

VARIAÇÃO MORFOMÉTRICA DE ARCÍDEOS (MOLLUSCA: BIVALVIA) DA COSTA NORTE-NORDESTE DO BRASIL

ROCHA, V. P.^{1*} & MATTHEWS-CASCON, H.²

1. Doutora em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR/UFC), Laboratório de Invertebrados Marinhos do Ceará (LIMCE)
 2. Professora Doutora da Universidade Federal do Ceará (UFC), Laboratório de Invertebrados Marinhos do Ceará (LIMCE)
- *Corresponding author: rocha.vp16@gmail.com

ABSTRACT

Rocha, V.P. & Matthews-cascon, H. (2014). *Varição morfológica de Arcídeos (Mollusca: Bivalvia) da costa norte-nordeste do Brasil*. *braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 19(1). eISSN 1983-9057. DOI: 10.14210/bjast.v19n1. Known as “ark-shells” and “blood cookles”, species of family Arcidae are sessile and it's very common in tropical seas. The study aiming check the shells morphological metric elements that would help in arcids differentiation (Mollusca: Bivalvia: Arcidae), as well as examine the conchological variations of specimens from North and Northeastern regions of Brazil. The samples available were from malacological collection “Prof. Henry Ramos Matthews” (CMPHRM), of Universidade Federal do Ceará (UFC), wich only the right valve was used. After shells identification, eight measures were taken: hinge length, shell length, position of umbo, umbo height, anterior shell height, middle shell height, posterior shell height and posterior shell length. Those measures are previously known as ‘landmarks’ of the family. The data were analyzed by statistical packages and shell's mean sizes were consistent with measures presented in the literature. In general, the measures were significant in the differentiation of species. Different specimens with geographical proximity it often have morphological similarity.

Key words: Morphological patterns, Similarity, Shells, Arcidae.

INTRODUÇÃO

As espécies da família Arcidae tem como características concha inequilateral, de formato ovalado a subtrapezoidal, com escultura radial ou decussata, porcelanosa e com numerosos dentes taxodontes localizados em uma charneira reta, além de perióstraco espesso e ocasionalmente piloso (Rios, 1994, 2009; Amaral et al., 2006). São também conhecidas como “ark-shells” e “blood cookles”.

Bastante comum em mares tropicais, para o Brasil registram-se 21 espécies para a família, classificadas nos gêneros *Acar*, *Arca*, *Anadara*, *Aspearca*, *Barbatia*, *Bathyarca*, *Bentharca* e *Paranadara* (Diaz & Puyana, 1994; Simone & Chichvarkhin, 2004; Passos & Birman, 2009; Rios, 1994, 2009; Simone, 2009; Francisco et al., 2012). Distribuídas por toda a costa brasileira, algumas espécies não ocorrem na região Sul do país (Rios, 2009).

Importantes ecológica e economicamente são consideradas fonte de proteína para o homem, sendo conhecidas popularmente como ‘mariscos’ juntamente a outras espécies de bivalves. Para o Brasil registra-se *Anadara chemnitzii* (Philippi, 1851) como espécie comestível na região Nordeste (Rios, 2009). Em alguns países há o reconhecimento do potencial de espécies desta família para a aquicultura e setor pesqueiro (Broom, 1983; Peharda et al., 2006; Silina, 2006). No ambiente estão presentes nas cadeias alimentares, bem como na formação do substrato marinho.

Os arcídeos, de um modo geral, são animais sésseis e possuem concha bastante sujeita a variações ecofenotípicas, podendo apresentar diversidade de características para melhor adaptação a dinâmica ambiental em que se encontram (Simone & Chichvarkhin, 2004). Essas alterações podem ser na taxa de crescimento, espessura e ornamentação das conchas, dentre outras.

Para estudos de variabilidade geográfica, eco-morfológicos e paleontológicos, bem como auxílio na resolução de problemas taxonômicos de identificação de espécies similares, os métodos de morfometria geométrica apresentam-se como ferramentas eficientes em análises com bivalves (Fuiman et al., 1999; Marko & Jackson, 2001; Roopnarine et al., 2008; La Perna & D’Abramo, 2009; Francisco et al., 2011). Essas análises levam em consideração ‘marcos anatômicos’ (landmarks), que, matematicamente, são pontos de correspondência combinados dentro e entre populações (Monteiro & Reis, 1999; Rohlf, 2000; Zelditch et al., 2004).

Diferente da morfometria tradicional, cujas medidas eram escolhidas aleatoriamente, a morfometria geométrica baseadas em marcos anatômicos nos dá a possibilidade de observarmos as variáveis morfológicas da concha especificamente para determinado grupo. Estes dados morfológicos nos mostram possíveis relações de similaridade entre espécies e podem ser utilizados para indicar distinção de espécies próximas, quer sejam do Recente ou fósseis (ver

Fuiman et al., 1999; Marko & Jackson, 2001; Francisco et al., 2011).

Moluscos bivalves necessitam de mais estudos taxonômicos para serem estabelecidos em um sistema natural, o que não acontece em geral devido a uma grande variedade morfológica e ecológica, (Purchon & Brown, 1969; Nevesskaja, 2009; Bieler et al., 2013). Oliver & Holmes (2006) afirmam, após estudo sistemático da ordem Arcoidea, a necessidade de mais dados morfológicos para resolver as relações da família Arcidae, principalmente quando comparadas a família Noetiidae. Estudos conquiológicos, principalmente quando se tratam de novas espécies, são difíceis devido à falta de consenso na definição de gêneros e a disposição destes dentro da família Arcidae (Oliver & Holmes, 2006; Francisco et al., 2012).

Desta forma, diante da importância de ampliação de dados taxonômicos, o presente estudo tem como objetivo verificar variáveis morfológicas da concha que possam auxiliar na diferenciação de Arcidae (Mollusca: Bivalvia), bem como examinar as variações conquiológicas entre espécimes dos estados da região Norte e Nordeste do Brasil.

MATERIAIS E METODOS

Os espécimes analisados encontram-se depositados na Coleção Malacológica “Prof. Henry Ramos Matthews – Séries A e B” da Universidade Federal do Ceará (CMPHRM – Série A e B), e foram coletados na região Norte (estados do Amapá e Pará) e Nordeste

Tabela I - Classificação das espécies de Arcidae observadas nesse estudo, segundo sistemática proposta por Rios (2009), com atualização da espécie *Lunarcus ovalis* feita por Huber (2010).

| |
|---|
| Ordem Arcoidea Stoliczka, 1871 |
| Superfamília Arcoidea Lamarck, 1809 |
| Família Arcidae Lamarck, 1809 |
| Subfamília Arcinae Lamarck, 1809 |
| Gênero <i>Arca</i> Linnaeus, 1758 |
| <i>Arca imbricata</i> Bruguière, 1789 |
| <i>Arca zebra</i> (Swainson, 1833) |
| Gênero <i>Barbatia</i> Gray, 1842 |
| Subgênero <i>Acar</i> Gray, 1857 |
| <i>Barbatia domingensis</i> (Lamarck, 1819) |
| Subgênero <i>Cucullaearca</i> Conrad, 1865 |
| <i>Barbatia candida</i> (Helbling, 1779) |
| Subfamília Anadarinae Reinhart, 1937 |
| Gênero <i>Anadara</i> Gray, 1847 |
| Subgênero <i>Cunearca</i> Dall, 1898 |
| <i>Anadara brasiliiana</i> (Lamarck, 1819) |
| <i>Anadara chemnitzii</i> (Philippi, 1851) |
| Subgênero <i>Larkiria</i> Reinhart, 1935 |
| <i>Anadara notabilis</i> (Röding, 1798) |
| Gênero <i>Lunarca</i> Gray, 1842 |
| <i>Lunarca ovalis</i> (Bruguière, 1789) |

(estados do Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia) do Brasil – em expedições e pesquisas científicas desde os anos de 1970 até a atualidade. As conchas são conservadas a seco e espécimes com partes moles em álcool etílico 70%.

O material malacológico foi identificado de acordo com a literatura existente (Warmke & Abbott, 1962; Abbott, 1965; Abbott & Dance, 1983; Diaz & Puyana, 1994; Rios 1994, 2009; Amaral et al., 2006). Algumas espécies, embora com registro na literatura para os estados das regiões Norte e Nordeste, não foram aqui estudadas por ausência de material na coleção malacológica da UFC ou número insuficiente de valvas (inferior a cinco). Conchas de espécimes juvenis não foram consideradas por muitas vezes mostrarem ornamentações diferentes do adulto, apresentando características mais genéricas do que específicas da espécie.

A classificação sistemática utilizada segue a proposta de Rios (2009). A espécie *Lunarca ovalis* foi analisada dentro de *Anadara*, para observação da relação desta com outras espécies do gênero. Anteriormente, a espécie pertencia ao gênero *Anadara* sendo recentemente reclassificada no gênero *Lunarca* por Huber (2010) (Tabela I).

Para as análises morfométricas foram consideradas apenas as valvas direitas das conchas para se ter uma padronização. Foram medidas oito variáveis morfológicas, com auxílio de paquímetro (0,1 mm de acurácia), baseadas no trabalho de Marko & Jackson (2001): (1) comprimento da charneira; (2) comprimento da concha; (3) posição do umbo (prodisoconcha); (4) altura do umbo (prodisoconcha); (5) altura da porção

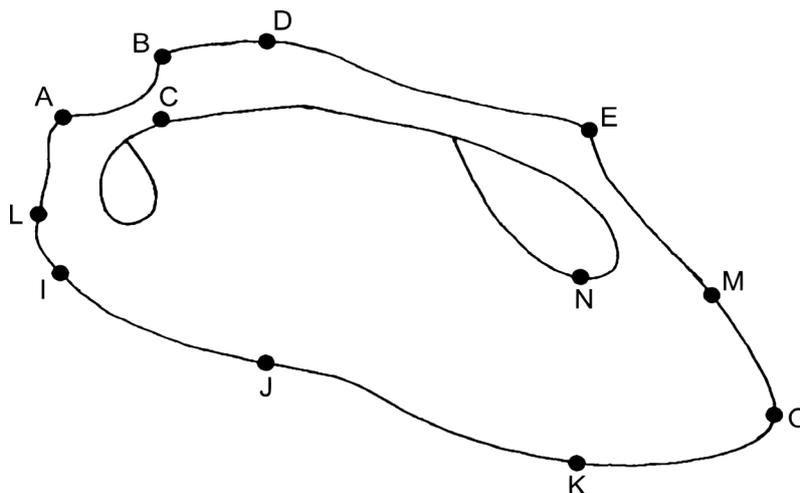


Figura 1- Características morfológicas utilizadas na diferenciação de conchas de bivalves arcídeos. As letras A, B, C, D, E, I, J, K, L, M, N e O indicam os marcos anatômicos. Variáveis morfológicas medidas neste estudo: comprimento da charneira (AE); comprimento da concha (LM); posição do umbo (prodisoconcha) (AC); altura do umbo (prodisoconcha) (CB); altura da porção anterior da concha (AI); altura média da concha (DJ); altura da porção posterior da concha (EK); comprimento da porção posterior da concha (NO) FONTE: Adaptado de Marko & Jackson, 2001.

anterior da concha; (6) altura média da concha; (7) altura da porção posterior da concha; (8) comprimento da porção posterior da concha (NO) (Figura 1).

As variâncias foram analisadas através do programa estatístico GraphPad InStat 3®. Para os resultados paramétricos, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e pós-teste de Turkey, enquanto que para resultados não paramétricos foi realizado teste de o Kruskal-Wallis e pós-teste de Dunn.

Também foram construídos dendrogramas de similaridades, por distância Euclidiana das médias das variáveis morfológicas, para espécies em estados brasileiros diferentes. Apenas uma valva de *Arca imbricata* do estado de Pernambuco foi analisada, sendo, desta forma, desconsiderada para a análise de similaridade.

RESULTADOS

Foram analisadas 414 valvas de oito espécies de arcídeos presentes na costa brasileira neste trabalho. As espécies estudadas foram: *Anadara chemnitzii* (Philippi, 1851), dos estados do Pará e Ceará (15 valvas); *Anadara brasiliiana* (Lamarck, 1719) do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba (52 valvas); *Anadara notabilis* (Röding, 1798) do Pará, Ceará e Rio Grande do Norte (56 valvas); *Arca imbricata* (Bruguière, 1789) do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco (52 valvas); *Arca zebra* (Swainson, 1833) do Amapá, Pará, Maranhão e Ceará (92 valvas); *Barbatia candida* (Helbling, 1779) do Amapá (sete valvas); *Barbatia domingensis* (Lamarck, 1819) do Amapá, Pará, Ceará e Rio Grande do Norte (56 valvas); e *Lunarca ovalis* (Bruguière, 1789) do Pará, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba (84 valvas) (Figura 2).

As medidas morfométricas variaram entre paramétricas e não paramétricas de acordo com os grupos analisados (Tabelas II a V). Valores de $p > 0,05$ foram considerados não significantes, enquanto valores significantes tiveram sua relevância na separação das espécies dividida em: alta ($p < 0,001$), moderada ($p < 0,01$) ou baixa ($p < 0,05$). De forma geral, as medidas apresentaram-se significantes na diferenciação das espécies dentro dos gêneros e entre os subgêneros e o gênero *Lunarca*.

Na análise do gênero *Anadara* (incluindo o gênero *Lunarca*) com exceção do comprimento da concha, todas as outras variáveis morfológicas apresentaram-se não significantes para diferenciação de algumas espécies entre si (Tabela II). Nos gêneros *Arca* e *Barbatia* todas as medidas são significantes na distinção das espécies, onde a medida da altura do umbo (prodisoconcha), embora significativa, teria menor relevância (Tabelas III e IV).

A análise de variância mostrou que as variáveis morfológicas altura do umbo (prodisoconcha), altura média, altura da porção posterior e o comprimento da concha foram significantes na distinção dos subgêneros *Larkiria* e *Cunearca* e destes com o gênero *Lunarca*. As outras medidas não foram significantes em todas as análises para distinção de *Cunearca* (Tabela V).

Observou-se a formação de três grupos, de acordo com o dendrograma de similaridade baseado nas variáveis morfológicas das conchas: o primeiro grupo une *Anadara chemnitzii* e *Lunarca ovalis*; o segundo une *Arca zebra*, *Barbatia candida* e *Barbatia domingensis*; e o terceiro grupo une *Anadara brasiliiana*, *Anadara notabilis* e *Arca imbricata* (Figura 3).

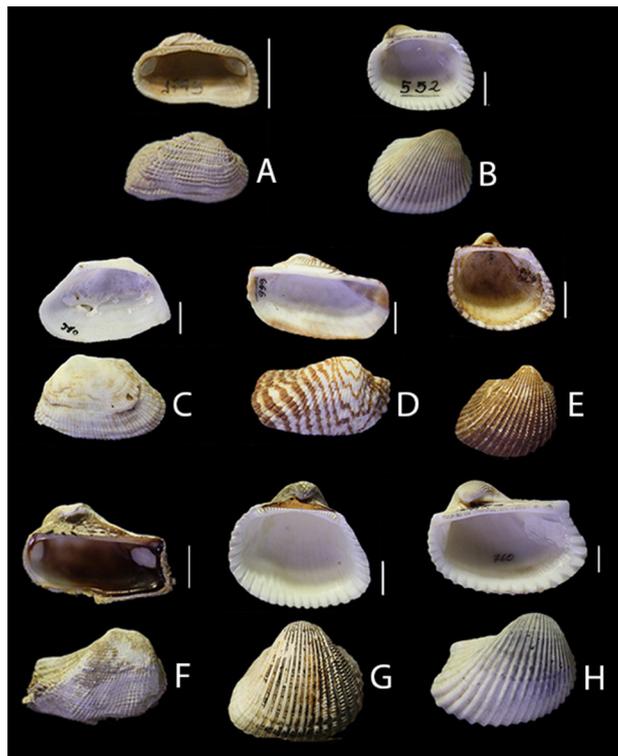


Figura 2- Visão interna (superior) e externa (inferior) das conchas das espécies de arcídeos analisados neste estudo. Escala: 1cm. Legenda: A- *Barbatia domingensis*; B- *Lunarca ovalis*; C- *Barbatia candida*; D- *Arca zebra*; E- *Anadara chemnitzii*; F- *Arca imbricata*; G- *Anadara brasiliiana*; H- *Anadara notabilis*.

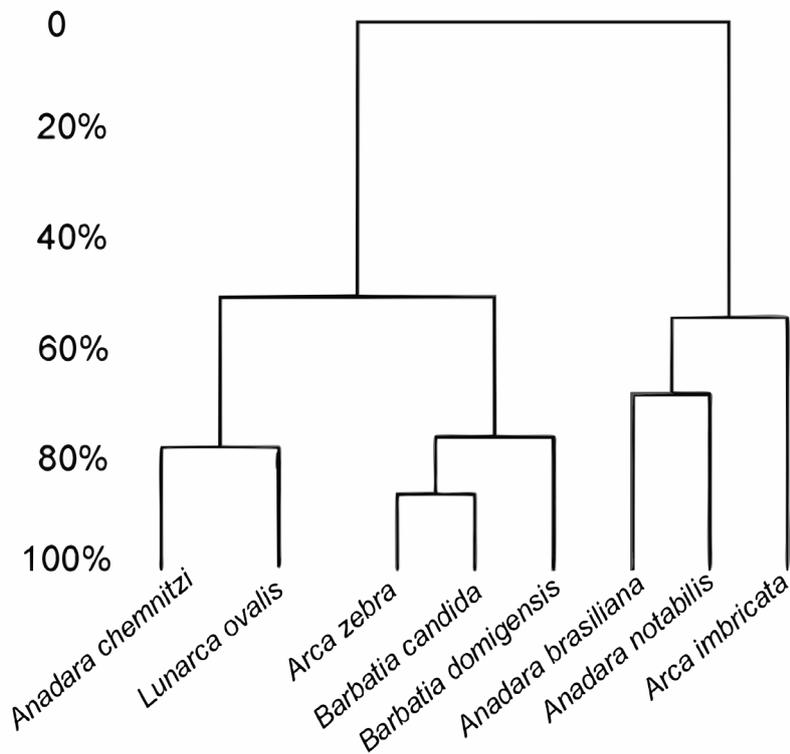


Figura 3 – Dendrograma de similaridade por distância Euclidiana das oito variáveis morfológicas medidas em arcídeos da costa Norte-Nordeste brasileira, mostrando uma possível relação entre as espécies.

Tabela II - Análises de variância entre as espécies do Gênero *Anadara*, incluindo *Lunarca ovalis*, de acordo com as medidas morfométricas da concha consideradas no estudo. Legendda: NS- não significante; Asteriscos- significantes, onde: (*) baixa relevância, (**) moderada relevância e (***) alta relevância.

| Medida (variável) | Teste Paramétrico | Comparação | P value |
|---|-------------------|---|---------------|
| AC (Posição do umbo) | Paramétrico | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara brasiliana</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Lunarca ovalis</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara brasiliana</i> x <i>Lunarca ovalis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara brasiliana</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Lunarca ovalis</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| AE (Comp. charneira) | Não Paramétrico | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara brasiliana</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara ovalis</i> | ** p < 0.01 |
| | | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara brasiliana</i> x <i>Lunarca ovalis</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Anadara brasiliana</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Lunarca ovalis</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| AI (Altura da porção anterior da concha) | Paramétrico | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara brasiliana</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Lunarca ovalis</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara brasiliana</i> x <i>Lunarca ovalis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara brasiliana</i> x <i>Anadara notabilis</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Lunarca ovalis</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| CB (Altura do umbo) | Não Paramétrico | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara brasiliana</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara ovalis</i> | * p < 0.05 |
| | | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara notabilis</i> | ** p < 0.01 |
| | | <i>Anadara brasiliana</i> x <i>Lunarca ovalis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara brasiliana</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Lunarca ovalis</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| DJ (Altura média da concha) | Não Paramétrico | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara brasiliana</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Lunarca ovalis</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Anadara chemnitzzi</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara brasiliana</i> x <i>Lunarca ovalis</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Anadara brasiliana</i> x <i>Anadara notabilis</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Lunarca ovalis</i> x <i>Anadara notabilis</i> | *** p < 0.001 |

Tabela III - Análises de variância entre as espécies do Gênero *Arca* de acordo com as medidas morfométricas da concha consideradas no estudo. Legendda: NS- não significante; Asteriscos- significantes, onde: (*) baixa relevância, (**) moderada relevância e (***) alta relevância.

| Medida (variável) | Teste Paramétrico | Comparação | P value |
|---|-------------------|------------------------------------|---------------|
| AC (Posição do umbo) | Não Paramétrico | <i>Arca imbricata x Arca zebra</i> | *** p < 0.001 |
| AE (Comp. charneira) | Não Paramétrico | <i>Arca imbricata x Arca zebra</i> | *** p < 0.001 |
| AI (Altura da porção anterior da concha) | Não Paramétrico | <i>Arca imbricata x Arca zebra</i> | *** p < 0.001 |
| CB (Altura do umbo) | Não Paramétrico | <i>Arca imbricata x Arca zebra</i> | *** p < 0.001 |
| DJ (Altura média da concha) | Não Paramétrico | <i>Arca imbricata x Arca zebra</i> | *** p < 0.001 |
| EK (Altura da porção posterior da concha) | Não Paramétrico | <i>Arca imbricata x Arca zebra</i> | *** p < 0.001 |
| LM (Comp. da concha) | Não Paramétrico | <i>Arca imbricata x Arca zebra</i> | *** p < 0.001 |
| NO (Comp. da porção posterior da concha) | Não Paramétrico | <i>Arca imbricata x Arca zebra</i> | *** p < 0.001 |

Tabela IV . Análises de variância entre as espécies do Gênero *Barbatia* de acordo com as medidas morfométricas da concha consideradas no estudo. Legendda: NS- não significante; Asteriscos- significantes, onde: (*) baixa relevância, (**) moderada relevância e (***) alta relevância.

| Medida (variável) | Teste Paramétrico | Comparação | P value |
|---|-------------------|--|---------------|
| AC (Posição do umbo) | Paramétrico | <i>Barbatia candida x Barbatia domingensis</i> | *** p < 0.001 |
| AE (Comp. charneira) | Não Paramétrico | <i>Barbatia candida x Barbatia domingensis</i> | *** p < 0.001 |
| AI (Altura da porção anterior da concha) | Não Paramétrico | <i>Barbatia candida x Barbatia domingensis</i> | *** p < 0.001 |
| CB (Altura do umbo) | Não Paramétrico | <i>Barbatia candida x Barbatia domingensis</i> | * p < 0.05 |
| DJ (Altura média da concha) | Não Paramétrico | <i>Barbatia candida x Barbatia domingensis</i> | *** p < 0.001 |
| EK (Altura da porção posterior da concha) | Não Paramétrico | <i>Barbatia candida x Barbatia domingensis</i> | *** p < 0.001 |
| LM (Comp. da concha) | Não Paramétrico | <i>Barbatia candida x Barbatia domingensis</i> | *** p < 0.001 |
| NO (Comp. da porção posterior da concha) | Paramétrico | <i>Barbatia candida x Barbatia domingensis</i> | *** p < 0.001 |

Tabela V. Análises de variância entre os subgêneros de *Anadara* (*Cunearca* e *Larkiria*) e o gênero *Lunarca* de acordo com as medidas morfométricas da concha consideradas no estudo. Legenda: NS- não significante; Asteriscos- significantes, onde: (*) baixa relevância, (**) moderada relevância e (***) alta relevância.

| Medida (variável) | Teste Paramétrico | Comparação | P value |
|---|-------------------|-----------------------------------|---------------|
| AC (Posição do umbo) | Paramétrico | <i>Cunearca</i> x <i>Larkiria</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Cunearca</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Larkiria</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| AE (Comp. charneira) | Paramétrico | <i>Cunearca</i> x <i>Larkiria</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Cunearca</i> x <i>Lunarca</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Larkiria</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| AI (Altura da porção anterior da concha) | Paramétrico | <i>Cunearca</i> x <i>Larkiria</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Cunearca</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Larkiria</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| CB (Altura do umbo) | Não Paramétrico | <i>Cunearca</i> x <i>Larkiria</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Cunearca</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Larkiria</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| DJ (Altura média da concha) | Paramétrico | <i>Cunearca</i> x <i>Larkiria</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Cunearca</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Larkiria</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| EK (Altura da porção posterior da concha) | Não Paramétrico | <i>Cunearca</i> x <i>Larkiria</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Cunearca</i> x <i>Lunarca</i> | ** p < 0.01 |
| | | <i>Larkiria</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| LM (Comp. da concha) | Não Paramétrico | <i>Cunearca</i> x <i>Larkiria</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Cunearca</i> x <i>Lunarca</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Larkiria</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| NO (Comp. da porção posterior da concha) | Paramétrico | <i>Cunearca</i> x <i>Larkiria</i> | NS p > 0.05 |
| | | <i>Cunearca</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |
| | | <i>Larkiria</i> x <i>Lunarca</i> | *** p < 0.001 |

A partir da análise dos dendrogramas das regiões da espécie *Anadara notabilis*, foi observado que as conchas em geral do Ceará e do Pará são mais similares. O mesmo ocorre para os espécimes de *Lunarca ovalis*. As conchas de *Arca imbricata* do Ceará são mais similares as do Rio Grande do Norte, assim como as de *A. zebra* do Ceará foram mais similares com as do Maranhão. Para os espécimes de *Barbatia domingensis*, as conchas do Amapá apresentaram-se mais similares com as do Pará (Figura 4).

DISCUSSÃO

As espécies de arcídeos analisadas nesse trabalho já possuíam registro para os estados brasileiros estudados (Rios, 2009). O tamanho médio das conchas dos arcídeos abordados apresentou-se consistente com as médias apresentadas na literatura (Diaz & Puyana, 1994; Rios, 1994, 2009).

Nesse estudo, as medidas das variáveis morfológicas utilizadas foram relevantes em sua maioria para incrementar os dados informativos das espécies analisadas. Para a discriminação dos grupos internos

de Arcidae foi possível identificar diferenças morfométricas nas conchas até nível de espécie. Ressalta-se que o trabalho não julga tais medidas como justificativa para separação dos mesmos, como se pode observar na Figura 2 – onde o dendrograma de similaridade apresenta-se bastante heterogêneo, unindo espécies de gêneros distintos – mas como ferramenta auxiliar na identificação das mesmas. Nesse trabalho assume-se que as medidas foram úteis para observar a morfovariação das espécies de arcídeos presentes na costa Norte-Nordeste do Brasil.

Marko & Jackson (2001), em estudo morfométrico anterior com espécimes da família Arcidae já haviam demonstrado a eficiência deste tipo análise. Utilizando-se de 14 medidas de variáveis morfológicas, os autores caracterizaram e diferenciaram pares de espécies, fósseis e do Recente, de três gêneros (*Arca*, *Barbatia* e *Arcopsis*). Ainda em Bivalvia, a análise da espécie *Ledella pustulosa* (Protobranchia), por exemplo, utilizando morfometria geométrica, foi relevante para explorar padrões de variação na forma da concha, desenvolver critérios morfométricos para distinção de subespécies e examinar padrões de distribuição das mesmas (Fuiman et al., 1999).

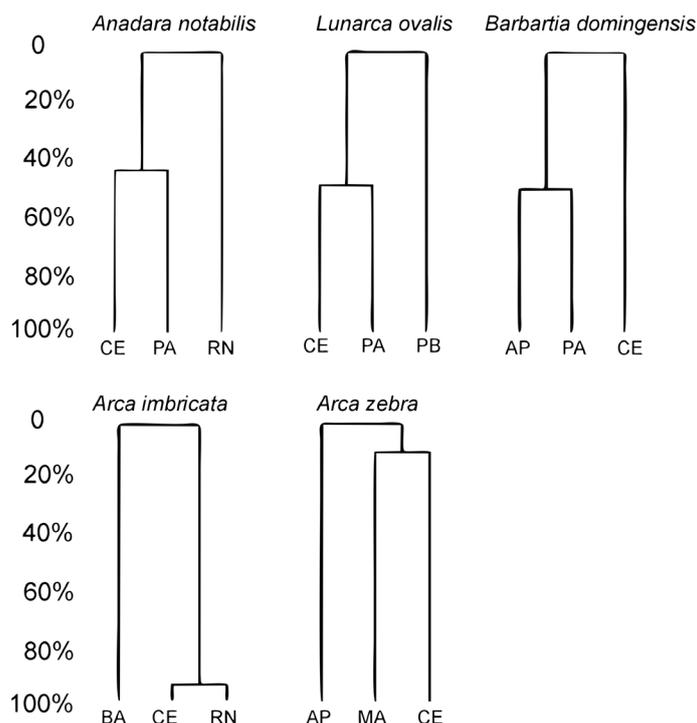


Figura 4. Dendrograma de similaridade por distância Euclidiana das oito variáveis morfológicas medidas em arcídeos da costa Norte-Nordeste brasileira, mostrando uma possível relação das espécies de acordo com os estados do Brasil.

Estudos sobre populações e complexo de espécies com insetos comumente utilizam a morfometria geométrica, associada ou não a outra ferramenta, para compreensão desses grupos (Aytekin et al., 2007; Baylac et al., 2003; Hoffmann & Shirriffs, 2002; Petrorius, 2005). Nestes trabalhos, as variações morfológicas observadas também são significativas.

Desenvolvimento ontogenético, adaptação a fatores geográficos locais, diversificação evolucionária de longo prazo são exemplos de processos biológicos que causam diferenças na forma entre espécies ou entre partes dos organismos (Zelditch et al., 2004). Em bivalves, a grande diversidade de hábitos de vida se reflete em uma ampla gama de variação morfológica, tanto na concha como na anatomia (Harper et al., 2000). Inclusive, problemas taxonômicos em bivalves se devem a fatores como falha na revisão de sinônimas, descrições simples das conchas, o não conhecimento mais aprofundado da espécie, bem como suas variações adaptativas (Bouchet et al., 2002; Bieler et al., 2013). Assim, as diferenças morfométricas podem estar relacionadas ao local onde os espécimes foram coletados. Trabalho como este são importantes, pois chama a atenção para as possíveis variações morfológicas entre espécimes.

Características como a prodisoconcha, já foram anteriormente relatadas, e corroboradas nesse estudo, como inúteis na identificação das espécies (Malchus,

2004a,b). O tamanho da prodisoconcha é uma característica que pode ter certa preferência a determinadas faixas de tamanho em alguns táxons superiores de bivalves. Por não se ter informações ontogenéticas claras, tal característica é utilizada apenas como caractere informativo e não como filogenético (Malchus, 2004b).

Os espécimes analisados nesse estudo que possuíam proximidade geográfica apresentaram similaridade morfológica. Sabendo que a costa brasileira possui ambientes diversos desenvolvidos no Quaternário, com regiões traçadas de acordo com parâmetros geomorfológicos, climáticos e oceanográficos (Silveira, 1968; Dominguez, 2006), podemos relacionar tais similaridades as características encontradas nestes ambientes.

Segundo Stanley (1970), salinidade e temperatura são os fatores mais limitantes na distribuição de moluscos bivalves. Assim, as conchas analisadas do litoral amazônico, que compreende desde o extremo norte do estado do Amapá e parte do Maranhão (porção oriental), poderiam apresentar menor similaridade com relação aos demais estados nordestinos devido à diferença de salinidade – influenciada pela desembocadura do rio Amazonas. Entretanto, conchas de *Lunarca ovalis* do Nordeste nesse estudo apresentaram-se mais similares com região Norte do que com conchas de outros estados nordestinos.

Este fato pode ser explicado, pois a espécie também é encontrada em estuários, onde a salinidade também é reduzida (Diaz & Puyana, 1994). A outra espécie a apresentar disparidade foi *Anadara notabilis*, que pode ser encontrada tanto em substratos arenosos (típicos do Nordeste), como associados a fanerógamas marinhas (Diaz & Puyana, 1994; Rios, 2009). Assim os espécimes podem compartilhar situações ambientais semelhantes em regiões diferentes da costa brasileira.

Estudos morfológicos são bastante importantes para caracterização e entendimento dos grupos de bivalves. O presente estudo, com enfoque morfométrico, acrescentou novas informações conquiológicas para as espécies brasileiras, verificando as similaridades de espécimes da família para estados da costa Norte-Nordeste.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão da bolsa de mestrado para V. P. Rocha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, R.T. 1965. American Seashells. 7ª ed. D. Van Nostrand Company, Princeton, New Jersey, Toronto, Nova York, Londres, 348p.
- Abbott, R.T. & Dance, S.P. 1983. Compendium of Seashells – A color guide to more than 4.200 of the World's Marine Shells. 2ª ed. E.P. Dutton, Inc., Nova York, 411p.
- Amaral, A.C.Z.; Rizzo, A.E. & Arruda, E.P. 2006. Manual de identificação dos invertebrados da região Suldeste-Sul do Brasil. Editora EDUSP, São Paulo, 288p.
- Aytekin, A.M.; Terzo, M.; Rasmont, P. & Çagatay, N. 2007. Landmark based geometric morphometric analysis of wing shape in *Sibiricobombus* Vogt (Hymenoptera: Apidae: *Bombus* Latreille). *Annales de la Société Entomologique de France* (n.s.) 43(1): 95-102.
- Baylac, M.; Villemant, C. & Simbolotti, G. 2003. Combining geometric morphometrics with pattern recognition for the investigation of species complexes. *Biological Journal of the Linnean Society* 80: 89-93.
- Bieler, R.; Mikkelsen, P. & Giribet, G. 2013. *Bivalvia – a discussion of known unknowns*. *American Malacological Bulletin* 31(11): 123-133.
- Broom, M. J. 1983. Gonad Development and Spawning *Anadara granosa* (L.) (*Bivalvia*: *Arcidae*). *Aquaculture* 30: 211-219.
- Bouchet, P.; Lozouet, P.; Maestrati, P. & Heros, V. 2002. Assessing the magnitude of species richness in tropical marine environments: exceptionally high numbers of molluscs at a New Caledonia site. *Biological Journal of Linnean Society* 75: 421-436.
- Diaz, J.M.M. & Puyana, M.H. 1994. Molluscos del Caribe Colombiano. *Colciencias Y Fundación Natura*, Santafé de Bogotá, 291 p.
- Dominguez, J.M.L. 2006. The Coastal Zone of Brazil: an overview. *Journal of Coastal Research* 39: 16-20.
- Francisco, J.A.; Tenório, D.O.; Barros, J.C.N.; Silva, J.G.A. & Silva, G.F. 2011. Shell morphometry of three species of the genus *Nuculuna* Link, 1807 (*Bivalvia*, *Protobranchia*, *Nuculanidae*) from continental shelf and slope Northeastern Brazil. *Tropical Oceanography* 39(1): 22-26.
- Francisco, J.A.; Barros, J.C.N. & Lima, S.F.P. 2012. Five new species of *Arcidae* from Brazil with description of new genus: *Paranadara* (Mollusca, *Bivalvia*). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 92(5): 1139-1150.
- Fuiman, L.A.; Gage, J.D. & Lamont, P.A. 1999. Shell morphometry of the deep sea protobranch bivalve *Ledella pustulosa* in the Rockall Trough, north-east Atlantic. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*. 79: 661-671.
- Harper, E.M.; Taylor, J.D. & Crame, J.A. 2000. Unravelling the evolutionary biology of the *Bivalvia*: a multidisciplinary approach. *Geol. Soc. Spec. Publ.* 177:1-19.
- Hoffmann, A.A. & Shirriffs, J. 2002. Geographic variation for wing shape in *Drosophila serrata*. *Evolution* 56(5): 1068-1073.
- Huber, M. 2010. Compendium of bivalves. A full-color guide to 3'300 of the world's marine bivalves. A status on *Bivalvia* after 250 years of research. *ConchBooks*, 1 CD-Rom, 901p.
- La Perna, R. & D'Abramo, M. 2009. Morphometric and systematic study on three *Acanthocardia* species from the Mediterranean Pleistocene (Mollusca, *Bivalvia*, *Cardiidae*). *Geodiversitas* 31(3): 669-682.
- Malchus, L. 2004a. Constraints in the ligament ontogeny and evolution of *Pteriomorphian Bivalvia*. *Paleontology* 47(6): 1539-1574.
- Malchus, L. 2004b. Early ontogeny of Jurassic *bakevelliids* and their bearing on bivalve evolution. *Acta Palaeontol. Pol.* 49(1): 85-110.
- Marko, P.B. & Jackson, J.B.C. 2001. Patterns of Morphological Diversity Among and Within *Arcid Bivalve Species Pairs Separated by the Isthmus of Panama*. *J. Paleontol.* 75(3): 590-606.
- Monteiro, L.R. & Reis, S.F. 1999. *Princípios de Morfometria Geométrica*. *Holos Editora*, Ribeirão Preto, 188p.

- Neveeskaja, L. A. 2008. Dynamics of taxonomic diversity of bivalves in the Phanerozoic. *Paleontological Journal* 42(4): 3-11.
- Neveeskaja, L. A. 2009. Principles of systematics and the system of bivalves. *Paleontological Journal* 43(1): 3-13.
- Oliver, P.G. & Holmes, A.M. 2006. The Arcoidea (Mollusca: Bivalvia): a review of the current phonetic-based systematics. *Zoological Journal of the Linnean Society* 148: 237-251.
- Passos, F.D. & Birman, A. 2009. New records of *Bentharca asperula* (Dall, 1881) (Mollusca, Bivalvia, Arcidae) from Brazil. *Biota Neotropica* 9(4): 281-283.
- Peharda, M.; Mladineo, I; Bolotin, J.; Kekez, L. & Skaramuca, B. 2006. The reproductive cycle and potencial protandric development of the Noah's Ark shell, *Arca noae* L.: Implications for aquaculture. *Aquaculture* 252: 317-327.
- Petrorius, E. 2005. Using geometric morphometrics to investigate wing dimorphism in males and females of Hymenoptera – a case study based on the genus *Tachysphex* Kohl (Hymenoptera: Sphecidae: Larrinae). *Australian Journal of Entomology* 44: 113-121.
- Purchon, R.D. & Brown, D. 1969. Phylogenetic interrelationships among families of bivalve moluscs. *Malacologia* 9(1): 163-171.
- Rios, E. C. 1994. *Seashells of Brazil*. Editora da Fundação Universidade de Rio Grande, Rio Grande, 368p.
- Rios, E.C. 2009. *Compendium of Brazilian Sea Shells*. Evangraf, Rio Grande, 668p.
- Rohlf, F.J. 2000. *Geometric morphometrics and phylogeny*. Graduate Studies in Ecology and Evolution, Nova York, 15p.
- Roopnarine, P.D.; Signorelli, J. & Laumer, C. 2008. Systematic, Biogeographic, and Microhabitat-based morphometric variation of the bivalve *Anomalocardia squamosa* (Bivalvia: Veneridae: Chioninae) in Thailand. *The Raffles Bulletin of Zoology* 18: 90-98.
- Silina, A. 2006. Spatial heterogeneity and long-term changes in bivalve *Anadara broughtoni* population: influence of river run-off and fishery. *Ocean Science Journal* 41 (4): 211-219.
- Silveira, J.D. 1968. *Morfologia do litoral*. In: Azevedo, A. *Brasil: A terra e o homem*. Vol.1: As bases físicas, 2ª ed. Companhia Editora Nacional, São Paulo, p. 253-305.
- Simone, L.R.L. 2009. A new species of *Acar* (Bivalvia, Arcidae) from São Pedro e São Paulo Archipelago, Brazil. *Novapex* 10(1): 9-16.
- Simone, L.R.L. & Chichvarkhin, A. 2004. Comparative Morphological Study of Four Species of *Barbatia* Occurring on the Southern Florida Coast (Arcoidea, Arcidae). *Malacologia* 46(2): 355-379.
- Stanley, S.M. 1970. Relation of shell form to life habits in the Bivalvia (Mollusca). *Memoirs of the Geological Society of America* 125: 1-296.
- Warmke, G.S. & Abbott, R.T. 1962. *Caribbean Seashells – A guide to the Marine Mollusks of Puerto Rico and the West Indian Islands, Bermuda and the Lower Florida Keys*. 4ª ed. Livingston Company, Wynnewood, Pennsylvania, 541p.
- Zelditch, M.L.; Swiderski, D.L.; Sheets, H.D. & Fink, W.L. 2004. *Geometric Morphometrics for Biologists: A primer*. Elsevier Academic Press, Nova York e Londres, 437p.

Submetido: Maio/2014
Revisado: Junho/2015
Aceito: Setembro/2015