

SAÚDE E AMBIENTE

V.9 • N.3 • 2024 - Fluxo Contínuo

ISSN Digital: 2316-3798

ISSN Impresso: 2316-3313

DOI: 10.17564/2316-3798.2024v9n3p329-341



IDENTIFICAÇÃO MOLECULAR E SUBSTRATO DE FIXAÇÃO DE OSTRAS *CRASSOSTREA* SPP. DO LITORAL DO MARANHÃO, BRASIL

MOLECULAR IDENTIFICATION AND FIXATION SUBSTRATE
OF OYSTERS *CRASSOSTREA* SPP. FROM THE COAST OF
MARANHÃO, BRAZIL

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR Y FIJACIÓN SUBSTRATO DE OSTRAS
CRASSOSTREA SPP. DESDE LA COSTA DE MARANHÃO, BRASIL

Júlia Boáis Almeida¹

Hanna Gabriely Pinto Gonçalves²

Wallacy Borges Teixeira Silva³

Gabriel Costa da Costa⁴

Luciana Patrícia Lima Alves Pereira⁵

Lígia Tchaicka⁶

RESUMO

Ostras do gênero *Crassostrea* apresentam vasta distribuição territorial e têm grande importância econômica em virtude do seu valor nutricional. O substrato de fixação é um dos fatores relevantes para estes bivalves, pois suas larvas só podem se desenvolver após encontrar um meio adequado para dar início a sua metamorfose e virar um organismo adulto. A classificação taxonômica das ostras do gênero *Crassostrea* do Atlântico ainda se demonstra confusa, justificando a necessidade em pesquisas nesta área. O presente artigo realizou a identificação molecular de ostras da costa do estado do Maranhão e investigou os substratos de fixação destes moluscos. Ostras adultas foram coletadas em ambientes diferentes de três municípios maranhenses (São José de Ribamar, Primeira Cruz e Tutóia) e identificadas por meio da técnica de PCR Multiplex, utilizando como marcadores moleculares os genes COI e ITS1. As espécies *Crassostrea rhizophorae* e *Crassostrea gasar* foram identificadas nos dois pontos de coleta em São José de Ribamar, coexistindo tanto em ambiente de mangue como substrato rochoso. Nos municípios de Primeira Cruz e Tutóia, foi encontrada apenas a espécie *Crassostrea gasar*, em manguezal e material rochoso, respectivamente. A PCR Multiplex demonstrou-se promissora para a identificação de espécies de ostras com semelhanças morfológicas e nativas do litoral do Maranhão, podendo contribuir no monitoramento, entendimento da distribuição e definição de estratégias de conservação destes bivalves na costa do Brasil. A espécie *C. gasar* é bem distribuída na costa maranhense, com ocorrência em todos os pontos avaliados e em diferentes substratos.

PALAVRAS-CHAVE

Bivalves. Ostreidae. Taxonomia Molecular. Habitat. Costa Maranhense.

ABSTRACT

Oysters of the genus *Crassostrea* have a vast territorial distribution and are of great economic importance due to their nutritional value. The attachment substrate is one of the relevant factors for these bivalves, as their larvae can only develop after finding a suitable environment to begin their metamorphosis and become an adult organism. The taxonomic classification of Atlantic oysters of the genus *Crassostrea* is still confusing, justifying the need for research in this area. This article carried out the molecular identification of oysters from the coast of the state of Maranhão and investigated the substrates on which these molluscs are attached. Adult oysters were collected in different environments from three municipalities in Maranhão (São José de Ribamar, Primeira Cruz and Tutóia) and identified by Multiplex PCR, using the COI and ITS1 genes as molecular markers. The species *Crassostrea rhizophorae* and *Crassostrea gasar* were identified at the two collection points in São José de Ribamar, coexisting in both mangrove and rocky substrate. In the municipalities of Primeira Cruz and Tutóia, only the species *Crassostrea gasar* was found, in mangrove and rocky material, respectively. Multiplex PCR has shown promise for identifying oyster species with morphological similarities and native to the coast of Maranhão, and can contribute to monitoring, understanding the distribution and defining conservation strategies for these bivalves on the coast of Brazil. The species *C. gasar* is well distributed on the coast of Maranhão, occurring in all points evaluated and on different substrates.

KEYWORDS

Bivalves; *Ostreidae*; Molecular Taxonomy; Habitat; Maranhão Coast.

RESUMEN

Las ostras del género *Crassostrea* tienen una amplia distribución territorial y son de gran importancia económica por su valor nutricional. El sustrato de fijación es uno de los factores relevantes para estos bivalvos, ya que sus larvas solo pueden desarrollarse después de encontrar un ambiente adecuado para comenzar su metamorfosis y convertirse en un organismo adulto. La clasificación taxonómica de las ostras atlánticas del género *Crassostrea* sigue siendo confusa, lo que justifica la necesidad de realizar investigaciones en este ámbito. Este artículo realizó la identificación molecular de ostras de

la costa del estado de Maranhão e investigó los sustratos sobre los que se adhieren estos moluscos. Se recolectaron ostras adultas en diferentes ambientes de tres municipios de Maranhão (São José de Ribamar, Primeira Cruz y Tutóia) y se identificaron mediante la técnica de PCR Multiplex, utilizando los genes COI e ITS1 como marcadores moleculares. En los dos puntos de recolección de São José de Ribamar fueron identificadas las especies *Crassostrea rhizophorae* y *Crassostrea gasar*, coexistiendo tanto en ambientes de manglar como en sustrato rocoso. En los municipios de Primeira Cruz y Tutóia solo se encontró la especie *Crassostrea gasar*, en manglares y material rocoso, respectivamente. La PCR multiplex se ha mostrado prometedora para identificar especies de ostras con similitudes morfológicas y nativas de la costa de Maranhão, y puede contribuir al seguimiento, la comprensión de la distribución y la definición de estrategias de conservación para estos bivalvos en la costa de Brasil. La especie *C. gasar* está bien distribuida en la costa de Maranhão, presentándose en todos los puntos evaluados y en diferentes sustratos.

PALABRAS CLAVE

Bivalvos. Ostreidae. Taxonomía molecular. Hábitat. Costa de Maranhão.

1 INTRODUÇÃO

Bivalvia, conhecida também como Pelecypoda ou Lamellibranchia e considerada a segunda maior classe de moluscos depois dos Gastropoda, reúne cerca de 6.000 espécies, que vivem tanto em andares bênticos como em todos os tipos de ambientes marinhos (RODRIGUES *et al.*, 2013; ARAUJO; JONG, 2015). Os bivalves são organismos filtradores, com simetria bilateral e corpo coberto por duas valvas unidas por um ligamento flexível denominado de charneira, sendo representados pelos mariscos, mexilhões e ostras (D'ÁVILA; RESENDE, 2016).

As ostras pertencem à ordem Ostreoida (Férussac, 1822) e família Ostreidae (Rafinesque, 1815), apresentam íntima relação com as condições específicas do seu ambiente de ocorrência e têm uma vasta distribuição geográfica (ALMEIDA *et al.*, 2014). No Brasil, as ostras consideradas de grande importância econômica, em virtude do seu valor nutricional, são as do gênero *Crassostrea*, as quais estão presentes ao longo do litoral (ERSE; BERNARDES, 2008).

Ostras do gênero *Crassostrea* com ocorrência natural no litoral brasileiro são as espécies *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) e *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757), sinônimo de *Crassostrea brasiliiana* (MELO *et al.*, 2010). Estes bivalves têm similaridade morfológica, consistem em importante fonte de renda para comunidades extrativistas e são cultivadas em diferentes localidades, podendo coexistir durante o estágio imaturo no mesmo ambiente, fator que dificulta a identificação taxonômica (ALMEIDA *et al.*, 2014).

As espécies *C. rhizophorae* e *C. gasar* têm certas preferências por sustratos. A literatura relata que as ostras *C. rhizophorae* vivem na região de entre-marés, presas a sustratos consolidados como rochas

e, como o próprio nome sugere, nos ambientes de manguezais, fixas em raízes aéreas das árvores do mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), sendo consideradas como indicadoras de contaminação, pois pode revelar a presença/concentração de alguns compostos bionocivos na água (RIOS, 1994; SANTANA; MEDEIROS, 2020). A espécie *C. gasar* tem como habitat típico regiões de mangue, nas quais está fixa preferencialmente em rochas e também em raízes do mangue (VARELA *et al.*, 2007).

No estado do Maranhão, existe uma grande diversidade morfológica e de habitats das ostras nativas. No estudo de Lopes *et al.* (2018), que foi realizado em sete municípios do litoral maranhense (Carutapera, Cururupu, São José de Ribamar, Paço do Lumiar, Raposa, Primeira Cruz e Tutóia) e identificou as ostras coletadas utilizando o gene COI, observou-se a presença de *C. gasar* e *C. rhizophorae* no mesmo substrato (mangue e rochas) em dois municípios localizados no Golfão Maranhense.

Identificação das espécies de ostras é de suma importância para melhorar o seu cultivo em cada região de ocorrência e pode ser facilitada por meio do emprego de métodos moleculares, visto que a identificação morfológica é insuficiente (VARELA *et al.*, 2007). Os estudos de taxonomia molecular de ostras permitem o conhecimento da distribuição geográfica das espécies nativas e o seu monitoramento, tanto no habitat como em áreas de cultivo (MELO *et al.*, 2010).

A PCR multiplex é uma reação de amplificação desenhada para detectar múltiplas sequências-alvo numa mesma amostra, permitindo que as espécies de estudo sejam identificadas por meio da comparação dos tamanhos dos fragmentos obtidos. Esta técnica tem sido empregada para identificação rápida, simples e eficaz de espécies de *Crassostrea* da costa brasileira, utilizando-se como marcadores moleculares os genes citocromo C oxidase subunidade I e o espaçador interno transcrito 1 (ITS1) do DNA ribossômico (MELO *et al.*, 2013), e demonstrou ser uma ferramenta promissora para programas de aquicultura ou conservação (LUDWIG *et al.*, 2011).

O presente artigo, considerando a diversidade morfológica das ostras nativas do Maranhão, assim como a importância da correta identificação específica desses moluscos bivalves para o seu monitoramento, conservação e cultivo, teve como objetivo identificar as espécies de ostras presentes no litoral maranhense por meio da técnica PCR Multiplex, utilizando duas regiões do DNA (COI e ITS1). Além disso, a distribuição geográfica e o substrato de fixação das ostras foram investigados.

2. MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Os espécimes de ostra foram coletados em três pontos do litoral maranhense, sendo um ponto localizado no município de São José de Ribamar (2°33'58.911"S e 44°3'23.519"W), pertencente à Ilha do Maranhão, e os outros dois no interior do Estado, nos municípios de Primeira Cruz (2°25'18.3"S e 43°25'01.1"W) e Tutóia (2°76'899"S e 42°26'833"W) (Figura 1).

Figura 1 – Localização dos pontos de coleta das espécies de ostra *Crassostrea*



Fonte: Dados da pesquisa.

2.2 AMOSTRAS COLETADAS

As ostras estudadas foram coletadas em diferentes substratos, entre os anos de 2015 e 2016 e utilizando ferramentas como espátulas, canivetes ou facas para sua remoção do substrato. Em seguida, de cada espécime coletado foi retirado um fragmento de tecido muscular, que foi conservado com etanol a 100% em tubos de eppendorf, os quais foram armazenados em freezer (-20°C) até o momento de isolamento do material genético. Estas amostras de tecido foram depositadas na Coleção de Tecidos e DNA da Fauna Maranhense (COFAUMA) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

2.3 ANÁLISES MOLECULARES

A identificação molecular de diferentes espécies de ostras do litoral do Maranhão foi realizada por meio da análise de sequências de nucleotídeos dos seguintes genes: gene mitocondrial citocromo C oxidase subunidade I e o espaçador interno transcrito 1 (ITS1) do DNA ribossômico.

2.3.1 EXTRAÇÃO DE DNA

O DNA genômico foi extraído dos tecidos musculares dos espécimes estudados, utilizando o protocolo rápido de extração, com precipitação por cloreto de sódio e concentração a 5M. Os tecidos foram macerados, colocados em eppendorf e lavados 3 vezes com 1 ml (1.000 µL) de STE gelado. Foram adicionados 550 µL de tampão de lise e 11 µL de proteinase K. Os materiais ficaram em termobloco a 55°C por 3 horas e depois foi adicionado 350 µL de NaCl 5M.

As soluções foram agitadas em vórtex por 15 segundos e centrifugadas por 30 minutos a 13000 rpm. Os sobrenadantes foram divididos em 2 alíquotas com 450 µL e foi adicionado 900 µL de etanol absoluto

gelado. As amostras biológicas foram incubadas durante duas horas a -20°C e, posteriormente, foram centrifugadas por 30 minutos a 13000 rpm. Os sobrenadantes foram descartados, os pellets foram lavados duas vezes com 1 mL de etanol 70% e centrifugados a 6000 rpm por 5 minutos. Em seguida, os pellets extraídos foram secados na estufa a 37°C e ressuspensos com 25µL de tampão TE 1X.

2.3.2 ELETROFORESE

A verificação da eficácia da extração e da qualidade do material extraído foi realizada por meio do método de eletroforese. As amostras de DNA foram submetidas a uma corrida em eletroforese horizontal a 90MV em 20 minutos, utilizando gel de agarose 1% corado com brometo de etídio (Sigma). A presença e a definição de bandas do DNA no gel foram observadas e fotografadas em transiluminador com luz ultravioleta (UV). A integridade das amostras extraídas foi indicada pela formação de bandas bem definidas e com pouco ou nenhum rastro no gel de corrida.

2.3.3 PCR MULTIPLEX

A Reação em Cadeia da Polimerase Multiplex foi realizada utilizando duas regiões do DNA (COI e ITS1), para a amplificação dos fragmentos alvos e identificação de espécies de ostras do gênero *Crassostrea* obtidas no litoral do Maranhão.

Esta técnica identifica quatro espécies de ostras do gênero *Crassostrea* (*C. gasar*, *C. rhizophorae*, *Crassostrea sp. canela* e *C. gigas*). Para obtenção de fragmentos do gene COI, foram utilizados os primers universais HCO (5'-TAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA-3') e LCO (5'-GCTCAACAAATCATAAA-GATATTGG-3'), descritos por Folmer et. al. (1994). Para amplificar a região COI em *C. rhizophorae*, foi empregado o primer LCOINTCrh (5'-GCT ACCGGGGTCGTTACTC-3') e COI para *C. gigas* o iniciador LCOINTCgi (5'-CTTGCAATTCTAAGCCTTACC-3').

Para obter fragmentos ITS de *C. gasar* e *Crassostrea sp. Canela*, foram utilizados um par de primers (ITS1F 5'-AAA AAGCTTTGTACACACCCGCCGTCGC-3' e ITS1R 5'-AGCTTGCTGCGTTCTTCATCGA-3'), empregados por Melo et al. (2013). Os padrões de bandas que caracterizam cada espécie são: *C. rhizophorae* - 2 bandas (377 pb para a região COI e 718 pb para ITS1); *C. gigas* - 2 bandas (236 pb para COI e 718 pb para ITS1); *C. gasar* - uma banda (718 pb para a região ITS1) e *Crassostrea sp. Canela* - uma banda (621 pb para a região ITS1) (Melo et al., 2013).

As condições de amplificação dos genes alvos foram: desnaturação inicial a 94°C por 3 minutos; anelamento por 40 ciclos (1 minuto a 94°C; 1 minuto a 60°C e 2 minutos a 72°C); e extensão final por 7 minutos a 72°C. As reações foram realizadas em termociclador. Os produtos da PCR foram posteriormente separados mediante eletroforese horizontal a 90MV em 80 minutos em gel de agarose 1% contendo 1 µg/mL de brometo de etídeo (Sigma) e visualizados em transiluminador ultravioleta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total, foram amplificadas 60 amostras de ostras do gênero *Crassostrea*. As ostras do município de São José de Ribamar com fragmentos amplificados foram encontradas tanto em ambiente rochoso

como no mangue, enquanto as de Primeira Cruz e Tutóia com amostras amplificadas foram obtidas em manguezal e em pedra, respectivamente. Os resultados obtidos estão evidenciados na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de amostras de ostras *Crassostrea* do litoral maranhense amplificadas por meio da PCR Multiplex por localidade e substrato de fixação

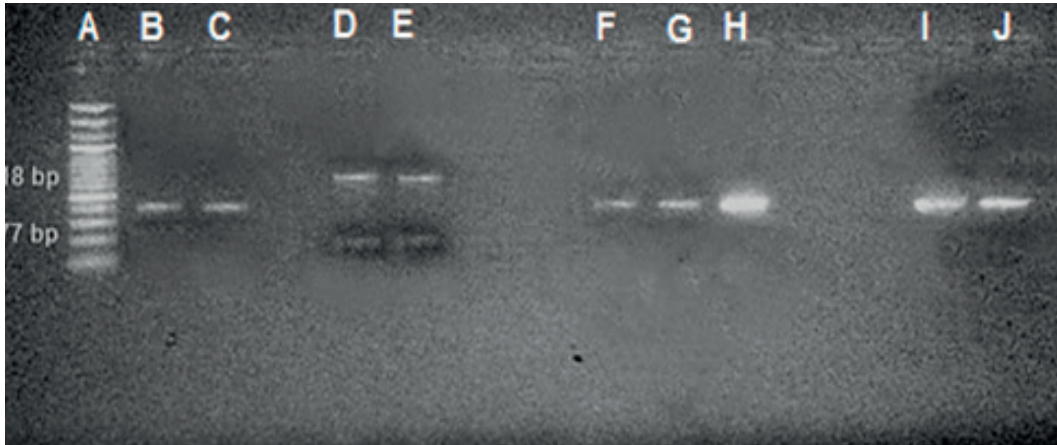
Localidade	Ambiente	Espécies de ostra		Número de amostras
		<i>Crassostrea gasar</i>	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	
São José de Ribamar	Pedra	09	06	15
	Mangue	11	04	15
Primeira Cruz	Mangue	15	0	15
Tutóia	Pedra	15	0	15
Total	-	50	10	60

Fonte: Dados da pesquisa

A técnica PCR Multiplex permitiu a identificação de duas espécies de ostras presentes no litoral maranhense: *C. rhizophorae* e *C. gasar*. A ocorrência destas ostras na costa do Maranhão já havia sido relatada no estudo de Varela *et al.* (2007). Notou-se que em São José de Ribamar há coexistência das duas espécies tanto em ambiente de mangue como substrato rochoso (Tabela 1). A ocorrência de *C. rhizophorae* e *C. gasar* nesses substratos, que são ambientes totalmente divergentes, pode ter sido influenciada pela disponibilidade de alimento, uma vez que este fator ambiental é de suma importância para estabelecimento e desenvolvimento da espécie em uma determinada área.

No município de São José de Ribamar, foram obtidos dois padrões de banda: o de banda única característico de *C. gasar* e outro de banda dupla, típico da espécie *C. rhizophorae*. Nos municípios de Primeira Cruz e Tutóia, foi constatada a existência de apenas *C. gasar*, uma vez que se observou somente uma banda, resultante da amplificação da região ITS1 (Figura 2).

Figura 2 – Padrões de bandas de *Crassostrea gasar* e *Crassostrea rhizophorae* presentes nos municípios de São José de Ribamar, Primeira Cruz e Tutóia, Maranhão, Brasil



Linha A- Ladder (50 pb); linha B- *C. gasar* coletada em ambiente de pedra no município de São José de Ribamar; linha C- *C. gasar* coletada em ambiente de mangue no município de São José de Ribamar; linha D- *C. rhizophorae* coletada em substrato rochoso no município de São José de Ribamar; linha E- *C. rhizophorae* coletada em ambiente de mangue no município de São José de Ribamar; linhas F, G, H- *C. gasar* coletada em material rochoso no município de Tutóia e linhas I, J- *C. gasar* coletada em ambiente de mangue no município de Primeira Cruz.

Fonte: Dados da pesquisa.

A presença de *C. rhizophorae* e *C. gasar* coabitando o mesmo ambiente vai contra as afirmações citadas por Christo (2006) e Alves (2004). Para estes autores, a espécie *C. gasar* ocorre na região entre marés (zona exposta ao ar em maré-baixa) e *C. rhizophorae* vive no infralitoral (zona submersa). Por outro lado, a coexistência destas duas espécies em um mesmo local foi evidenciada no estudo realizado na Baía de Guaratuba, no estado do Paraná (CASTILHO-WESTPHAL, 2012).

Segundo Nascimento (1983), a espécie *C. rhizophorae*, conhecida popularmente como “ostra do mangue”, por estar fixada em raízes aéreas de plantas do mangue (*Rhizophora mangle*), é encontrada desde as zonas estuarinas de baixa salinidade. Sua distribuição geográfica vai do município de Fortim (Ceará) até a região sul do Brasil. No estado do Maranhão, a ostra *C. rhizophorae* pode ter sido trazida por meio das correntes oceânicas ou pelo transporte de bivalves por meio de incrustação nos cascos de embarcações e das águas de lastro dos navios que atracam no Porto do Itaqui, localizado no litoral de São Luís, Maranhão.

A espécie *C. gasar* é transatlântica, com ocorrência na África e América do Sul, sendo que neste último continente distribui-se da Guiana Francesa até o Brasil (LAPÈGUE *et al.*, 2002; VARELA *et al.*, 2007). Esta ostra nativa é encontrada em manguezais, apresenta crescimento rápido e sua reprodução sofre influência de diversas variáveis ambientais ao longo do litoral brasileiro (VARELA *et al.*, 2007; SUPPLY, 2022). É produzida nas regiões Norte e Nordeste do país, podendo ser cultivada e se

desenvolver em ambientes marinhos ou estuarinos, pois tolera uma grande faixa de salinidade (FUNO *et al.*, 2015; FAUSTINO *et al.*, 2021).

Em relação às espécies *C. gigas* e *Crassostrea* sp. Canela, não foram observados padrões de bandas de DNA específicos para estes organismos nas amplificações da PCR Multiplex, como já era previsto. A espécie *C. gigas* apresenta uma ampla distribuição geográfica mundial, ocorrendo em zonas expostas ao ar em maré-baixa e no sublitoral superior (linha da maré baixa até a extremidade da plataforma continental), onde pode ser encontrada em uma profundidade de até 3 metros. As ostras do Pacífico têm a capacidade de se fixar praticamente em qualquer substrato rígido, terrenos lamacentos ou areia (NIMPIS, 2002).

Segundo Nehring (1999), *C. gigas* possui o potencial de crescimento em temperaturas variando de 4 a 35 °C e sobrevive a temperaturas de até -5 °C. Conforme Tureck (2010), a ausência desta espécie em algumas regiões do Brasil é devido a não adaptação em locais de temperaturas altas. Portanto, acredita-se que esta espécie não foi identificada nas amostras analisadas neste estudo porque a região do litoral do estado do Maranhão apresenta temperatura bastante alta, além de possuir águas turvas em mar aberto devido à alta amplitude de maré e desembocadura de rios.

O presente estudo demonstrou um isolamento geográfico da espécie *Crassostrea* sp. Canela, a qual ainda não chegou ao litoral maranhense, possivelmente por questões de barreiras naturais. Esta espécie foi registrada por Melo *et al.* (2010) como ostra endêmica da região de Bragança, no Pará. É mais parecida com as ostras indo-pacíficas, particularmente com *Crassostrea belcheri*, e com as da Índia (CARRIKER; GAFFNEY, 1996).

Supõe-se que esta espécie chegou à costa dos manguezais de Bragança ou se estabeleceu no Oceano Atlântico antes do surgimento do Istmo do Panamá. No entanto, existe outra hipótese, como a introdução antropogênica acidental, ocorrida provavelmente durante o período colonial nos séculos 16 e 19, quando os navios pertencentes ao Império Português podem ter trazido ostras do Indo-Pacífico para o Brasil. A introdução antropogênica acidental pode até ter sido mais recente, por meio da liberação de água do mar de lastro pelo transporte marítimo internacional (CARLTON, 1996).

4 CONCLUSÃO

A PCR Multiplex demonstrou-se promissora para a identificação de espécies de ostras com semelhanças morfológicas e nativas do litoral do Maranhão, podendo contribuir no monitoramento e entendimento da distribuição destes bivalves na costa do Brasil. A espécie *C. gasar* é bem distribuída na costa maranhense, com ocorrência em todos os pontos avaliados e em diferentes substratos. A coexistência de *C. rhizophorae* e *C. gasar* em ambiente de mangue e substrato rochoso demonstra que os parâmetros bióticos e abióticos do litoral do Maranhão em São José de Ribamar são ideais para a biologia destas ostras. Este estudo confirmou que não há presença de *C. gigas* e *Crassostrea* sp. Canela na região estudada, porém são necessários mais estudos genéticos com ostras deste gênero devido às suas semelhanças morfológicas e presença no mesmo substrato.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. D. *et al.* Identificação molecular de ostras *Crassostrea* spp. (Mollusca: Bivalvia) dos dois maiores estuários do estado de Sergipe por PCR/RFLP. **Interf Cient Saúde Amb**, v. 2, n. 2, p. 31-36, 2014.
- ALVES, R. **Estudo taxonômico de ostras do gênero *Crassostrea* Sacco, 1897, da região da grande Florianópolis – Brasil.** (Dissertação) Mestrado em Aquicultura – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2004
- ARAUJO, R.; JONG, Y. Fauna Europaea: Mollusca – Bivalvia. **Biodiv Data J**, v. 3, n. e5211, p. 1-18, 2015.
- CARLTON, J. T. Padrão, processo e previsão na ecologia da invasão marinha. **Biol Conserv**, v. 78, p. 97-106, 1996.
- CARRIKER, M. R.; GAFFNEY, P. M. Catalog of selected species of live oysters (Ostreacea) from the world. *In*: KENNEDY, V. S.; NEWELL, R.; EBLE, A. F. **The oyster oriental: *Crassostrea virginica*.** Maryland Sea Grant: Maryland. 1996.
- CASTILHO-WESTPHAL, G. G. **Ecologia da ostra do mangue *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) em manguezais da baía de Guaratuba-PR.** (Tese) Doutorado em Ciências Biológicas – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2012.
- CHRISTO, S. W. **Biologia reprodutiva e ecologia de ostras do gênero *Crassostrea* Sacco, 1897 na Baía de Guaratuba (Paraná-Brasil): um subsídio ao cultivo.** (Tese) Doutorado em Zoologia – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2006.
- D'ÁVILA, S.; RESENDE, R. A cada um a sua concha. **Rev Bras Zool**, v. 17, n. 2, p. 7-15, 2016.
- ERSE, E. B.; BERNARDES, M. A. Levantamento de estoques da ostra *Crassostrea* sp. em bancos naturais no litoral paranaense. **Biotemas**, v. 21, n. 2, p. 57-63, 2008.
- FAUSTINO, L. S. *et al.* Effects of the toxic dinoflagellates *Prorocentrum lima* and *Ostreopsis cf. ovata* on immune responses of cultured oysters *Crassostrea gasar*. **Aquat Toxicol**, v. 236, p. 1-11, 2021.
- FOLMER, O. *et al.* DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. **Mol Mar Biol Biotech**, v. 3, n. 5, p. 294-299, 1994.
- FUNO, I. C. S. A. *et al.* Influência da salinidade sobre a sobrevivência e crescimento de *Crassostrea gasar*. **Bol Inst Pesca**, v. 41, n. 4, p. 837-847, 2015.

LAPÈGUE, S. *et al.* Trans-atlantic distribution of a mangrove oyster species revealed by 16S mtDNA and karyological analyses. **Biol Bull**, v. 202, n. 3, p. 232-242, 2002.

LOPES, R. G. P. S. Molecular identification of native oysters on the coast of Maranhão, Brazil. **Bol Inst Pesca**, v. 44, n. 4, p. 1-7, 2018.

LUDWIG, S. *et al.* A molecular method to detect and identify the native species of southwestern Atlantic *Crassostrea* (Mollusca: Ostreidae). **Zoologia**, v. 28, n. 4, p. 420-426, 2011.

MELO, A. G. C. *et al.* Molecular identification, phylogeny and geographic distribution of Brazilian mangrove oysters (*Crassostrea*). **Gen Mol Biol**, v. 33, n. 3, p. 564-572, 2010.

MELO, M. A. D. *et al.* Multiplex species-specific PCR identification of native and non-native oysters (*Crassostrea*) in Brazil: a useful tool for application in oyster culture and stock management. **Aquacult Int**, v. 21, p. 1-8, 2013.

NASCIMENTO, I. A. Cultivo de ostras no Brasil: problemas e perspectivas. **Ciênc Cult**, v. 35, n. 7, p. 871-876, 1983.

NEHRING, S. Oyster beds and Sabellaria reefs. *In*: De Jong, F. *et al.* **Wadden sea quality status report**. Wadden Sea Ecosystem, n. 9. 1999.

NIMPIS. National Introduced Marine Pest Information System. Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *In*: Hewitt, C. L. *et al.* **National introduced Marine Pest Information System**, 2002. Disponível em: <http://www.marine.csiro.au>. Acesso em: 29 jun. 2016.

RIOS, E. C. **Sea shells of Brazil**. 2. ed. Rio Grande: Fundação Universidade do Rio Grande, 1994.

RODRIGUES, C. A. L. *et al.* Moluscos. *In*: NUNES, J. S.; MENDONÇA, M. A. (org.). **Biodiversidade marinha da Ilha do Maranhão**. São Luís: EDUFMA, 2013.

SANTANA, L. L. S.; MEDEIROS, C. Características biométricas e índices de condição da ostra-de-mangue *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) do estuário do rio Ipojuca, PE, Brasil. **Trop Oceanograph**, v. 48, n. 1, p. 20-38, 2020.

SUPLICY, F. M. **Manual do cultivo de ostras**. Florianópolis: Epagri. 2022.

TURECK, C. R. **Sementes de ostras nativas no litoral de Santa Catarina/Brasil, como subsídio ao cultivo.** (Tese) Doutorado em Aquicultura – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2010.

VARELA, E. S. *et al.* Molecular phylogeny of mangrove oysters (*Crassostrea*) from Brazil. **J Mollus Stud**, v. 73, p. 229-234, 2007.

Recebido em: 20 de Setembro de 2023

Avaliado em: 23 de Fevereiro de 2024

Aceito em: 2 de Junho de 2024

1 Bióloga, Mestre em Ciência Animal; Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís, MA, Brasil. ORCID: 0009-0000-0230-732X. E-mail: juliaboais23@gmail.com

2 Bióloga, Mestre em Ciência Animal; Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís, MA, Brasil. ORCID: 0000-0002-4819-3783. E-mail: hanna_gabriely@hotmail.com

3 Biólogo, Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade. Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís, MA, Brasil. ORCID: 0000-0002-5230-4060. E-mail: wallacybts@hotmail.com

4 Geógrafo, Departamento de História e Geografia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís, MA, Brasil. E-mail: gabrielcosttac@gmail.com

5 Bióloga, Doutora em Biotecnologia. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís, MA, Brasil. ORCID: 0000-0002-6285-4330. E-mail: lplfrazao@gmail.com

6 Bióloga, Doutora em Genética e Biologia Molecular, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís, MA, Brasil. ORCID: 0000-0003-1993-1377. E-mail: ligiatchaicka@professor.uema.br



A autenticidade desse artigo pode ser conferida no site <https://periodicos.set.edu.br>

Copyright (c) 2024 Revista Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente



Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.