esquerda	28	11	2,54

Tabela 06. Medidas (mm) para valvas de *Leinzia similis* Mendes. Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.

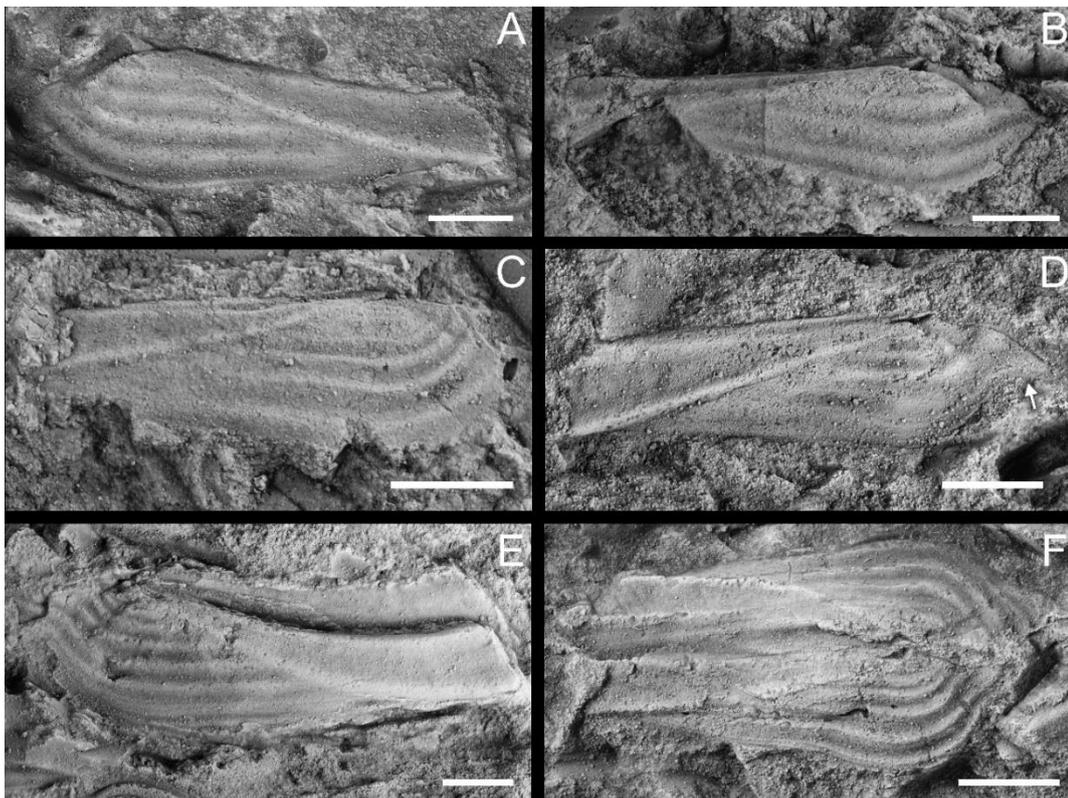


Figura 22. *Leinzia similis* (Holdhaus), Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Molde composto da valva esquerda, DGP/7-88, destacando a fosseta triangular. B- Molde composto, valva direita, DZP-20417, com dente triangular bem desenvolvido. C- Molde composto, valva direita, DZP-20416 A, com escudo bem desenvolvido (setas). D- Molde composto da valva direita, DGP/7-88, note a deformação do prolongamento da margem anterior da concha (seta). E- Molde composto, valvas conjugadas, DGP/7-86, exemplar levemente deformado. F- Molde composto, valvas conjugadas, DGP/7-88, note a margem posterior reta da concha em relação a margem posterior encurvada do exemplar exibido em E. Escala= 5mm.

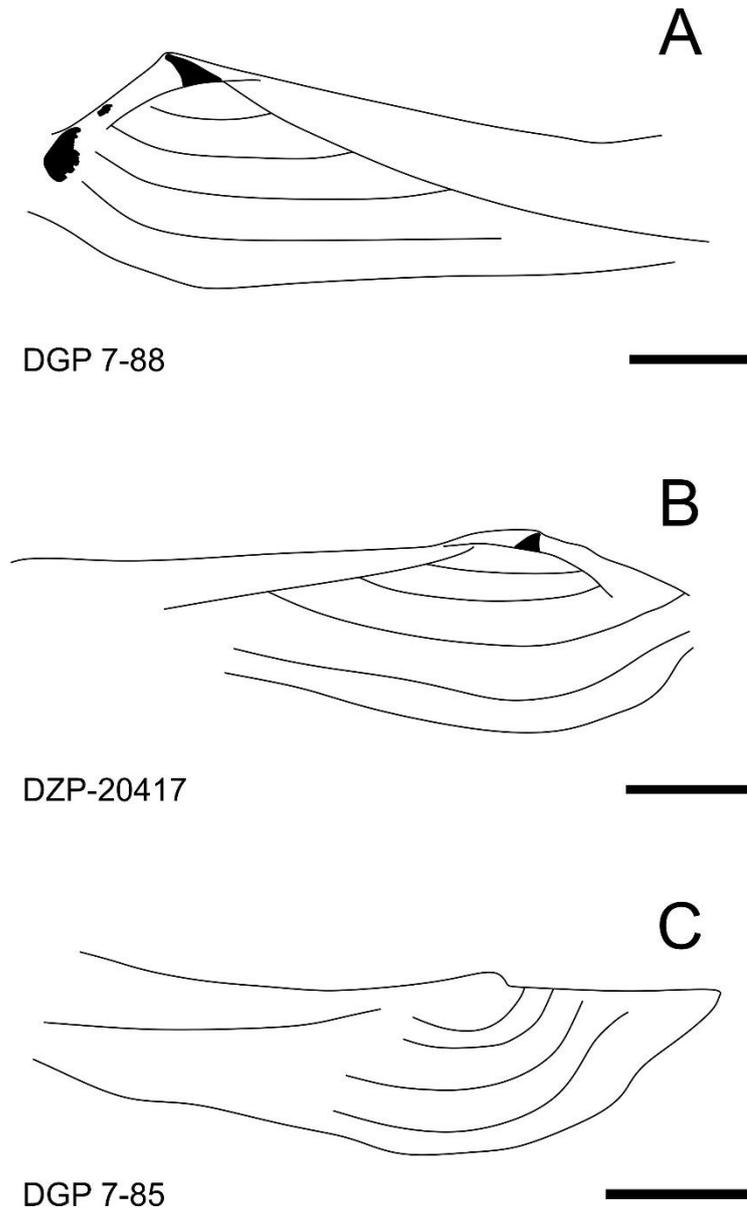


Figura 23. *Leinzia similis* (Holdhaus), Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Valva esquerda, charneira com fosseta triangular bem desenvolvida, observe as cicatrizes musculares. B- Valva direita, charneira com dente triangular bem marcada, sem dentes laterais. C- Valva esquerda, mostrando o prolongamento da margem anterior da concha. Escala= 5mm.

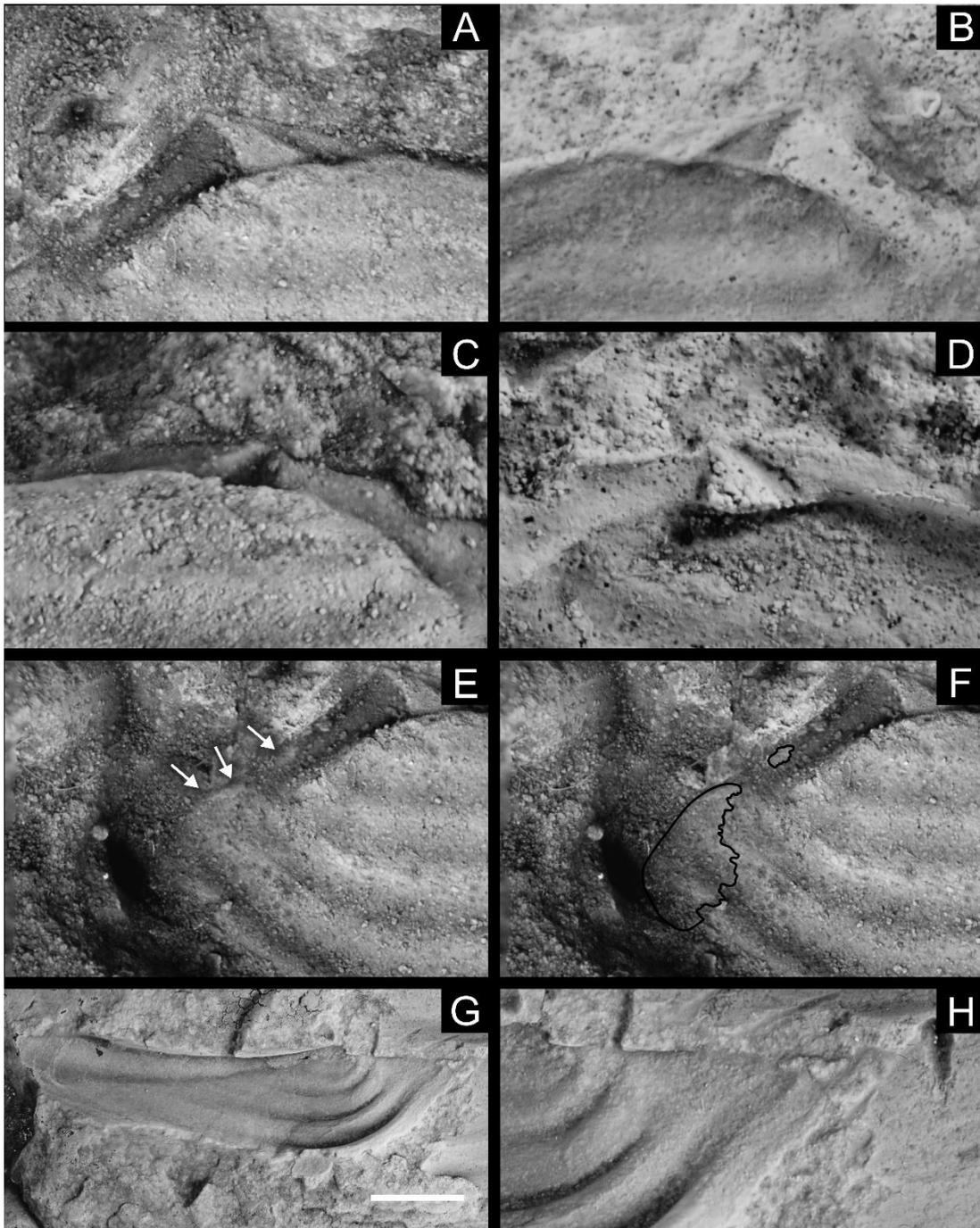


Figura 24. *Leinzia similis* (Holdhaus), Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Molde composto da valva esquerda, DGP/7-88, com fosseta triangular bem desenvolvida. B- Molde de látex do exemplar em A, observe a ausência de dentes laterais na charneira e fosseta triangular bem desenvolvida abaixo do umbo. C- Molde composto da valva direita, DZP-20417, com dente triangular bem desenvolvido. D- Molde de látex do exemplar em C, repare a ausência de dentes laterais na charneira. E- Mesmo exemplar em A, destacando as cicatrizes dos músculos adutor, protrator e retrator pedial anteriores (setas). F- Mesmo exemplar em E, mostrando detalhes das cicatrizes musculares. G- Molde externo da valva esquerda, DGP/7-85, com prolongamento anterior bem preservado. H- Mesmo exemplar em G, note as estrias concêntricas no prolongamento anterior. Escala= 5mm.

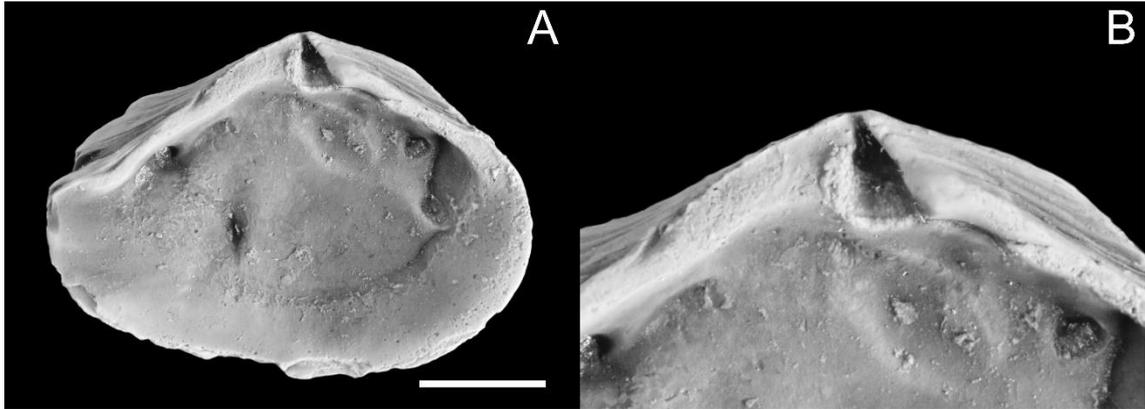


Figura 25. Charneira de *Cowperesia anceps* (Reed) (Pachydomidae) para comparação com a de *Leinzia similis* (Holdhaus), Permiano, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, Brasil. A- Valva esquerda silicificada, DZP-1969D, morfologia geral da concha de *Cowperesia anceps* (Reed), Formação Teresina, destacando as cicatrizes dos músculos adutor, protractor e retrator pedial anteriores e posteriores e a linha palial com sinus bem definido. B- Mesmo exemplar em A, mostrando detalhes da charneira com fosseta triangular bem desenvolvida abaixo do umbo e ausência de dentes laterais verdadeiros. Compare estas imagens com os espécimes de *Leinzia similis* Mendes na Figura 20A-D. Escala= 5mm.

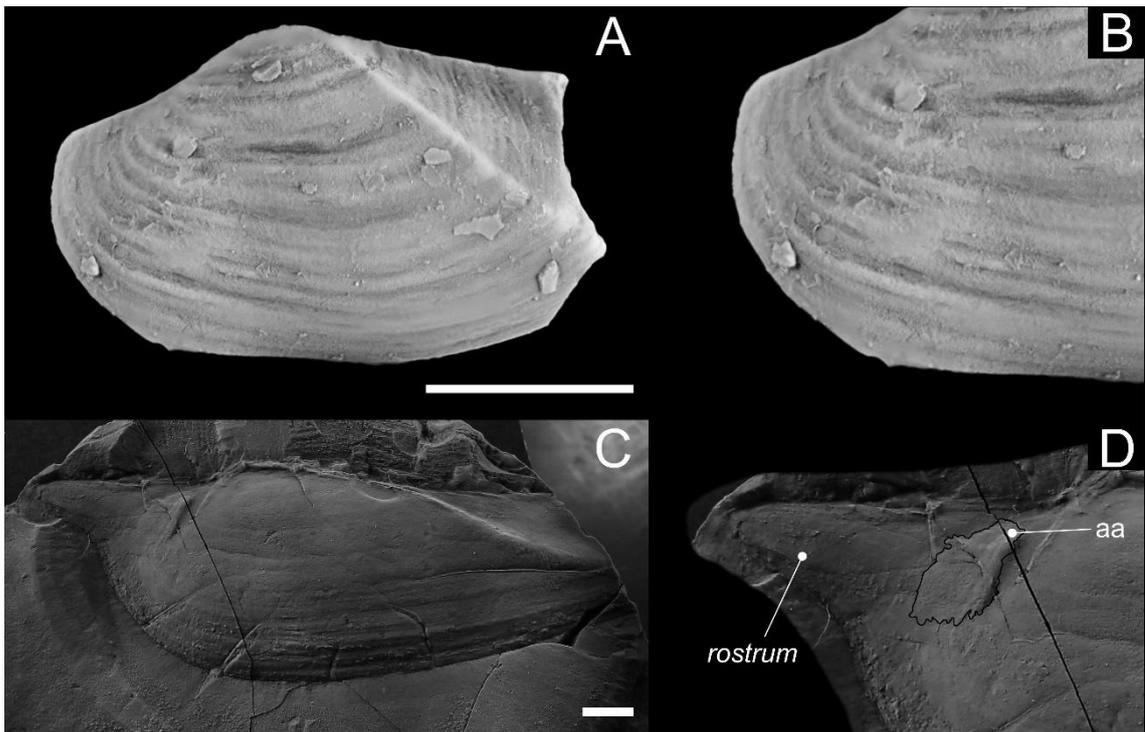


Figura 26. *Holdhausiella elongata* (Holdhaus) e *Anhembia froesi* (Mendes), Permiano, formações Serra Alta e Teresina, Bacia do Paraná, Brasil. A, B- *Holdhausiella elongata* (Holdhaus), DZP-20441, concha silicificada, valva esquerda, observe a margem anterior pontiaguda, à semelhança da presente em *Leinzia similis* Mendes. C, D- *Anhembia froesi* (Mendes), DGP/7-91, molde composto, valva esquerda, destacando a margem anterior da concha com *rostrum* bem desenvolvido. Note a diferença com relação à *Leinzia similis* (Holdhaus) na Figura 20G-H, a despeito da semelhança na inserção do músculo adutor anterior. Explicação: aa= músculo adutor anterior. Escala= 5mm.

Relogiicola gen. nov.

Figura 27.

Espécie Tipo.— *Relogiicola delicata* gen. et sp. nov.

Diagnose.— Concha pequena, oval, lateralmente comprimida; margem dorsal com expansão alar bem definida. Charneira da valva direita com dente cardinal triangular, bem desenvolvido, imediatamente abaixo do bico. Charneira da valva esquerda com fosseta triangular correspondente, e com duas projeções odontóides na margem cardinal, a frente e atrás da fosseta. Dentes laterais verdadeiros ausentes. Ornamentação constituída por linhas de crescimento irregularmente espaçadas. Musculatura desconhecida.

Etimologia.— *Religio*, mais *incola* (lat., habitante de) uma vez que as conchas foram reportadas pela primeira vez perto da cidade de Relógio, Estado do Paraná, sul do Brasil.

Ocorrência.— Municípios de Prudentópolis e Paulo Frontin, Estado do Paraná, Grupo Passa Dois, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil.

Discussão.— A natureza da área da charneira que inclui um dente triangular bem desenvolvido na valva direita de *Relogiicola* gen. nov., indica a afinidade desse gênero com outros bivalves pachydomídeos do Paleozoico Tardio. Este caráter é a sinapomorfia desses bivalves (RUNNEGAR, 1967; SIMÕES et al., 1997). Neste sentido, *Relogiicola* gen. nov. assemelha-se a *Angatubia* Mendes, *Cowperesia* Mendes e *Pyramus* Dana, *Leinzia* Mendes, *Oliveiraia* Mendes, dentre outros. No entanto, a presença de uma expansão da margem dorsal da concha, alar e bem desenvolvida separa *Relogiicola* gen. nov. dos outros bivalves pachydomídeos.

Relogiicola delicata gen. et sp. nov.

Figura 26.

1985 *Relogiicola delicata nomen nudum*, Rohn, p. 134.

1988 *Relogiicola delicata nomen nudum*, Rohn, p. 39.

1994 *Relogiicola delicata nomen nudum*, Rohn, p. 47.

1998 *Relogiicola delicata nomen nudum*, Simões et al., p. 449.

Material.— Sete moldes internos, incluindo quatro valvas esquerdas (GP/1T-1332g, GP/1T-1352A, GP/1T-1389a, GP/1T-1353), uma valva direita (GP/1T-1332a), duas conchas conjugadas (DZP-20183A, DZP-20232), e um molde externo da valva direita (GP/1T-1332h). Holotipo: GP/1T-1352A.

Diagnose.— Assim como no gênero (veja acima).

Descrição.— Concha pequena (comprimento máximo 20 mm), posteriormente alongada (L/H, 1.81), equivalve, lateralmente comprimida, sem descontinuidades. Umbo baixo, inconspícuo, situado anteriormente. Margem dorsal da concha reta, com projeção alar bem definida. Carena umbonal pouco marcada; lúnula e escudo ausentes. Ligamento opistodético, externo, parivincular. Charneira da valva direita com dente cardinal triangular bem definido, abaixo do umbo; fosseta triangular correspondente na valva esquerda. Charneira da valva esquerda com duas projeções odontóides na margem cardinal, a frente e atrás da fosseta; dentes laterais verdadeiros ausentes. Superfície externa da concha ornamentada com linhas de crescimento irregularmente espaçadas. Cicatrizes musculares e linha palial desconhecidas.

Ocorrência.— Municípios de Prudentópolis e Paulo Frontin, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, Brasil. Guadalupiano.

Discussão.— *Relogiicola delicata* gen. et sp. nov. assemelha-se externamente com *Angatubia cowperesioides* Mendes. De fato, as conchas destas espécies são equivalve, pequenas, com carena umbonal pouco marcada, lateralmente comprimidas, posteriormente alongadas e não possuem descontinuidades sifonal e pedial. Em adição, essas espécies compartilham também ornamentação com linhas de crescimento finas e irregularmente espaçadas. No entanto, a charneira de *A. cowperesioides* Mendes é edentelosa, diferindo da charneira de *R. delicata* gen. et sp. nov. que possui um dente triangular bem desenvolvido abaixo do umbo, sem dentes laterais verdadeiros. Este caráter da charneira de *R. delicata* gen. et sp. nov. assemelha-se com a charneira de *Cowperesia anceps* (Reed). No entanto, conchas de *C. anceps* (Reed) são lateralmente mais comprimidas e ornamentadas por estrias concêntricas regularmente espaçadas. Adicionalmente, as conchas de *C. anceps* (Reed) possuem sinus palial bem definido e descontinuidade sifonal, diferindo das conchas de *R. delicata* gen. et sp. nov. A charneira de *R. delicata* gen. et sp. nov. pode ser comparada com conchas do gênero *Alula* Girty do Permiano da América do Norte, cuja semelhança na denticção dos Pachydomidae Fischer do Permiano da

Bacia do Paraná fora abordada por Runnegar e Newell (1971, p. 58). A morfologia geral da concha de *R. delicata* gen. et sp. nov. é, no entanto, completamente distinta de *Alula squalmulifera* Girty. Finalmente, a projeção alar bem definida na margem dorsal das conchas de *R. delicata* gen. et sp. nov. estão ausentes em todos os outros bivalves Pachydomidae Fischer do Paleozoico sendo, portanto, a autapomorfia desta espécie.

Medidas.— Tabela 07 exibindo valores das feições biométricas de conchas de *Relogiicola delicata* gen. et sp. nov.

Espécime	Valva	Compr. (L)	Altura (H)	Ind. de Alongamento (L/H)
GP/1T-1352A	Esquerda	16	10	1,60
DZP-20232	Articulada	12	7	1,71
DZP-20183A	Articulada	18	11	1,63
GP/1T-1332a	Direita	10	7	1,42
GP/1T-1332h	Direita	10	7	1,42
GP/1T-1332g	Esquerda	9	5	1,80
GP/1T-1389a	Esquerda	17	10	1,70
GP/1T-1353	Esquerda	11	8	1,37

Tabela 07. Medidas (mm) para valvas de *Relogiicola delicata* gen. et sp. nov. Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.

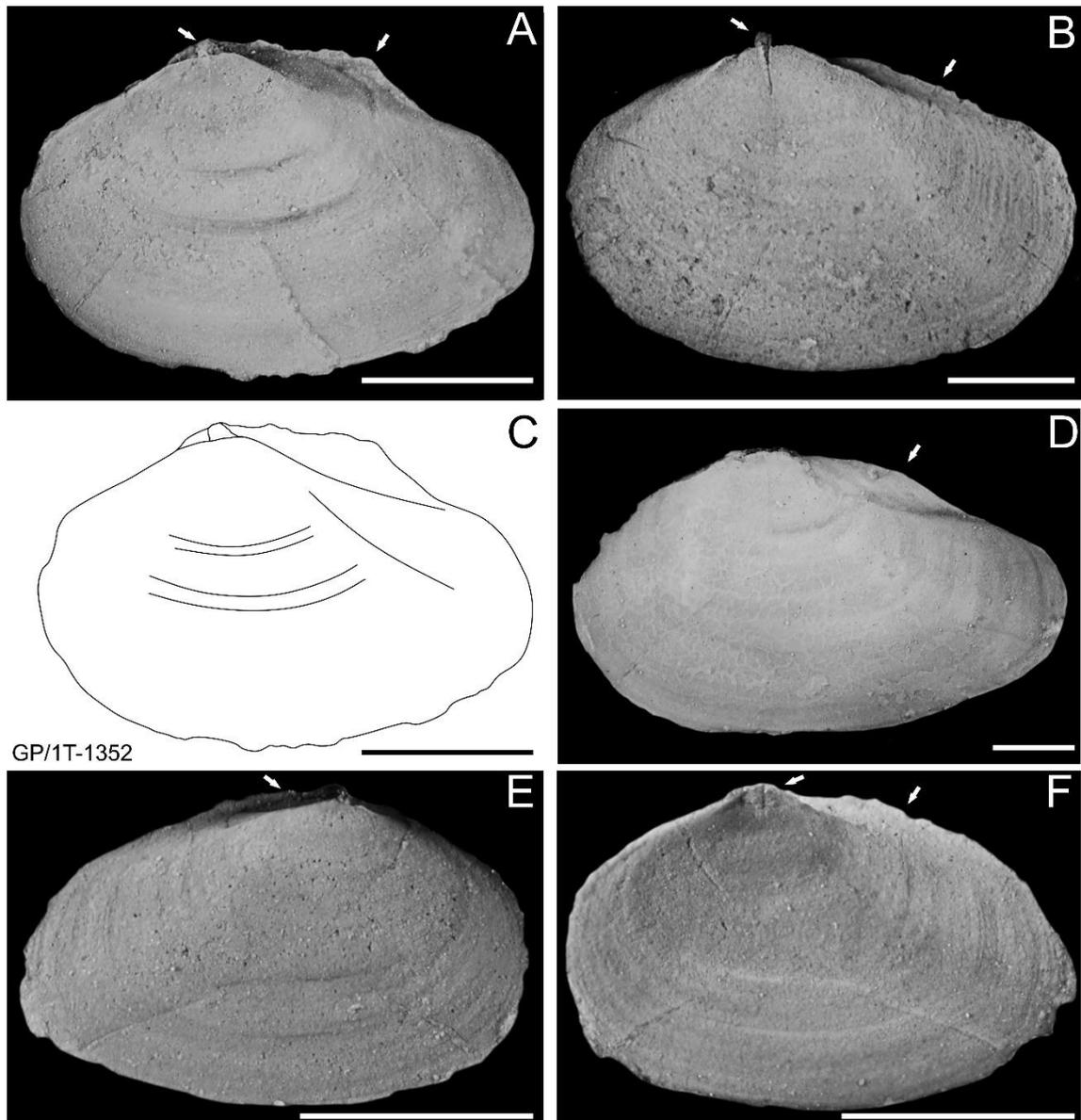


Figura 27. *Religiincola delicata* gen. et sp. nov., Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil, ressaltando a charneira (setas) com um dente triangular bem desenvolvido e a fosseta correspondente (setas); margem dorsal com uma expansão alar bem marcada da concha (setas). A- Molde composto, valva esquerda, GP/1T-1352A (holotipo). B- Molde composto, valva esquerda, parátipo, DZP-20232, note a ornamentação. C- Esquema do holótipo em A. D- Molde composto, valva esquerda, DZP-20183A. E- Molde composto, valva direita, parátipo, GP/1T-1332a. F. Contraparte do mesmo espécime em E, note a expansão da margem dorsal da concha (seta). Escala= 5mm.

Oliveiraia Mendes, 1954, diagnose emendada.

Espécie Tipo.— *Thracia pristina* Reed, 1929, monotipo.

Material Tipo.— DGM 1279, 1287, 1290 (REED, 1929, pl. 2, fig. 15; MENDES, 1954, pl. 3, fig. 8) do Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto, ~8 km noroeste de Mallet, Estado do Paraná, sul do Brasil.

Diagnose.— Concha pequena (comprimento máximo de 20mm), suboval, moderadamente comprimida, equivalve, com carena umbonal curva, levemente marcada. Umbo subcentral com bicos opistógiros; lúnula ausente, escudo estreito e longo. Charneira da valva direita com dente cardinal triangular grande, abaixo do bico e fosseta triangular correspondente na valva esquerda; dentes laterais ausentes. Linha palial larga, distante da margem ventral, com sinus pequeno, mas bem definido. Superfície externa da concha ornamentada com linhas de crescimento irregularmente espaçadas.

Discussão.— Em sua clássica monografia, Runnegar e Newell (1971, p. 59) evidenciaram que a “charneira e musculatura de *Oliveiraia* são desconhecidas e, portanto, suas afinidades permanecem obscuras”. Na ausência dessas e outras características diagnósticas, esses autores mantiveram este gênero como *incertae sedis* dentro de Modiomorphacea Miller, 1977. Os exemplares de *Oliveiraia* Mendes (DZP-20359, 20360, 20361 e 20362), aqui estudados, cuja a estrutura da charneira e cicatrizes musculares estão razoavelmente bem preservadas, lançam nova luz sobre a questão das afinidades deste gênero endêmico do Grupo Passa Dois. Embora a morfologia externa de *Oliveiraia* Mendes assemelhe-se a de *Terraia altissima* (Holdhaus) e *T. curvata* (Reed) (veja também RUNNEGAR e NEWELL, 1971, p. 59), a estrutura da charneira é completamente distinta. De fato, a charneira de *Oliveiraia* Mendes é similar a de *Beurlenella* Anelli et al., gênero característico do Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto (ANELLI et al., 2010; SIMÕES et al., 2015) e de *Cowperesia* Mendes, da Formação Teresina. Nos três gêneros, a charneira possui apenas um dente triangular bem desenvolvido na valva direita e fosseta correspondente na valva esquerda. Este tipo de charneira é comum nos bivalves Pachydomidae Fischer do Grupo Passa Dois (*Plesiocyprinella* Holdhaus, *Itatamba* Simões et al.) (RUNNEGAR e NEWELL, 1971; SIMÕES et al., 1997; MELLO, 1999) e do Permiano da Austrália (*Megadesmus* Dana, *Astartilla* Dana, *Pyramus* Dana) (RUNNEGAR, 1965, 1974), sendo a sinapomorfia para a família (RUNNEGAR, 1967, 1974; RUNNEGAR e NEWELL,

1971; SIMÕES et al., 1997; MELLO, 1999). Portanto, o gênero *Oliveiraia* Mendes pode ser referido a esta família e não aos Modiomorphacea Miller.

Oliveiraia pristina (Reed), 1929

Figura 28-29.

1929 *Thracia pristina*, Reed, p. 51, pl. 2, fig. 15.

1929 *Thraciaperversa*, Reed, p. 53, pl. 2, figs. 17, 18.

1929 *Gonodon* (*Schafhdutlia*) cf. *astartiformis* Monster, Reed, p. 57, pl. 3, fig. 11.

1954 *Oliveiraia pristina*, Mendes, p. 104, pl. 3, fig. 8.

1954 *Thraciomorpha perversa*, Lange, p. 69.

1954 *Thraciomorpha pristina*, Lange, p. 69.

1954 *Thraciomorpha*, Beurlen, p. 69.

1954 ?*Thraciomorpha* (?) *prolata*, Beurlen, p. 69.

Material Tipo.— Holotipo DGM 1279, 1287, 1290 do Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto, ~8 km noroeste de Mallet, Estado do Paraná, sul do Brasil.

Material Adicional.— Os parátipos DZP-20359, 20360, 20361 e 20362, são moldes internos encontrados no Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto. Coletivamente, as charneiras e cicatrizes musculares estão preservadas. Portanto, devido à ausência desses caracteres no holótipo, as conchas acima mencionadas são aqui designadas como parátipos de *Oliveiraia pristina*.

Descrição.— Concha de *Oliveiraia* Mendes com dente cardinal triangular bem desenvolvido, na valva direita e fosseta triangular correspondente na valva esquerda; dentes laterais ausentes. Cicatriz do musculo adutor anterior relativamente grande, subquadrada; cicatriz do musculo adutor posterior oval, situada na carena umbonal. Cicatriz do musculo retrator pedial anterior bem definida, separada da cicatriz do musculo adutor anterior; cicatriz do musculo protractor pedial anterior unida à margem dorsal da cicatriz do musculo adutor; outras cicatrizes musculares (*i.e.*, elevador pedial) não observadas. Linha palial larga, contínua, distante da margem ventral, com sinus palial pequeno. Superfície externa da concha ornamentada por linhas de crescimento irregularmente espaçadas.

Ocorrência.— Municípios de Mallet e Prudentópolis, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, Brasil. Guadalupiano.

Discussão.— *Oliveiraia pristina* (Reed) assemelha-se as espécies *Terraia altissima* (Holdhaus) e *T. curvata* (Reed), em decorrência de dente triangular bem desenvolvido na valva direita e uma fosseta profunda na valva esquerda. Porém, difere em alguns caracteres, tais como: (a) ausência de dentes laterais típicos de crassatelaes; (b) o contorno da concha de *Oliveiraia* Mendes é semelhante ao do gênero *Thracia*; (c) escudo bem definido, e (d) pequeno sinus palial. Conforme já mencionado acima, a estrutura da charneira de *Oliveiraia pristina* (Reed), com dentição típica dos Pachydomidae Fischer é semelhante àquela encontrada em *Beurlenella elongatella* Anelli et al., *Cowperesia anceps* (Reed) e *C. emerita* (Reed). No entanto, a concha posteriormente alongada de *Beurlenella elongatella* Anelli et al. é distinta da de *Oliveiraia pristina* (Reed), cujo contorno é suboval. Infelizmente, a linha palial e a cicatriz do músculo adutor anterior de *Beurlenella elongatella* Anelli et al. são caracteres ainda desconhecidos (veja ANELLI et al., 2010), dificultando a comparação mais precisa entre ambas espécies. A concha de *Oliveiraia pristina* (Reed) apresenta grande semelhança com as de *Cowperesia anceps* (Reed), pois ambas são lateralmente comprimidas e possuem escudo bem definido. Além disso, em ambas as conchas a linha palial possui sinus pouco desenvolvido. Porém, as conchas de *Cowperesia anceps* (Reed) são ornamentadas com estrias concêntricas regularmente espaçadas, enquanto a superfície externa de *Oliveiraia pristina* (Reed) tem linhas de crescimento irregularmente espaçadas.

Medidas.— Tabela 08 exibindo valores das feições biométricas de conchas de *Oliveiraia pristina* Mendes.

Espécime	Valva	Compr. (L)	Altura (H)	Ind. de Alongamento (L/H)
DZP-20359	Direita	21	17	1,23
DZP-20360	Direita	23	11	2,09
DZP-20361	Direita	19	12	1,58
DZP-20362	Esquerda	19	14	1,35

Tabela 08. Medidas (mm) para valvas de *Oliveiraia pristina* Mendes. Explicação: Compr.: comprimento; Ind.: índice.

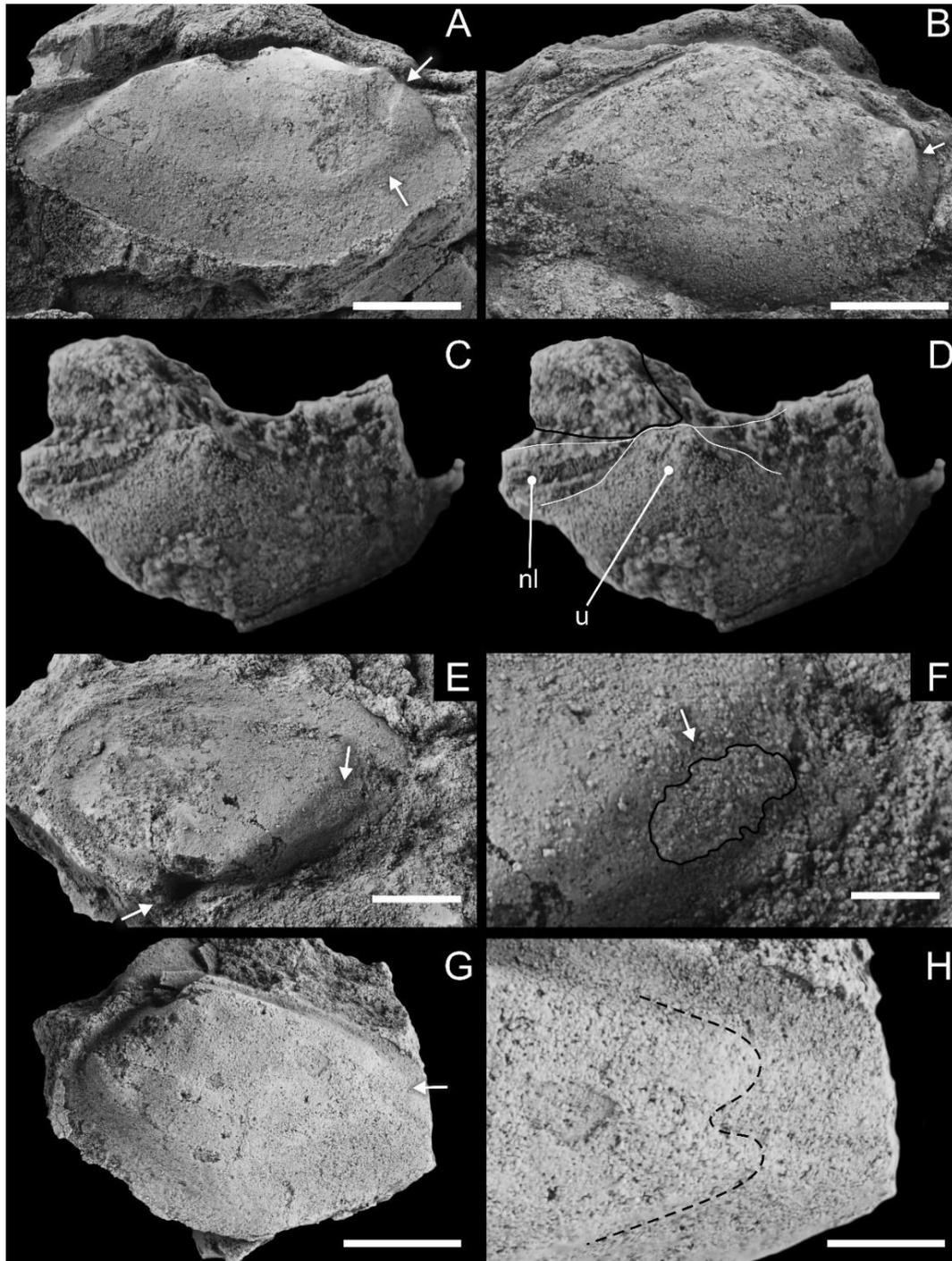


Figura 28. *Oliveiraia pristina* (Reed), Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- Molde interno, valva direita, DZP-20360, note a cicatriz do protractor pedial anterior e linha palial (setas). B- Molde interno, valva direita, DZP-20361, observe a cicatriz do musculo adutor anterior (seta) bem preservada. C, D- Fragmento de concha silicificada, valva direita, DZP-20360, repare o dente triangular bem desenvolvido, destacado na imagem em D. E, F- Molde interno, valva direita, DZP-20359, note a charneira com dente triangular bem desenvolvido (seta) e cicatriz do musculo adutor posterior (seta) preservada, destacada em F. G, H- Molde interno, valva esquerda, DZP-20362, note o sinus palial (seta) bem preservado. Explicação: nl: ninfa ligamentar; u: umbo. Escala= 5mm.

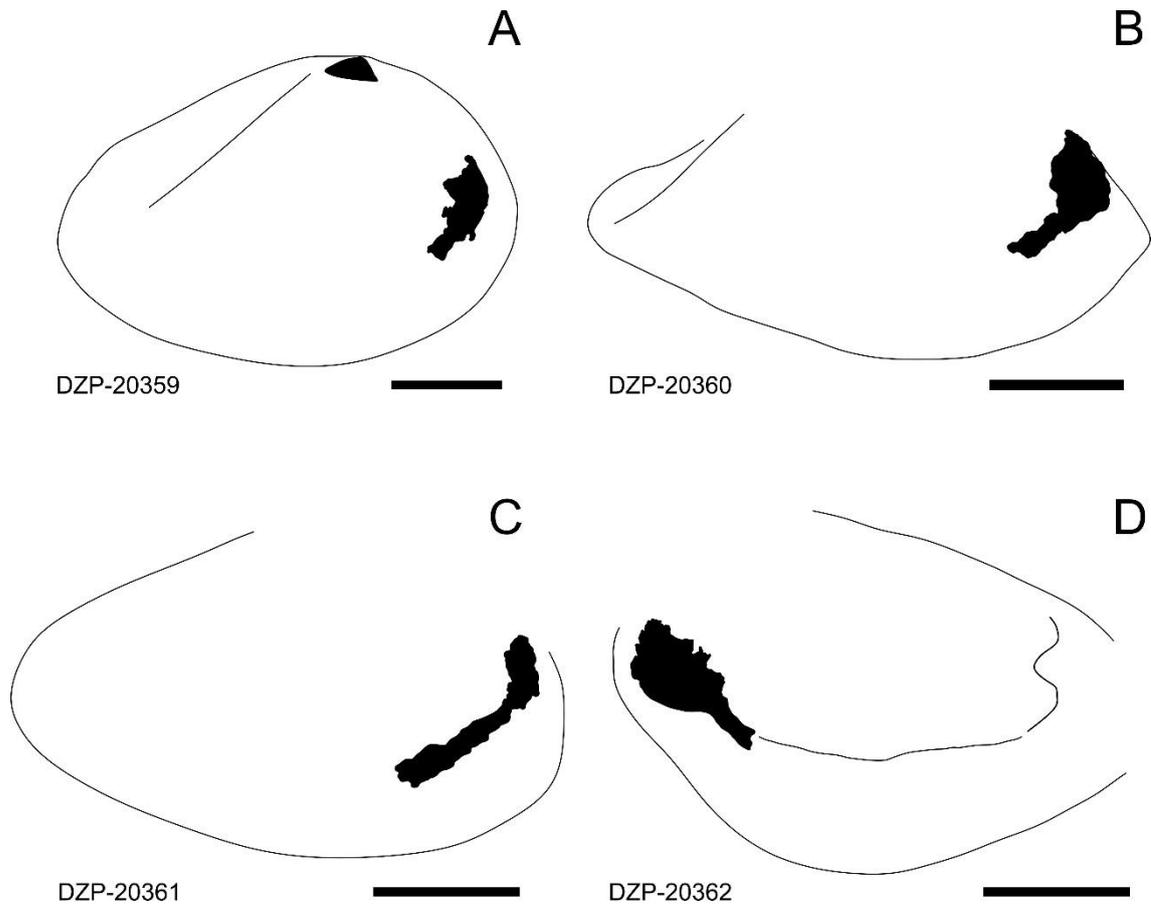


Figura 29. *Oliveiraia pristina* (Reed), Permiano, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. A- valva direita, molde interno, charneira com dente cardinal triangular bem desenvolvido. B- Molde interno, valva direita, observe a cicatriz do musculo adutor anterior subquadrada e a cicatriz do musculo protractor pedial anterior unida à margem dorsal do musculo adutor. C- Molde interno, valva direita, com linha palial larga, distante da margem ventral. D- Molde interno, valva esquerda, note o sinus palial pequeno, bem desenvolvido. Escala= 5mm.

6. DISCUSSÃO

Os dados obtidos para as assembleias de bivalves situadas na transição e porção basal do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto, indicam que, pelo menos, cinco táxons de bivalves estão presentes, incluindo: *Palaeomutela platinensis* (Reed), *P. australis* sp. nov., *Terraia decarinata* sp. nov., *Terraia* cf. *T. decarinata* sp. nov. e *Relogiicola delicata* gen et sp. nov., além de formas indeterminadas. Estes bivalves podem ser reunidos em três grandes grupos, com afinidades aos Palaeomutelidae Lahusen, Astartidae d'Orbigny e os Pachydomidae Fischer. Estes dados são muito relevantes do ponto de vista da evolução, paleoecologia e biocorrelação da malacofauna endêmica do Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, conforme comentado adiante.

6.1. ASSEMBLEIAS DE BIVALVES: CONTEXTO ESTRATIGRÁFICO E COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA

Os bivalves acima referidos ocorrem restritos a determinados estratos na passagem entre os membros Serrinha e Morro Pelado (Figs. 03 e 04), o que é corroborado também pelos dados em Rohn (1988, 1994). Neste contexto, três principais assembleias fósseis (*sensu* KIDWELL et al., 1986), todas dominadas por bivalves (Tabelas 08, 10 e 12), foram identificadas. Estas são aqui informalmente designadas pelo nome da espécie dominante, ou seja, *Terraia decarinata*, *Terraia* cf. *T. decarinata* e *Palaeomutela australis*. Conforme discussões em Rohn (1988, 1994), é muito difícil a correlação entre os estratos fossilíferos contendo bivalves das assembleias identificadas. De modo geral, as três assembleias ocorrem aproximadamente no mesmo intervalo estratigráfico. De qualquer forma, a assembleia situada em posição estratigráfica mais basal é a de *Terraia decarinata*, cuja composição faunística é mostrada na tabela 08. A assembleia é amplamente dominada por *Terraia decarinata* sp. nov., seguida de *Relogiicola delicata* gen et sp. nov., marcando, porém, o primeiro aparecimento dos Palaeomutelidae no Grupo Passa Dois. Este grupo de bivalves tipicamente límnicos, entretanto, ocorre ainda de modo subsidiário nesta assembleia (vide Tabela 08).

Do ponto de vista da preservação dos bivalves, as conchas na assembleia de *Terraia decarinata* estão majormente desarticuladas, não havendo, porém, desvio da proporção 50-50 entre as valvas esquerdas e direitas. Além disso, conchas articuladas são comuns, especialmente as abertas (Tabela 09). Todas as espécies representadas na assembleia, incluindo as formas indeterminadas, possuem exemplares articulados. Esses dados apontam para o fato de que os

bivalves não foram extensivamente transportados e também não sofreram longa exposição na interface água/sedimento (vide BRETT e BAIRD, 1986; KIDWELL et al., 1986; FÜRSICH e OSCHMANN, 1993; HOLZ e SIMÕES, 2003). As conchas na assembleia de *Terraia decarinata* são, portanto, interpretadas como parautóctones a autóctones (*sensu* KIDWELL et al., 1986) (vide Tabela 09). As conchas ocorrem em direta associação, mesma amostra de mão, com conchostráceos, como, por exemplo, *Monoleiolphus unicostatus* (Reed) (FERREIRA-OLIVEIRA e ROHN, 2010). A ocorrência de bivalves Palaeomutelidae e conchostráceos é importante, pois atesta a influência do aporte de águas continentais, dulcificando os ambientes marginais da Bacia do Paraná, neste intervalo de tempo. O fato das conchas estarem predominantemente articuladas sugere também que episódios com maior aporte sedimentar atingiam os ambientes proximais colonizados pelos bivalves, contribuindo para a preservação das conchas de forma articulada no ambiente de vida.

Estratos equivalentes aos contendo membros da assembleia de *Terraia decarinata* são também encontrados no afloramento AF/GP-192 (vide ROHN, 1988), nas proximidades de Prudentópolis, Estado do Paraná, os quais registram a presença de conchas do gastrópode *Dendropupa* sp. Esta ocorrência é relevante do ponto de vista paleoambiental. *Dendropupa* sp. é um pequeno (~4mm) gastrópode Pulmonata, Stylommatophora, de concha delgada, pupiforme, com enrolamento helicoidal e de ocorrência vertical e horizontal restrita na Formação Rio do Rasto. Os poucos registros conhecidos na literatura geológica do Grupo Passa Dois (veja MENDE, 1954; ROHN, 1988) dão conta de sua ocorrência em siltitos do Membro Serrinha em associação com conchas de *Leinzia similis* (Holdhaus), *Oliveiraia pristina* (Reed) e *Cowperesia emerita* (Reed) (MENDES, 1954; RUNNEGAR e NEWELL, 1971; ROHN, 1988), proveniente de afloramentos em Prudentópolis, Reserva e Cândido de Abreu, e no Membro Morro Pelado, no afloramento AF/GP-192 (vide ROHN, 1988), na BR-277, km-296,7, município de Prudentópolis, Estado do Paraná (ROHN, 1988). Esta ocorrência é coeva a do afloramento 1, Tijuco Preto (Figs. 04 e 05) (R. ROHN, informação verbal, março de 2018), contendo representantes da assembleia de *Terraia decarinata*. Embora não existam estudos detalhados sobre *Dendropupa* Dawson na Formação Rio do Rasto, a presença deste gastrópode terrestre é duplamente importante, pois (a) suas conchas constituem elementos alóctones nos estratos sedimentares onde são registradas e (b) fornecem informações sobre parte da biota de invertebrados continentais que colonizou os ambientes terrestres às margens da Bacia do Paraná, nos tempos Morro Pelado.

Notavelmente, ao contrário do imaginado até os anos 60, quando ainda eram interpretados como possivelmente aquáticos e dulcícolas (vide comentários de Ellis Yochelson, em

RUNNEGAR e NEWELL, 1971, p. 26), as pesquisas conduzidas a partir do final da década de 1970 (veja SOLEM e YOCHELSON, 1979) demonstraram que *Dendropupa* Dawson foi um gastrópode terrestre, herbívoro, o qual vivia em direta associação com vegetais de diferentes tipos, podendo ocupar a serapilheira ou ainda viver enterrado no solo. De fato, conchas *in situ* de *Dendropupa* Dawson já foram reportadas no interior de troncos ocos de *Lycopsida* Scott (vide DAWSON, 1860, 1880; SOLEM e YOCHELSON, 1979; RYGEL, 2005), em depósitos de paleossolos ou mesmo em depósitos de canal fluvial ou em lamitos ricos em restos vegetais (HEBERT e CALDER, 2004). Por exemplo, Falcon-Lang et al. (2004) e Rygel (2005) reportaram acúmulos densos de conchas de *Dendropupa* Dawson, em depósitos de canal fluvial, nas “Camadas Herbt”, Carbonífero, em Joggins, Nova Escócia, Canadá. Notavelmente, as concentrações densas de conchas são interpretadas como o resultado do rápido soterramento de gastrópodes que estavam se alimentando de restos vegetais em canais fluviais, durante períodos de estiagem. O aporte sedimentar associado à chegada de água doce, durante períodos úmidos, seria responsável pelo soterramento *in situ* e preservação das conchas de *Dendropupa* Dawson (FALCON-LANG et al., 2004; RYGEL, 2005). Em outras palavras, a acumulação densa de conchas não seria produto de processos sedimentares de transporte dos bioclastos, mas sim do soterramento abrupto de conchas autóctones no sitio deposicional. Por outro lado, depósitos do tipo Lagerstätten (*sensu* SEILACHER, 1970), gerados pela decantação de cinzas vulcânicas, que deram origem a famosa floresta petrificada da Formação Leukersdorf, Cisuraliano (RÖBLER et al., 2012), Alemanha, contêm conchas de *Dendropupa* Dawson fossilizadas *in situ* em direta associação com rizólitos em paleossolos (vide também LUTHARDT et al., 2016). Todos esses dados reforçam a ideia de que *Dendropupa* Dawson foi, possivelmente, um molusco terrestre, vivendo em estreita associação com a vegetação ou ainda ocupando o interior do solo.

A similaridade morfológica geral das conchas de *Dendropupa* sp. da Formação Rio do Rasto, com àquelas de *Dendropupa* Dawson, do Carbonífero e Permiano da América do Norte, conforme já apontado por Runnegar e Newell (1971, p. 26), sugere que os gastrópodes da Bacia do Paraná devem ter tido hábitos de vida similares aos das formas norte-americanas e canadenses. Sua presença nos estratos coevos que contêm membros da assembleia de *Terraia decarinata* indicaria que eventos energéticos de erosão ocorreram nas áreas emersas, marginais à bacia de sedimentação, provavelmente durante períodos mais úmidos, elevando o aporte de siliciclastos nas áreas colonizadas pelos bivalves. Neste contexto, as conchas milimétricas e delgadas de *Dendropupa* sp. poderiam ser transportadas em suspensão na coluna de água, explicando, em parte, a ausência de fragmentos. Associadamente, a elevação nas taxas de

sedimentação, durante os eventos episódicos de sedimentação, explicaria o soterramento rápido das conchas de bivalves da assembleia de *Terraia decarinata*, as quais como visto anteriormente ocorrem articuladas e em associação direta com conchostráceos.

Família	Gênero	Espécie	n.	%
Astartidae	<i>Terraia</i>	<i>T. decarinata</i> sp. nov.	93	67.88
Palaeomutelidae	<i>Palaeomutela</i>	<i>P. australis</i> sp. nov.	06	4.38
		<i>P. platinensis</i> (Reed)	01	0.73
Pachydomidae	<i>Relogiicola</i>	<i>R. delicata</i> gen. et sp. nov.	13	9.50
Indeterminado	----	----	24	17.52
Total			137	100

Tabela 09. Composição taxonômica da assembleia de bivalves *Terraia decarinata*, localidade de Tijuco Preto, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil.

Espécies	Tafonomia									
	Orientação da Concha				Articulação da Concha					
	Co.	Per.	C-up	C-do	Art.	Spl.	Cl.	Des.	R	L
<i>T. decarinata</i>	93	---	67	26	12	10	02	81	40	41
<i>P. australis</i>	06	---	04	02	01	01	---	05	03	02
<i>P. platinensis</i>	01	---	01	---	---	---	---	01	---	01
<i>R. delicata</i>	04	---	02	02	03	03	---	01	01	---
Indeterminado	22	02	11	13	11	09	02	13	07	06
Total	126	02	85	43	27	23	04	101	51	50

Tabela 10. Características tafonômicas das conchas dos bivalves da assembleia *Terraia decarinata*, localidade Tijuco Preto, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. Explicação: Co., concordante; Per., perpendicular; C-up, Convexidade para cima; C-do., Convexidade para baixo; Art., Articulado; Spl., Aberto; Cl., Fechado; Des., Desarticulado; R., valva direita; L., valva esquerda.

Na localidade de Cândido de Abreu (Figs. 04 e 05), siltitos arroxeados contêm elementos da assembleia de *Terraia* cf *T. decarinata*, a qual está possivelmente, situada na mesma posição estratigráfica da assembleia de *Terraia decarinata*. De fato, a composição taxonômica é também similar à da assembleia proveniente de Tijuco Preto (Figs. 03, 04 e 05). A assembleia de *Terraia* cf *T. decarinata* é também amplamente dominada por Terraiinae, como o próprio nome da assembleia sugere, seguida dos bivalves Palaeomutelidae (Tabela 10).

Família	Gênero	Espécie	n.	%
Astartidae	<i>Terraia</i>	<i>T. cf. decarinata</i> sp. nov.	18	56.25
		<i>T. decarinata</i> sp. nov.	03	9.37
Palaeomutelidae	<i>Palaeomutela</i>	<i>P. platinensis</i> (Reed)	02	6.25
Indeterminado	----	----	09	28.13
Total			32	100

Tabela 11. Composição taxonômica da assembleia de bivalve *Terraia T. cf. decarinata*, estrada PR-239, km 9.7, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil.

No que tange à tafonomia, as conchas da assembleia de *Terraia cf. T. decarinata* ocorrem desarticuladas, porém, não fragmentadas, de modo concordante ao plano de acamamento. As valvas estão predominantemente voltadas com a convexidade para cima. Há ligeiro predomínio das valvas esquerdas (54,55%), sobre as direitas (45,45%) (Tabela 11). Portanto, as conchas de bivalves da assembleia de *Terraia cf. T. decarinata* devem ter sofrido curto transporte lateral, por correntes tracionais de fundo, que rearranjaram os bioclastos em posição hidrodinamicamente estável, porém ainda no sítio de vida dos bivalves. As conchas da assembleia de *Terraia cf. T. decarinata* são, portanto, interpretadas como parautóctones (*sensu* KIDWELL et al., 1986). Assim como para assembleia anterior, conchostraceos estão presentes em associação direta às conchas de bivalves. Novamente, este fato e a presença de *Palaeomutela* Amalitzky indicariam a influência de águas doces nos habitats colonizados pelos bivalves.

Espécies	Tafonomia									
	Orientação da Concha				Articulação da Concha					
	Co.	Per.	C-up	C-do	Art.	Spl.	Cl.	Des.	R	L
<i>Terraia</i> cf. <i>T. decarinata</i>	18	---	15	03	---	---	---	18	08	10
<i>T. decarinata</i>	03	---	03	---	---	---	---	03	01	02
<i>P. platinensis</i>	02	---	02	---	---	---	---	02	01	01
Indeterminado	09	---	08	01	---	---	---	09	05	04
Total	32	---	28	04	---	---	---	32	15	17

Tabela 12. Características tafonômicas de conchas de bivalves da assembleia *Terraia* cf. *T. decarinata*, PR-239, km 9.7, localidades de Candido de Abreu-Manuel Ribas, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. Explicação: Co., concordante; Per., perpendicular; C-up, Convexidade para cima; C-do., Convexidade para baixo; Art., Articulado; Spl., Aberto; Cl., Fechado; Des., Desarticulado; R., valva direita; L., valva esquerda.

A terceira assembleia de bivalve identificada é a de *Palaeomutela australis*, proveniente do afloramento de Paulo Frontin, Estado do Paraná (Figs. 04 e 05). A assembleia reúne *Palaeomutela australis* sp. nov., *P. platinensis* (Reed) e *Relogiicola delicata* gen. nov. et sp. nov., bem como formas indeterminadas (Tabela 12). Possivelmente, esta assembleia está situada estratigraficamente acima das anteriores, conforme sugerido também pela composição faunística distinta e ampla dominância dos bivalves límnicos (Tabela 12). De fato, os Terraiinae ainda não foram registrados nesta assembleia. As conchas ocorrem articuladas, na sua esmagadora maioria (72,72%), não havendo desvio da proporção 50-50 entre valvas direitas e esquerdas. Os bivalves desta assembleia são claramente autóctones a parautóctones (Tabela 13).

Família	Gênero	Espécie	n.	%
Palaeomutelidae	<i>Palaeomutela</i>	<i>P. australis</i> sp. nov.	18	51.43
		<i>P. platinensis</i> (Reed)	01	2.86
Pachydomidae	<i>Relogiicola</i>	<i>R. delicata</i> gen. et sp. nov.	04	11.43
Indeterminado	----	----	12	34.28
Total			35	100

Tabela 13. Composição taxonômica da assembleia de bivalves *Palaeomutela australis*, estrada PR-153, km 4.4, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil.

Espécies	Tafonomia									
	Orientação da Concha				Articulação da Concha					
	Co.	Per.	C-up	C-do	Art.	Spl.	Cl.	Des.	R	L
<i>P. australis</i>	16	02	16	---	10	08	02	06	05	01
<i>P. platinensis</i>	1	---	1	---	1	1	---	---	---	---
<i>R. delicata</i>	04	---	04	---	01	---	01	03	01	03
Indeterminado	12	---	10	02	06	03	03	06	02	04
Total	33	02	31	02	18	12	06	15	08	08

Tabela 14. Características tafonômicas das conchas de bivalves da assembleia *Palaeomutela australis*, PR-153, km 4.4, localidades de Rondinha-Paulo Frontin, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, Brasil. Explicação: Co., concordante; Per., perpendicular; C-up, Convexidade para cima; C-do., Convexidade para baixo; Art., Articulado; Spl., Aberto; Cl., Fechado; Des., Desarticulado; R., valva direita; L., valva esquerda.

6.2. PALEOECOLOGIA E MUDANÇAS FAUNÍSTICAS

As três assembleias de bivalves na passagem entre os membros Serrinha e Morro Pelado são quase monoespecíficas, já que, em cada uma delas, a dominância de uma dada espécie é superior a 50% (vide Tabelas 08, 10 e 12). Além disso, nas três assembleias todos os bivalves pertencem a uma mesma guilda ecológica, ou seja, são todos de infauna rasa, facultativamente móveis e suspensívoros. Esses dados indicam, claramente, que os bivalves das três assembleias viveram em condições de alto *stress* ambiental, possivelmente, relacionado à variação na salinidade, profundidade da lâmina d'água e aporte de nutrientes. A presença de conchostráceos em direta associação com as espécies *Terraia decarinata* sp. nov., *Palaeomutela australis* sp. nov., *P. platinensis* (Reed) e *Relogiicola delicata* gen. nov. et sp. nov., no afloramento 1, Tijuco Preto, Prudentópolis, PR, indica que tais espécies viveram em ambientes afetados pelo aporte de águas doces (vide também ROHN, 1994). De fato, *Palaeomutela australis* sp. nov. e *P. platinensis* (Reed) são bivalves tipicamente de águas doces, o que reforça a interpretação acima.

Conforme ilustrado na figura 04, com base nos dados estratigráficos em Rohn (1988, 1994, fig. 181), as três assembleias de bivalves ocorrem praticamente no mesmo intervalo estratigráfico, mas a de *Palaeomutela australis*, afloramento “3”, em Paulo Frontin, PR, ocupa posição ligeiramente mais alta na sucessão. As assembleias de *Terraia decarinata* e *Terraia* cf. *T. decarinata* são, como o próprio nome indica, dominadas por Terraiinae (SCARLATO e STAROBOGATOV, 1979), registrando, porém, as primeiras ocorrências de formas

tipicamente dulcícolas, representadas por *Palaeomutela australis* sp. nov. e *P. platinensis* (Reed). Essas assembleias marcam, portanto, modificação faunística importante com relação às predecessoras, registradas na base e na porção média do Membro Serrinha, isto é, as assembleias de *Terraia curvata* e *Leinzia similis* (Figs. 1 e 30). Os moluscos destas assembleias viveram em habitats marginais de águas rasas durante o Permiano (ROHN, 1994; DAVID, 2014; SIMÕES et al., 2015). A assembleia de *Terraia curvata* é a mais basal na Formação Rio do Rasto, seguida pela de *Leinzia similis* (Fig. 1).

Na assembleia de *Terraia curvata* essa espécie perfaz 60,61% dos bivalves presentes (SIMÕES et al., 2015), ocorrendo com *Astartellopsis prosoclina* Beurlen, *Cowperesia emerita* (Reed), *Leinzia curta* Beurlen, *Terraia bipleura* (Reed) e *Beurlenella elongatella* Anelli et al., além de conchostráceos e restos de plantas. Essa assembleia mostra domínio de dois grupos de bivalves que foram muito comuns na Formação Teresina, subjacente, incluindo os Pachydomidae (*Leinzia curta* Beurlen, *Beurlenella elongatella* Anelli et al.) e os Terraiinae [*Terraia curvata* (Reed), *Astartellopsis prosoclina* Beurlen, *Terraia bipleura* (Reed)]. Já a assembleia de *Leinzia similis* inclui também alta proporção de espécies referíveis a esses dois grupos, ou seja, Pachydomidae e os Terraiinae. As poucas informações de literatura dando conta da proporção das espécies presentes na assembleia de *Leinzia similis*, advindas de uma mesma amostra de mão (vide RUNNEGAR e NEWELL, 1971, p. 25), indicam que: 40% *Dendropupa* sp., 39% *Terraia altissima*, 21% *Leinzia similis* e 1% bivalve indeterminado perfazem essa assembleia. Assim sendo, é nítido que a composição faunística das assembleias de *Terraia decarinata* e *Terraia* cf. *T. decarinata* não inclui nenhuma das espécies registradas nas assembleias predecessoras, sugerindo mudança faunística importante no intervalo estratigráfico onde são registradas. Contudo, a ampla presença de *Terraia* Cox na composição faunística da assembleia de *Terraia decarinata* e *Terraia* cf. *T. decarinata*, indicaria ainda a vinculação com as assembleias de bivalves da porção basal do Membro Serrinha. Porém, a presença de *Palaeomutela platinensis* (Reed) é sugestiva da influência de águas continentais nos habitats colonizados pelos bivalves.

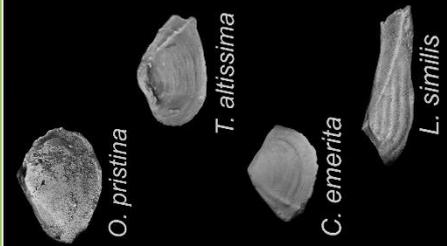
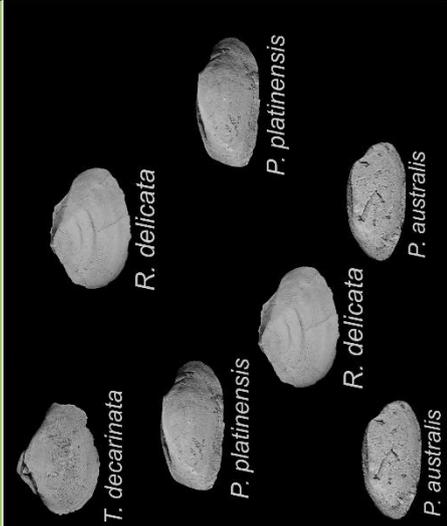
Formação Rio do Rasto		Lito.
Membro Serrinha	Membro Morro Pelado	Depósitos Eólicos
Sucessão Faunística		
 <p>T. curvata A. prosocina C. emerita T. bipleuria B. elongatella L. curta</p>	 <p>O. pristina T. altissima C. emerita L. similis</p>	 <p>T. decarinata P. platinensis R. delicata P. australis</p>
13,46%	75%	100%
86,54%	25%	100%
Desaparecimento de <i>Pinzonella</i>		
Formação Teresina		

Figura 30. Principais espécies de bivalves e guildas ecológicas correspondentes, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois. Note o pronunciado decréscimo nas guildas ecológicas, a ausência de bivalves de epifauna e as mudanças na composição faunística. Observe os intervalos de desaparecimento de gêneros característicos das malacofaunas. Explicação: A. (= *Astartellopsis* Beurlen); B. (= *Beurlenella* Anelli et al.); C. (= *Cowperesia* Mendes); L. (= *Leinzia* Mendes); O. (= *Oliveiraia* Mendes); P. (= *Palaeomutela* Amalitzky); R. (= *Relogiicola* gen nov.); T. (= *Terraia* Cox); Lito. (= Litoestratigrafia). Adaptado de Simões et al., 2015.

É importante ressaltar ainda a presença de *Religiicola delicata* gen et sp. nov., na assembleia de *Terraia decarinata* e *Palaeomutela australis*, isso porque esta espécie é aqui referida aos Pachydomidae Fischer (vide item 6, Paleontologia Sistemática). Este grupo de bivalves inclui formas escavadoras, suspensívoras, típicas dos ambientes marinhos rasos do Permiano do Gondwana, especialmente da América do Sul e Austrália (RUNNEGAR, 1967; 1974; RUNNEGAR e NEWELL, 1971; SIMÕES et al., 1997, 1998). A presença deste grupo de bivalves, na passagem entre os membros Serrinha e Morro Pelado, demonstra que ao longo da história evolutiva dos Pachydomidae no Grupo Passa Dois, na Bacia do Paraná (vide também RUNNEGAR e NEWELL, 1971; SIMÕES et al., 1998) algumas formas se adaptaram à vida em substratos finos, altamente influenciados pelo aporte de águas doces. Este fato reforça a mudança faunística ocorrida no intervalo estratigráfico correspondente à assembleia de *Terraia decarinata* (Fig. 04). Aspecto pouco compreendido, diz respeito a rota migratória empregada pelos Palaeomutelidae Lahusen, para atingir a Bacia do Paraná, a qual estava geograficamente isolada, pelo menos, desde a deposição dos sedimentos da Formação Teresina. Conforme mostrado no mapa da figura 02, o gênero é encontrado em diversos setores do Gondwana, mas é típico dos terrenos permianos da Rússia, Sibéria e Leste Europeu (SILANTIEV e URAZAEVA, 2013). Assim sendo, uma pergunta ainda não respondida diz respeito em como os ambientes parálicos e a antiga rede de drenagem estavam configuradas, possibilitando a comunicação entre os diversos setores do Gondwana, permitindo a migração de *Palaeomutela* Amalitzky. Segundo Silantiev, (2015), o máximo migratório de *Palaeomutela* Amalitzky, no Gondwana, ocorreu no Mesowuchiapingiano, quando estes se tornaram os bivalves mais prósperos da Plataforma Leste Europeia, ocupando quase todos os nichos ecológicos de água doce e salobra.

Nova mudança faunística é registrada pela assembleia de *Palaeomutela australis*, situada pouco acima da assembleia de *Terraia decarinata* e *Terraia* cf. *T. decarinata* (Figs. 01, 03 e 04). Conforme já referido, o intervalo de ocorrência desta assembleia equivale à porção inferior do Membro Morro Pelado (Fig. 01), onde predominam litotipos mais finos, sugerindo novo aumento do nível de base relativo da bacia (ROHN, 1994, fig. 181). Aspecto notável aqui é o desaparecimento de *Terraia* Cox, gênero dominante nas assembleias predecessoras (Figs. 01 e 04). Em outras palavras, as assembleias de *Terraia decarinata* e *Terraia* cf. *T. decarinata* registrariam as últimas ocorrências de *Terraia*inae, no Grupo Passa Dois e seu desaparecimento coincidiria com a expansão de *Palaeomutela* Amalitzky na Bacia do Paraná. O domínio dos Palaeomutelidae Lahusen sugere, fortemente, que no intervalo de tempo da assembleia de *Palaeomutela australis* os ambientes proximais da Bacia do Paraná eram dulcícolas, o que se

coaduna com as observações sedimentológicas e paleontológicas em Rohn (1994), Ferreira-Oliveira (2007, 2010) e Warren et al. (2008), bem como com os dados geoquímicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$) provenientes de concreções carbonáticas da Formação Rio do Rasto (ALESSANDRETTI et al., 2015). Dados isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$) de conchas de *Palaeomutela* Amalitzky da Formação Wutonggou do Permiano, noroeste da China, sugerem que este bivalve ocupou porções mais rasas de lagos com águas não estratificadas, podendo ser influenciados por variações sazonais (BRAND et al., 1993). Este fato concorda com as observações feitas para *Palaeomutela* Amalitzky no Permiano da Bacia do Paraná.

Finalmente, para a porção média e superior da Formação Rio do Rasto, a presença de fácies eólicas intercaladas a depósitos subaquáticos demonstram a tendência geral de continentalização da sedimentação na Bacia do Paraná (ROHN, 1988, 1994; WARREN et al., 2008). De acordo com o registro paleontológico conhecido, bivalves não são registrados em fácies sedimentares francamente fluviais da Formação Rio do Rasto. O desaparecimento deste grupo de macroinvertebrados bentônicos, os quais foram dominantes na história geológica do Grupo Passa Dois, se dá a partir da últimas ocorrências contendo *Palaeomutela* Amalitzky.

6.3. IDADE, BIOCORRELAÇÃO E O GRANDE EVENTO LÍMNICO DO GONDWANA OCIDENTAL

A determinação da idade e correlação dos bivalves das assembleias estudadas é enormemente dificultado face ao alto grau de endemismo das espécies presentes. No entanto, é importante observar que a assembleia de *Terraia curvata*, no intervalo basal da Formação Rio do Rasto (Fig. 01), é correlacionável a da Formação Gai-As, na região de Huab, Namíbia, África (SIMÕES et al., 2015). Nesta unidade, logo acima das últimas ocorrências de bivalves, existem tufos vulcânicos, cuja datação radiométrica de minerais de zircão indica idades em torno de 265 ± 2.5 Ma., aproximadamente no limite Wordiano-Capitaniano, Guadalupiano. Esta idade é muito próxima da disponível para minerais de zircão (266.3 ± 4.6 Ma.), de tufos vulcânicos provenientes do Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto (vide dados em DAVID et al., 2011). A presença de *Palaeomutela? tanganyicensis* é também referida para a Formação Gai-As, já que Schneider e Marais (2005) citam a presença deste bivalve nesta unidade litoestratigráfica. Esta informação necessita, porém, de comprovação. Se correta, reforçaria a correlação das assembleias de bivalves da Formação Rio do Rasto, membros Serrinha e Morro Pelado, com àquelas da Namíbia. *Palaeomutela* Amalitzky está também presente na Formação Koonap, situada na porção basal do Grupo Beaufort, Bacia do Karoo, África do Sul

(SILANTIEV, 2016). De fato, de acordo com Beurlen (1954, p. 133), os estratos da Formação Rio do Rasto contendo *Palaeomutela* Amalitzky seriam correlacionáveis com àqueles da Bacia de Karoo que registram *Palaeomutela? tanganyicensis* Cox e *P. oblonga* Jones, na porção basal do Grupo Beaufort. Uma malacofauna de bivalves dulcícolas, pouco diversificada, é também conhecida na Formação Brenton Loch, Permiano, Ilhas Falklands/Malvinas (SIMÕES et al., 2012). Tal unidade é correlacionável a Formação Fort Brown, Bacia do Karoo, e topo da Formação Tunas, Bacia Ventana (SIMÕES et al., 2012). O gênero presente é, no entanto, *Palaeonodonta* Amalitzky, típico de ambientes dulcícolas, porém de água mais frias do Permiano (SILANTIEV, 2017). Adicionalmente, os conchostraceos registrados juntamente com os bivalves das assembleias estudadas (i.e., *Monoleiolophus unicostatus*), possuem grande amplitude vertical entre os conchostraceos de outras espécies da Formação Rio do Rasto, podendo corresponder do Wordiano (Guadalupeano, Permiano médio) ao Wuchiapingian (Lopingiano, Permiano superior). O gênero *Monoleiolophus* também é encontrado na Índia e na Rússia (FERREIRA-OLIVEIRA, 2007). Além dos invertebrados, tetrápodes da porção média e superior da Formação Rio do Rasto, na Serra do Cadeado, podem ser correlacionados com as assembleias de vertebrados da África do Sul, denominadas zonas *Priesterognathus*, *Tropisdotoma* e *Cistecephalus*, que estão limitadas entre o Neocapitaniano e Mesowuchiapingiano (CISNEROS et al., 2005; FERREIRA-OLIVEIRA e ROHN, 2010).

Todas essas ocorrências fósseis, em sucessões sedimentares não marinhas, apontam para um momento no Permiano Tardio, no qual houve marcante presença de bivalves bentônicos não marinhos, em decorrência da instalação de ambientes límnicos (vide YEMANE e KELTS, 1990), nas assembleias de macroinvertebrados, em distintos setores do Gondwana Ocidental. No entanto, estas ocorrências não são, necessariamente, isócronas.

7. CONCLUSÕES

a- Na presente dissertação foram descritas as assembleias de bivalves ocorrentes na passagem entre os membros Serrinha e Morro Pelado da Formação Rio do Rasto. Três novas espécies foram identificadas e descritas. São os seguintes os bivalves ocorrentes nas três assembleias: (1) assembleia *Terraia decarinata*: *Terraia decarinata* sp. nov., *Relogiicola delicata* gen et sp. nov., *Palaeomutela platinensis* (Reed) e *Palaeomutela australis* sp. nov.; (2) assembleia *Terraia* cf. *T. decarinata*: *Terraia* cf. *T. decarinata*, *Terraia decarinata* sp. nov. e *Palaeomutela*

platinensis (Reed); e (3) assembleia *Palaeomutela australis*: *Palaeomutela australis* sp nov., *Palaeomutela platinensis* (Reed), *Relogiicola delicata* gen et sp. nov.;

b- As assembleias acima registram, portanto, a presença indubitável de bivalves pertencentes a grupos caracteristicamente límnicos na malacofauna endêmica do Grupo Passa Dois, com destaque para os Palaeomutelidae Lahusen [*Palaeomutela platinensis* (Reed) e *Palaeomutela australis* sp nov.];

c- Nas três assembleias, bivalves pertencentes à famílias com longa história geológica no Grupo Passa Dois, tais como: *Terraia decarinata* sp. nov. (Terraiinae Scarlato e Starobogatov) e *Relogiicola delicata* gen et sp. nov. (Pachydomidae Fischer) ocorrem em associação direta com os Palaeomutelidae Lahusen. Conforme longamente sabido, essas famílias são marinhas, sendo que a associação de *Terraia decarinata* sp. nov. e *Relogiicola delicata* gen et sp. nov. com bivalves tipicamente límnicos, bem como a presença de conchostráceos e gastrópodes (*Dendropupa* sp.) em algumas assembleias indica a adaptação desses bivalves aos ambientes marginais da Bacia do Paraná fortemente influenciados pelo aporte de águas doces;

d- Entretanto, no momento, não existem evidências paleontológicas e estratigráficas demonstrando a presença das espécies de bivalves aqui descritas em fácies sedimentares francamente fluviais (*i.e.*, canais distributários, barras de pontal) do Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto;

e- As três assembleias contêm mistura de gêneros endêmicos (*Terraia* Cox e *Relogiicola* gen nov.) em associação com formas cosmopolitas. Conforme detalhadamente discutido, *Terraia decarinata* sp. nov. e *Relogiicola delicata* gen et sp. nov. derivam claramente dos *stocks* presentes em assembleias subjacentes às aqui descritas, presentes na base do Membro Serrinha, bem como na Formação Teresina do Grupo Passa Dois;

f- No material estudado não há a presença de espécies características das assembleias mais basais do Membro Serrinha, incluindo *Leinzia similis* (Holdhaus), *Oliveiraia pristina* (Reed), *Terraia altissima* (Holdhaus), *T. curvata* (Reed), *Cowperesia emerita* (Reed) e *Beurlenella elongatella* Anelli et al. Esses dados apontam para uma mudança faunística marcante entre as assembleias de *Leinzia similis* e *Terraia decarinata*. Ao que tudo indica, essa mudança

faunística está grandemente relacionada à dulcificação (continentalização) da Bacia do Paraná neste intervalo;

g- As três assembleias identificadas são dominadas por apenas uma única espécie (>50%), isso é: *Terraia decarinata* sp. nov., *Terraia* cf. *T. decarinata* sp. nov. e *Palaeomutela australis* sp. nov., com ocorrência subsidiária de outros bivalves. Todas as espécies são suspensívoras e escavadoras rasas mostrando o amplo predomínio de apenas uma guilda ecológica. Isso sugere malacofaunas empobrecidas em termos de diversidade taxonômica e ecológica. Este fato deve estar ligado às condições de alto estresse ambiental (*i.e.*, variação na salinidade das águas, baixa produtividade primária) que devem ter existido nos ambientes aquáticos da Bacia do Paraná, nesta fase de deposição da Formação Rio do Rasto;

h- A presença de *Palaeomutela* Amalitzky sugere correlação das assembleias estudadas com àquelas da Formação Koonap, base do Grupo Beaufort, Bacia do Karoo, África do Sul. As vias que possibilitaram as trocas faunísticas entre essas bacias sedimentares e a chegada de *Palaeomutela* Amalitzky na Bacia do Paraná constituem ainda problema não solucionado. A presença de conchas de *Palaeomutela* Amalitzky em sedimentos atribuíveis a Formação Gai-As, Grupo Beaufort, Namíbia carece ainda de melhor confirmação. De todo modo, a ampla presença de *Palaeomutela* Amalitzky aponta para a dulcificação dessas bacias gondwânicas no final do Permiano. Não necessariamente, estes eventos foram estritamente isócronos em todas as bacias. É fato que faltam evidências para traçar as rotas de migração de *Palaeomutela* Amalitzky entre as do leste europeu, do continente africano e América do Sul;

i- Em adição ao estudo das assembleias de bivalves do Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto, foram revisadas ainda duas espécies de bivalves do Membro Serrinha. O gênero *Leinzia* Mendes foi redescrito e emendado, o mesmo ocorrendo com o gênero *Oliveiraia* Mendes. Pela primeira vez foram descritos caracteres da charneira e da musculatura das conchas desses dois gêneros. Os dados mostram que, estes táxons anteriormente considerados como pertencentes à famílias incertas, pertencem aos Pachydomidae Fischer. Este dado é relevante, pois demonstra a presença desse grupo característico do Permiano do Gondwana nas assembleias do Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto e sua vinculação com àquelas ocorrentes nas unidades subjacentes, formações Serra Alta e Teresina.

8. REFERÊNCIAS

- ABERHAN, M.; KIESSLING, W. Persistent ecological shifts in marine molluscan assemblages across the end-Cretaceous mass extinction. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Early Edition, p. 1–6, 2015. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1422248112>.
- ALESSANDRETTI, L.; WARREN, L. V.; MACHADO, R.; NOVELLO, V. F.; SAYEG, I. J. Septarian carbonate concretions in the Permian Rio do Rasto Formation: birth, growth and implications for the early diagenetic history of southwestern Gondwana succession. *Sedimentary Geology*, v. 326, p. 1-15, 2015.
- ALESSANDRETTI, L.; MACHADO, R.; WARREN, L. V.; ASSINE, M. L.; LANA, C. From source-to-sink: The Late Permian SW Gondwana paleogeography and sedimentary dispersion unraveled by a multiproxy analysis. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 70, p. 368-382, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2016.06.007>.
- ALMEIDA, F. F. M. *Acantholeaia*, um novo gênero de Leaiadidae. *Notas Preliminares Est.*, DNPM, DGM, v. 51, p. 1-10, 1950.
- AMALITZKY, V. P. Ueber die Anthracosien der Permformation Russlands. *Palaeontographica*, v. 39, n. 4-6, p. 125-216, 1892.
- AMALITZKY, V. P. A comparison of the Permian freshwater Lamellibranchiata from Russia with those from the Karoo System of South Africa. *Quarterly Journal Geological Society*, London, v. 51, n. 1-4, p. 337-351, 1895.
- ANELLI, L. E. *Invertebrados neocarboníferos das formações Piauí (Bacia do Parnaíba) e Itaituba (Bacia do Amazonas): taxonomia; análise cladística das subfamílias Oriocrassatellinae (Crassatellacea, Bivalvia) e Neospiriferinae (Spiriferoidea, Brachiopoda)*, 184f. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ANELLI, L. E.; SIMÕES, M. G.; DAVID, J. M. A new Permian bivalve (Megadesmidae, Plesiocyprinellinae) from the Serrinha Member, Rio Do Rasto Formation, Paraná Basin,

Brazil. *Revista do Instituto de Geociências*, v. 10, p. 13–21, 2010.
doi.org/10.5327/Z1519-874X2010000200002

- BAMBACH, R. K. Tectonic deformation of composite-mold fossil Bivalvia (Mollusca). *American Journal of Science*, v. 273A, p. 409–430, 1973.
- BARRIENTOS, J. F. C. *Estratigrafía de la Formación Sierra de Varas, Cordillera de Domeyko, región de Antofagasta entre coordenadas 7.273.103 - 7.268.892 m N; 481.320 - 482.290 m E*. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidad Católica de Norte, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, 2014.
- BEURLLEN, K. As faunas de lamelibrânquios do sistema gonduânico no Paraná. In: LANGE, F. W. Ed. *Volume Comemorativo do 1º Centenário do Estado do Paraná*, Curitiba, p. 107-136, 1954.
- BIGARELLA, J. J. Paleocorrentes e deriva continental (Comparação entre a América do Sul e a África). *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 31, p. 141-224, 1973.
- BOND, G. A. Lower Beaufort (Karoo) invertebrate fauna from Southern Rhodesia. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, v. 31, p. 125-131, 1946.
- BOND, G. Lamellibranchia and plants from the Lower Karoo beds of northern Rhodesia. *Geological Magazine*, v. 3, p. 189-192, 1954.
- BONDIOLI, J. G.; MATOS, S. A.; WARREN, L. V.; ASSINE, M. L.; RICCOMINI, C.; SIMÕES, M. G. The interplay between event and background sedimentation and the origin of fossil-rich carbonate concretions: a case study in Permian rocks of the Paraná Basin, Brazil. *Lethaia*, v. 48, p. 522–539, 2015.
- BOYD, D. W.; NEWELL, N. D. Hinge grades in the evolution of crassatellacean bivalves as revealed by Permian genera. *American Museum Novitates*, v. 2328, p. 1-52, 1968.
- BRADSHAW, M. A. Permian nonmarine bivalves from the Ohio Range Antarctica. *Alcheringa*, v. 8, p. 305–309, 1984.
- BRAND, U.; YOCHELSON, E. L.; EAGER, R. M. C. Geochemistry of Late Permian non-marine bivalves: implications for the continental paleohydrology and paleoclimatology of Northwestern China. *Carbonates and Evaporates*, v. 8, n. 2, p. 199-212, 1993.

- BRETT, C.; BAIRD, G. C. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*, v. 1, p. 207-227, 1986.
- CARTER, J. G.; ALTABA, C. R.; ANDERSON, L. C.; ARAUJO, R.; BIAKOV, A. S.; BOGAN, A. E.; CAMPBELL, D. C.; CAMPBELL, M.; JIN-HUA, C.; COPE, J. C. W.; DELVENE, G.; DIJKSTRA, H. H.; ZONG-JIE, F.; GARDNER, R. N.; GAVRILOVA, V. A.; GONCHAROVA, I. A.; HARRIES, P. J.; HARTMAN, J. H.; HAUTMANN, M.; HOEH, W. R.; HYLLEBERG, J.; BAO-YU, J.; JOHNSTON, P.; KIRKENDALE, L.; KLEEMANN, K.; KOPPKA, J.; KŘÍŽ, J.; MACHADO, D.; MALCHUS, N.; MÁRQUEZ-ALIAGA, A.; MASSE, J.; MCROBERTS, C. A.; MIDDELFART, P. U.; MITCHELL, S.; NEVESSKAJA, L. A.; ÖZER, S.; POJETA JR., J.; POLUBOTKO, I. V.; PONS, J. M.; POPOV, S.; SÁNCHEZ, T.; SARTORI, A. F.; SCOTT, R. W.; SEY, I. I.; SIGNORELLI, J. H.; SILANTIEV, V. V.; SKELTON, P. W.; STEUBER, T.; WATERHOUSE, J.; WINGARD, G. J.; YANCEY, T. Ed. *A Synoptical Classification of the Bivalvia (Mollusca)*. Paleontological Contributions, Number 4. Kansas, Lawrence, Publication of the University of Kansas, p. 1–47, 2011. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.3833.4402>.
- CATUNEANU, O.; WOPFNER, H.; ERIKSSOM, P.; CAIRNCROSS, B.; RUBIDGE, B.; SMITH, R.; HANCOX, P. The Karoo basins of south-central Africa. *Journal of African Earth Sciences*, v. 43, n. 1–3, p. 211, 2005. doi:10.1016/j.jafrearsci.2005.07.007.
- CISNEROS, J. C.; ABDALA, F.; MALABARBA, M. C. Pareiasaurids from the Rio do Rasto Formation, southern Brazil: biostratigraphic implications for Permian faunas of the Paraná Basin. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 8, p. 13–24, 2005.
- CHEN, P. J.; SHEN Y. B. An introduction to fossil Conchostracans. *Science Press*, Beijing, 241p. 1985.
- COX, L. R. Lamellibranchia from the Karoo Beds of the Ruhuhu Coalfields, Tanganyika Territory. *Quarterly Journal Geological Society*, London, v. 88, n. 352, p. 623–633, 1932.
- COX, L. R. Triassic Lamellibranchia from Uruguay. *Annal Magazine of Natural History*, v. 13, p. 264-273, 1934. <http://dx.doi.org/10.1080/00222933408654809>.
- COX, L. R. Karoo Lamellibranchia from Tanganyika Territory and Madagascar, *Quarterly Journal Geological Society*, London, v. 92, p. 32–54. 1936.

- DALL, W. H. On the hinge of pelecypods and its development, with an attempt toward a better subdivision of the group. *American Journal of Science*, v. 38, p. 445-462, 1889. <http://dx.doi.org/10.2475/ajs.s3-38.228.445>.
- DANA, J. D. Descriptions of fóssil shells of the collections of the exploring expedition under the command of Charles Wilkes, U.S.N., obtained in Australia, from lower layers of the coal formation in Illawarra, and from a deposit probably of nearly the same age at Harper's Hill, Valley of the Hunter. *American Journal of Science*, v. 54, p. 151-160, 1847.
- DAVID, J. M. *Bivalves Permianos da fase de continentalização das bacias do gondwana ocidental: Sistemática, Paleogeografia e Bioestratigrafia*. 99f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.
- DAVID, J. M. *Bivalves permianos do Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, Brasil e do Grupo Ecca, Bacia do Karoo, África do Sul: Implicações bioestratigráficas e paleoambientais*, 165f. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- DAVID, J. M.; SIMÕES, M. G.; ANELLI, L. E.; ROHN, R.; HOLZFÖRSTER, F. Permian bivalve molluscs from the Gai-As Formation, northern Namibia: systematics, taphonomy and biostatigraphy. *Alcheringa*, v. 35, p. 497–516, 2010.
- DAWSON, J. W. On a terrestrial mollusk, a millipede, and new reptiles, from the Coal Formation of Nova Scotia. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, v. 16, p. 268–277, 1860.
- DAWSON, J. W. Revision of the land snails of the Palaeozoic Era, with descriptions of new species. *American Journal of Science*, v. 20, p. 403–415, 1880.
- D'ORBIGNY, A. Lamellibranches. In. D'ORBIGNY, A.; COTTEAU, G. H.; MR., PIETTE; EUDES-DESLONGCHAMPS, E.; DE LORIOLE-FORT, P.; SAPORTA, G.; DE FROMENTEL, E.; MR. FERRY, 1840–1894, *Paléontologie Française. Description Zoologique et Géologique de Tous le Animaux Mollusques et Rayonnés Fossiles de France: Comprenant leur Application à la Reconnaissance des Couches*. Paris, 807p. 1844.

- DOUVILLÉ, H. Un essai de classification philogénique des lamellibranches. Paris, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, v. 154, p. 1677–1681, 1912.
- EAGER, R. M. C. Shape and function of the shell: a comparison of some living and fossil bivalve molluscs. *Biological Reviews*, v. 53, p. 169-210, 1978.
- EAGER, R. M. C. The shape of the Upper Carboniferous nonmarine bivalve *Anthraconaia* in relation to the organic carbon content of the host sediment. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, v. 78, p. 177-95, 1987.
- FALCON-LANG, H. J.; RYGEL, M. C.; CALDER, J. H.; GIBLING, M. R. An early Pennsylvanian waterhole deposit and its fossil biota in a dryland alluvial plain setting, Joggins, Nova Scotia. *Journal of the Geological Society*, Londres, v. 161, p. 209-222, 2004. doi: 10.1144/0016-764903-109.
- FERREIRA-OLIVEIRA, L. G. *Conchostráceos permianos da Bacia do Paraná: taxonomia, evolução, bioestratigrafia e paleogeografia*. 241f. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2007.
- FERREIRA-OLIVEIRA, L. G.; ROHN, R. Leaiid conchostracans from the uppermost Permian strata of the Paraná Basin, Brazil: chronostratigraphic and paleobiogeographic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, p. 371-380, 2010.
- FÉRUSAC, A. E. *Tableaux systématiques des animaux mollusques*. A. Bertrand, Paris and London. 190p. 1822.
- FISCHER, P. H. *Manuel de Conchyliologie et de Paléontologie Conchyliologique, ou Histoire Naturelle des Mollusques Vivants et Fossiles*. F. Savy, Paris, p. 1009-1369, 1887. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.13213>.
- FRENGUELLI, J. Moluscos continentals en el Paleozoico Superior y en el Triasico de la Argentina. La Plata, Argentina, *Notas del Museo de La Plata*, v. 10, n. 83, p. 182-204, 1945.
- FÜRSICH, F. T.; OSCHMANN, W. Shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic of Kachchh, western India. *Journal of the Geological Society*, London, v. 150, p. 169-185, 1993.

- GAMA JR., E. A sedimentação do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati), um modelo geomórfico. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 9, n. 1, p. 1-16, 1979.
- GIRTY, G. H. On some invertebrate fossils from the Lykins Formation of Eastern Colorado. *Annals New York Academy of Science*, v. 22, p. 1-8, 1912.
- GORDON JR., M. Classificação das formações gonduânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Notas preliminares e estudos*, DNPM, DGM, v. 38, p. 1-20, 1947.
- GRABAU, A. W. Stratigraphy of China. Part I. *Geological Survey of China*, Beijing, 1924.
- GREGORY, J. W. The Geological Relations of the Oil Shales of Southern Burma.' *Geological Magazine*, v. 9, p. 9-152, 1923.
- GROBBEN, C. Zur Kenntniss der Morphologie, der Verwandtschaftsverhältnisse und des Systems der Mollusken. Kaiserliche Akademie der Wissenschaften (Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe). *Sitzungsberichte*, v. 103, n. 1, p. 61–86, 1894.
- HERTWIG, C. W. T. R. *Lehrbuch der Zoologie*. Gustav Fischer, Boulder, 1895. <http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.1695>.
- HERBERT, B. L.; CALDER, J. H. On the discovery of a unique terrestrial faunal assemblage in the classic Pennsylvanian section at Joggins, Nova Scotia. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 41, p. 247-254, 2004. doi: 10.1139/E03-096.
- HIND, W. Notes on some Lamellibranchiate Mollusca obtained by Mr. Molyneux from the Sengwe Coalfield, *Quarterly Journal Geological Society*, London, v. 59, p. 1-287, 1903.
- HOLDHAUS, K. Sobre alguns lamelibrânquios fósseis do sul do Brasil. *Serviço Geológico e Mineralógico*, v. 2, p. 1–24, 1918.
- HOLZ, M.; SIMÕES, M. G. *Elementos Fundamentais de Tafonomia*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 240p. 2002.
- ICZN. Código Internacional de Nomenclatura Zoológica. 4 Eds. *The International Trust for Zoological Nomenclature*, Londres, Reino Unido. 306p. 1999.

- JAPAS, M. S.; AMOS, A. J. Los fósiles deformados em las determinaciones paleontológicas: limitaciones al análisis morfológico. Buenos Aires, *Ameghiniana*, v. 23, n. 3-4, p. 191-202, 1986.
- JONES, T. P. On some small Bivalve Shells from the Karoo Formation, South Africa. *Geological Magazine*, v. 7, pp. 10-409, 1890a.
- JONES, T. P. On some fossils from Central Africa. *Geological Magazine*, v. 7, p. 553-558, 1890b.
- KIDWELL S. M.; FÜRSICH F. T.; AIGNER T. Conceptual framework for the analysis of fossil concentrations. *Palaios*, v. 1, p. 228-238, 1986.
- KIDWELL, S. M.; HOLLAND, S. M. Field description of coarse bioclastics fabrics. *Palaios*, v. 6, p. 426-434, 1991.
- KING, W. Monograph of the Permian fossils of England. *Palaeontographical Society*, p. 1-253, 1850.
- LAHUSEN, I. 2 Eds. *Kratkii kurs paleontologii, Paleozoologii* [A Short Course in Paleontology, Paleozoology]. Akademiia Nauk., St. Petersburg. 741p. 1897.
- LAVINA, E. L. *Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (intervalo Kazaniano – Citiano) da Bacia do Paraná*. 332f. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.
- LINNAEUS, C. 10 Eds. *Systema naturae per regna tria naturae ecundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Holmiae, 824p. 1758.
- LUTHARDT, L.; RÖBLER, R.; SCHNEIDER, J. W. Palaeoclimatic and site-specific conditions in the early Permian fossil forest of Chemnitz—Sedimentological, geochemical and palaeobotanical evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 441, p. 627-652, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.10.015>.
- MARANHÃO, M. S. A. S.; PETRI, S. Novas ocorrências de fósseis nas formações Corumbataí e Estrada Nova do Estado de São Paulo e considerações preliminares sobre seus significados paleontológicos e bioestratigráficos. *Revista do Instituto Geológico*, v. 17, p. 33-54, 1996.

- MATOS, S. A.; WARREN L. V.; FÜRSICH, F. T.; ALESSANDRETTI, L.; ASSINE M. L.; RICCOMINI, C.; SIMÕES, M. G. Paleocology and paleoenvironments of Permian bivalves of the Serra Alta Formation, Brazil: Ordinary suspension feeders or Late Paleozoic Gondwana seep organisms? *Journal of South American Earth Sciences*, v. 77, p. 21-41, 2017a.
- MATOS, S. A.; WARREN, L. V.; VAREJÃO, F. G.; ASSINE, M. L.; SIMÕES, M. G. Permian endemic bivalves of the “Irati anoxic event”, Paraná Basin, Brazil: Taphonomical, paleogeographical and evolutionary implications. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, v. 469, p. 18–33, 2017b.
- McALISTER, A. L. Mode of Preservation in Early Paleozoic Pelecypodes and its Morphological and Ecological Significance. *Journal of Paleontology*, v. 36, n. 1, p. 69-73, 1962.
- MEGLHIORATTI, T. *Estratigrafia de sequências das formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (Permiano, Bacia do Paraná) na porção nordeste do Paraná e leste de São Paulo*. 132f. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.
- MELLO, L. H. C. *Análise cladística dos bivalves do Grupo Passa Dois (Neopermiano), Bacia do Paraná, Brasil: implicações taxonômicas, evolutivas e paleobiogeográficas*. 160f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade São Paulo, São Paulo, 1999.
- MENDES, J.C. Novos Lamelibrânquios fósseis da Série Passa Dois, sul do Brasil. Divisão Geológica e Mineralógica do Brasil, *Boletim Divisão de Geologia e Mineralogia*, DNPM, v. 133, p. 1-40, 1949.
- MENDES, J. C. M. A Formação Corumbataí na região do Rio Corumbataí. (Estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios). *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, 145, Geologia, v. 8, p. 1-119, 1952.
- MENDES, J. C. M. Contribuição à estratigrafia da Série Passa Dois no Estado do Paraná. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo*, 175, Geologia, v. 10, p. 1–119, 1954.

- MEZZALIRA, S.; MENDES, J. C.; MARANHÃO, M. S. M. A. *Anhembia*: um novo gênero de bivalves do Grupo Passa Dois-Permiano. *Revista do Instituto Geológico*, 8-10, v. 11, n. 1, p. 51-54, 1990.
- MILLER, S. A. The American Palaeozoic Fossils, a Catalog of the Genera and Species. *Published by author*. Cincinnati, 253p. 1877.
- MORRIS, N. J.; DICKINS, J. M.; ASTAFIEVA-URBAJTIS, K. Upper Paleozoic anomalodesmatan bivalve. *Bulletin of the British Museum of Natural History, Geology*, v. 47, n. 1, p. 51-100, 1991.
- MORTON, L. S.; HERBST, R. *Leinzia similis* (Holdhaus), (Pelecypoda) del permico superior (Formacion Yaguari) del Uruguay. *Revista de la Asociacion de Ciencias Naturales del Litoral*, v. 21, n. 1, p. 95-97, 1990.
- NETSCHAJEW, A.V., Permian fauna in the eastern part of European Russia. *Transactions O-va Estestvoispyt*. Universidade de Kazan, v. 27, n. 4, p. 1-503, 1894.
- NEVES, J. P.; ROHN, R.; SIMÕES, M. G. Tafonomia de bivalvíos em calcários oolíticos da Formação Teresina (Bacia do Paraná, Permiano Médio, Pudentópolis, PR). *Geologia USP. Série Científica*, v. 10, p. 19-36, 2010.
- NEVES, J. P.; ROHN, R.; SIMÕES, M. G. Tafonomia de tempestitos conchíferos amalgamados da Formação Teresina em Rio Preto (Estado do Paraná, Permiano Médio, Bacia do Paraná) e suas implicações paleoambientais. *Geologia USP. Série Científica*, v. 11, p. 131-147, 2011.
- NEWELL, N. D. Systematic description. In: MOORE, R. C. Ed. *Treatise on invertebrate paleontology, Part N, Mollusca 6, Bivalvia*, Boulder, Geological Society of America, Universidade do Kansas, p. N818-N827, 1969.
- REED, F. R. C. Faunas Trássicas do Brasil. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, *Monographia*, v. 1, n. 9, p. 4-87, 1929.
- REED, F. R. C. Some Triassic lamellibranchs from Brazil and Paraguay. *Geological Magazine*, v. 72, p. 33-42, 1935.

- RICCOMINI, C.; GIMENEZ FILHO, A.; ALMEIDA, F. F. M. Considerações sobre a estratigrafia do Permo-Triássico na região da Serra do Cadeado, Paraná. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, RJ. *Anais*, SBG. v. 2, p. 754-764, 1984.
- RÖBLER, R.; ZIEROLD, T.; FENG, Z.; KRETZSCHMAR, R.; MERBITZ, M.; ANNACKER, V.; SCHNEIDER, J. W. A snapshot of an Early Permian ecosystem preserved by explosive volcanism: new results from the petrified forest of Chemnitz, Germany. *Palaios* v. 27, p. 814–834, 2012.
- ROHN, R. Bivalves da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior) no Estado do Paraná. 9º Congresso Brasileiro de Paleontologia, Fortaleza, Ceará, 1985. “Não Publicado”.
- ROHN, R. Conchostráceos da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior) no Estado do Paraná e no norte do Estado de Santa Catarina, Brasil. Boletim IG-USP. *Série Científica*, São Paulo, v. 18, p. 27-66, 1987.
- ROHN, R. *Bioestratigrafia e paleoambientes da Formação Rio do Rasto na borda leste da bacia do Paraná (permiano superior, Estado do Paraná)*. 331f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.
- ROHN, R. *Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná*. 480f. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- ROHN, R. The Passa Dois Group (Paraná Basin, Permian): investigations in progress. In: Workshop - Problems in the Western Gondwana Geology, South America-Africa correlations: Du Toit revisited. Gramado, 2007. *Extended Abstracts...* Porto Alegre, UFRGS, Petrobras. v. 1, p. 151-157, 2007.
- ROHN, R.; RÖSLER, O. Conchostráceos da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior): Bioestratigrafia e implicações paleoambientais. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 486-493, 1990.
- ROHN, R.; ASSINE, M. L.; MEGLHIORATTI, T. A new insight on the Late Permian environmental changes in the Paraná Basin, South Brazil. In: Gondwana XXII, Mendoza, Academia Nacional de Ciencias, *Abstracts...*, 316p. 2005.

- RUBIDGE, B. S. Re-uniting lost continents – Fossil reptiles from the ancient Karoo and their wanderlust. *South African Journal of Geology*, v. 108, n. 1, p. 135–172, 2005. doi:10.2113/108.1.135.
- RUNNEGAR, B. The bivalve *Megadesmus* Sowerby and *Astartila* Dana from the Permian of eastern Australia. *Journal of the Geological Society of Australia*, v. 12, p. 227-252, 1965.
- RUNNEGAR, B. Desmodont bivalves from the Permian of Eastern Australia. Bureau of the Mineral Resources, Geology and Geophysics, *Bulletin*, v. 96, p. 1-108.
- RUNNEGAR, B. Evolutionary history of the bivalve Subclass Anomalodesmata. *Journal of Paleontology*, v. 48, n. 5, p. 904-939, 1974.
- RUNNEGAR, B.; NEWELL, N. D. Caspian- like relict moluscan fauna in the South American Permian. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, v. 146, p. 1-66, 1971.
- RYGEL, M. C. *Alluvial sedimentology and basin analysis of Carboniferous strata near Joggins, Nova Scotia, Atlantic Canada*. 515f. Tese de Doutorado. Department of Earth Sciences, Dalhousie University, Nova Scotia, 2005.
- SCARLATO, O.; STAROBOGATOV, Y. I. Osnovye cherty evoliutsii I Sistema klassa Bivalvia. *Transactions of the Zoological Institute*, v. 80, p. 5-38, 1979.
- SCHEMIKO, D.C.B., VESELY, F.F., FERNANDES, L.A., SOWEK, G.A. Distinção dos elementos deposicionais fluviais, eólicos e lacustres do Membro Morro Pelado, Permiano Superior da Bacia do Paraná. *Geologia USP, Série Científica*, v. 14, p. 29-46, 2014.
- SCHNEIDER, G.; MARAIS, C. *Passage through Time: The Fossils of Namibia*. Ed. Gamsberg Macmillan, 158p, 2005.
- SELDEN, P.; NUDDS, J. Karoo. Evolution of Fossil Ecosystems. 2 Eds. Manson Publishing. p. 104–122, 2011. ISBN 9781840761603.
- SEPKOSKI, J. J. A compendium of fossil marine genera. *Bulletins of American Paleontology*, Paleontological Research Institution, New York, v. 353, n. 2-4, p. 560, 2002.
- SHARPE, D. Description of some remains of Mollusca from near Graaf Reinet. *Transactions Geological Society London Survey*, v. 2, n. 7, p. 225-226, 1852.

- SILANTIEV, V. V. Permian Non-marine Bivalve Zonation of the East European Platform. *Stratigraphy and Geological Correlation*, v. 22, n. 1, p. 1–27, 2014.
- SILANTIEV, V. V. Permian non-marine bivalves of East European Platform: stratigraphic distribution and correlation. *Byull. Mosk. Ob–va Ispyt. Prir., Otd. Geol.*, v. 91, n. 1; p. 50–66, 2016.
- SILANTIEV, V. V. Geographic and Stratigraphic Distribution of the Permian Nonmarine Bivalves. In: *Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting*, v. 1, p. 184–186, 2017.
- SILANTIEV, V. V.; URAZAEVA, M. N. Shell microstructure in the Permian nonmarine bivalve *Palaeomutela* Amalitzky: Revision of the generic diagnosis. *Paleontological Journal*, v. 47, n. 2, p. 139–146, 2013.
- SILANTIEV, V. V.; CHANDRA, S.; URAZAEVA, M. N. Systematics of nonmarine bivalve molluscs from the Indian Gondwana Coal Measures (Damuda Group, Permian, India) *Paleontological Journal*, v. 49, n. 12, p. 1235–1274, 2015.
- SILANTIEV, V. V.; URAZAEVA, M. N. *Hypoanthraconaia*: a new genus of non-marine bivalve molluscs from the Early Permian of Far East Russia. *Paläontologische Zeitschrift*, v. 91, n. 1, p. 71–84, 2016. doi 10.1007/s12542-016-0334-4.
- SIMÕES, M. G.; FITTIPALDI, F. C. Bivalves do Grupo Passa Dois, Permiano da Bacia do Paraná: sinopse das pesquisas. In: VI Simpósio Regional de Geologia, 6, Rio Claro, *Atas*, v. 1, p. 281–295, 1987.
- SIMÕES, M. G.; TORELLO, F. F.; ROCHA-CAMPOS, A. C. Gênese e classificação da coquina de Camaquã (assembléia de *Pinzonella neotropica*), Formação Corumbataí (Permiano Superior), Rio Claro, Sp. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, RJ, v. 68, n. 4, p. 545–557, 1996.
- SIMÕES, M. G.; MARQUES, A. C.; MELLO, L. H. C.; ANELLI, L. E. Phylogenetic analysis of the genera of the extinct Family Megadesmidae (Pelecypoda, Anomalodesmata), with remarks on its paleoecology and taxonomy. *Journal of Comparative Biology*, Ribeirão Preto, SP., v. 2, n. 2, p.75–90, 1997.

- SIMÕES, M. G.; ROCHA-CAMPOS, A. C.; ANELLI, L. E. Paleocology and evolution of Permian pelecypod assemblages (Paraná Basin) from Brazil. In: JOHNSTON, P. A.; HAGGART, J. W. Ed. *Bivalves - An Eon of evolution: paleobiological studies honoring Norman D. Newell*. Calgary, University of Calgary Press, p. 443-452, 1998.
- SIMÕES, M. G.; KOWALEWSKI, M. Complex shell beds as paleoecological puzzles: a case study from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Facies*, Alemanha, v. 38, p. 175-196, 1998.
- SIMÕES, M. G.; MELLO, L. H.; TORELLO, F. F.; GHILARDI, R. P. *Tambaquyra* gen. n. (Bivalvia, Anomalodesmata), Formação Serra Alta (Neopermiano), Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, Brasil. São Paulo, SP. *Revista UNG*, Serie Geociências, v. 5, n. 6, p. 11-19, 2000.
- SIMÕES, M. G.; QUAGLIO, F.; WARREN, L. V.; ANELLI, L. E.; STONE, P.; RICCOMINI, C.; GROHMANN, C. H.; CHAMANI, M. A. C. Permian non-marine bivalves of the Falkland Islands and their palaeoenvironmental significance. *Alcheringa*, v. 36, n. 4, p. 543-554, 2012.
- SIMÕES, M. G.; MATOS, S. A.; ANELLI, L. E.; ROHN, R.; WARREN, L. V.; DAVID, J. M. A new Permian bivalve-dominated assemblage in the Rio do Rasto Formation, Paraná Basin, Brazil: faunal turnover driven by regional-scale environmental changes in a vast epeiric sea. *Journal of South American Earth Sciences*, v.64, p 14-26, 2015.
- SIMÕES, M. G.; DAVID, J. M.; ANELLI, L. E.; KLEIN, C.; MATOS, S. A.; GUERRINI, V. B.; WARREN, L. V. The Permian Tiaraju bivalve assemblage, Passa Dois Group, southern Brazil: biostratigraphic and paleobiogeographic significance. *Brazilian Journal of Geology*, v. 47, n. 2, p. 209-224, 2017.
- SOLEM, A.; YOCHELSON, E. L. North American Paleozoic Land Snails, with a summary of other Paleozoic Nonmarine Snails. *Geological Survey Professional Paper*, v. 1072, p. 1-67, 1979.
- STANLEY, S. M. Delayed recovery and the spacing of major extinctions. *Paleobiology*, v. 14, n. 4, p. 401-414, 1990.

- STANLEY, S. M. *Macroevolution: Pattern and Processes*. W. H. Freeman and Co., San Francisco, 332p, 1979.
- STANLEY, S. M. Relation of shell form to life habits of the Bivalvia (Mollusca). *Memoirs of the Geological Society of America*, v. 125, p. 1–296, 1970. <http://dx.doi.org/10.1130/MEM125-p1>.
- STOLLHOFEN, H.; STRANISTREET, I. G.; ROHN, R.; HÖLZFOERSTER, F.; WANKE, A. The Gai-As lake system, northern Namibia and Brazil. In: GLERLOWSKIKORDESCH E. H.; KELTS, K. R. Eds. *Lake Basins Through Space and Time*, AAPG Studies in Geology, Tulsa, v. 46, p. 87–108, 2000.
- STONE, P. *Devonian and Permian fossils from the Falkland Islands in the biostratigraphy collection of the British Geological Survey*. Nottingham: British Geological Survey. p. 1-19, 2012.
- STONE, P.; RUSHTON, A. Some new fossil records and notabilia from the Falkland Islands. *The Falkland Islands Journal*, v. 8, p. 1–10, 2003.
- STONE, P.; ALDISS, D. T.; EDWARDS, E. J. *Rocks and Fossils of the Falkland Islands. British Geological Survey for Department of Mineral Resources*. Falkland Island Government, 60p, 2005.
- TASCH, P. Conchostracan dispersal between South America, Africa and Antarctica. *Antarctic Journal*, United States, v. 17, n. 5, p. 45-46, 1982.
- VASEY, G. M. Classification of Carboniferous non-marine bivalves: systematics versus stratigraphy. *Journal of the Geological Society*, v. 151, p. 1023-1033, 1994.
- VIEIRA, A. J. Geologia do centro e Nordeste do Paraná e Centro Sul de São Paulo. In: XXVII Congresso Brasileiro de Geologia, Aracaju, SE, *Anais*, SBG, v. 3, p. 259–277, 1973.
- WARREN, L. V. *Evolução Sedimentar Da Formação Rio Do Rasto Na Região Centro-Sul Do Estado De Santa Catarina*. 174f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- WARREN, L. V.; ALMEIDA, R. P.; HACHIRO, J.; MACHADO, R.; ROLDAN, L. F.; STEINER, S. S.; CHAMANI, M. A. C. *Evolução Sedimentar da Formação Rio Do Rasto*

(Permo-Triássico da Bacia do Paraná) na porção centro-sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, p. 213–227, 2008.

WARREN, L. V.; ASSINE, M. L.; SIMÕES, M. G.; RICCOMINI, C.; ANELLI, L. E. A Formação Serra Alta, Permiano, no Centro-Leste do Estado de São Paulo, Bacia do Paraná, Brasil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 45, p. 127-142, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/23174889201500010008>.

WEIR, J. On a second collection of fossils and rocks from Kenya made by Miss M. McKinnon Wood. II. *Palaeonodonta* from Kenya and Burma. *Monographs of the Geological Department of the Hunterian Museum*, p. 12–15, 1938.

WEIR, J. A review of recent work on the Permian Non-marine Lamellibranchs and its having on the affinities of certain non-marine genera of the Upper Palaeozoic. *Transactions Geological Society Glasgow*, v. 20, n. 3, p. 291–339, 1945.

WESSELING, F. P. Long-lived lake molluscs as island faunas: a bivalve perspective. Remena W. Eds. In: *Biogeography, time and place: distributions, barriers and islands*. Dordrecht, Springer, p. 275–314, 2007.

YEMANE, K.; KELTS, K. A short review of paleoenvironments for Lower Beaufort (Upper Permian) Karoo sequences from southern to central Africa: A major Gondwana Lacustrine episode. *Journal of African Earth Sciences*, v. 10, n. 1-2, p. 169-185, 1990.