

O mexilhão *Perna perna* no Brasil: nativo ou exótico?

[*The brown mussel Perna perna in Brazil: native or exotic?*]

B.S. Pierri, T.D. Fossari, A.R.M. Magalhães

Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC

RESUMO

A mitilicultura no Brasil se baseia no mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758), que é encontrado em todo o litoral brasileiro, sendo especialmente abundante do Espírito Santo a Santa Catarina. Nos últimos anos, foi lançada a hipótese de que *P. perna* seja uma espécie exótica no litoral brasileiro. A hipótese se baseia na análise da malacofauna presente em sítios arqueológicos. Todas as contestações levantadas não remetem à uma conclusão, pois precisam de estudos específicos, com metodologias claras, aliando arqueologia, ecologia e biologia molecular. O objetivo deste trabalho foi estudar a condição de nativo ou exótico do mexilhão *Perna perna* no Brasil, a partir de levantamento dos resultados em sítios arqueológicos, de técnicas moleculares e de datação de conchas com C^{14} . A datação indicou que as amostras de *Perna perna* do sítio arqueológico Rio do Meio/Jurerê, Florianópolis/SC, têm idade de 720 ± 30 e 780 ± 30 anos. O cálculo do tempo de divergência indicou que a separação das populações brasileiras e africanas ocorreu por volta de 200 mil anos. Os resultados apontam a presença da espécie no território brasileiro muito antes do descobrimento do Brasil pelos portugueses no ano de 1500, indicando que *P. perna* é de fato uma espécie nativa.

Palavras-chave: aquicultura, cultivo, moluscos, mitilicultura

ABSTRACT

Mussel farming in Brazil is based on brown mussel Perna perna (Linnaeus, 1758), which is found throughout the Brazilian coast, especially abundant from Espírito Santo to Santa Catarina coast. In recent years it was suggested that Perna perna is an exotic species for the Brazilian coast. The hypothesis is based on the analysis of the zooarchaeology studies in archaeological sites in Brazil. All objections raised do not offer a conclusion, because they need specific studies with clear methodology, combining archeology, ecology and molecular biology. The aim of this work was to study the condition of the brown mussel Perna perna in Brazil if native or exotic, from survey results in archaeological sites, molecular techniques and dating of shells with C^{14} . The dating indicated that the shells were 720 ± 30 and 780 ± 30 years, respectively. The calculation of divergence time indicated that the separation of the African and Brazilian mussel populations occurred around 200 thousand years ago. The results indicate the presence of the P. perna species in Brazilian territory long before the discovery of Brazil by the Portuguese in 1500, indicating that P. perna is actually a native species of Brazil.

Keywords: aquaculture, seafarm, mollusc, mussel farm

INTRODUÇÃO

Nos últimos séculos, milhares de espécies têm sido dispersas para locais fora de sua distribuição geográfica natural e têm transformado o ecossistema marinho no mundo (Ruiz *et al.*, 1997; Mack *et al.*, 2000). Mesmo que as espécies

exóticas sejam hoje reconhecidas como importantes causadoras de impacto à biodiversidade mundial (Mcgeoch *et al.*, 2010), pouco se sabe sobre a dispersão dessas espécies em escala global (Hulme, 2009). Considerada uma grande causadora da dispersão de espécies exóticas no planeta (Ruiz *et al.*, 1997), a água de lastro de navios vem se tornando fonte de estudos científicos.

O mexilhão...

Atualmente, vem sendo discutida a hipótese de que o mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) seja uma espécie exótica do litoral do Brasil, tendo sido introduzida no país há pouco mais de 400 anos, devido ao tráfego de navios negreiros oriundos do continente africano, que, de acordo com Fernandes (2008), é tido como o berço dessa espécie. A hipótese é baseada principalmente em estudos de análise da malacofauna presente em sambaquis no litoral sudeste do Brasil. Souza *et al.* (2003, 2010) argumentam que a ausência desses bivalves em sítios arqueológicos seja uma comprovação de sua condição invasora.

A espécie *Perna perna* apresenta grande importância para os ambientes em que habita, estruturando a comunidade em litorais rochosos e sendo bioatratora de diversidade (Freitas e Velastin, 2010). Apresenta também características desejadas para a aquicultura, como rápido crescimento (Ferreira e Magalhães,

2004; Marenzi e Branco, 2006) e resistência a variações nos parâmetros físico-químicos da água, entre eles salinidade (Salomão *et al.*, 1980) e temperatura (Vélez e Epifanio, 1981; Hicks e McMahon, 2002).

O mexilhão é uma relevante fonte de renda para as famílias que realizam seu cultivo. A mitilicultura no Brasil se baseia na produção dessa espécie, que apresenta ampla distribuição geográfica (Fig. 1) e é encontrada com abundância em quase toda a extensão do litoral brasileiro (Rios, 2009). Porém, sua condição de espécie exótica foi responsável pela proibição do cultivo em alguns estados do país. Nesse contexto, o conhecimento da origem da espécie no território brasileiro, por meio de métodos científicos, faz-se necessário e, para tanto, técnicas moleculares e arqueológicas são ferramentas aplicáveis na tentativa de se esclarecer essa questão.

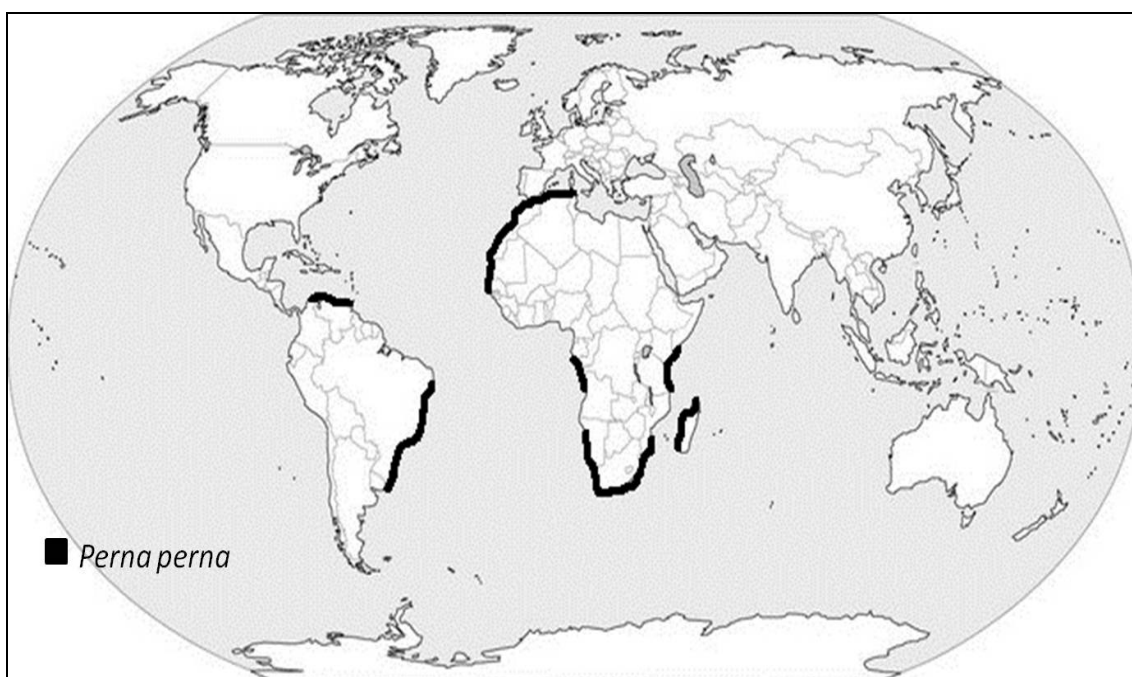


Figura 1. Distribuição geográfica do mexilhão *Perna perna*.

Todos os organismos estão sujeitos a mutações como resultado de operações celulares normais ou de interações com o meio ambiente, levando-os à variação genética (Liu e Cordes, 2004). Genes mitocondriais possuem taxas de mutação elevadas, o que pode ser atribuído a uma taxa mais rápida de mutação no DNA mitocondrial

(Birky *et al.*, 1989). Utilizando-se bancos de dados, é possível selecionar sequências de genes para realizar as análises moleculares desejadas. Em estudo com o gênero *Perna*, Folmer *et al.* (1994) encontraram genes mitocondriais de aproximadamente 650 pares de base da subunidade I da citocromo c oxidase (COI). Esse

gene tem permitido a realização de estudos filogenéticos comparativos.

Outra ferramenta que pode auxiliar na discussão sobre a condição de invasora da espécie é a datação com C^{14} . Muitos trabalhos, como os de Vellanoweth (2001), Takada *et al.* (2003), Rick *et al.* (2005), Wanamaker Jr. *et al.* (2008), Kilada *et al.* (2009), Cooper e Thomas (2012), vêm aplicando essa técnica em conchas de moluscos ao redor do planeta. Na datação com radiocarbono, a espectrometria de massa com aceleradores (AMS) vem ganhando destaque no mundo da pesquisa, por se tratar de uma metodologia mais atual e apresentar resultados com níveis de confiança mais elevados.

Este trabalho teve como objetivo contribuir para a compreensão da origem da espécie *Perna perna* no litoral brasileiro, utilizando-se técnicas moleculares e datação com C^{14} em conchas coletadas em sítio arqueológico, além da consulta à bibliografia existente sobre malacofauna arqueológica brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado levantamento bibliográfico, a fim de encontrar citações da espécie *Perna perna* ou sinônimas em registros arqueológicos ao longo do território brasileiro que tenham sido ou não datados com C^{14} .

Em seguida, foi realizado um levantamento da reserva técnica do Museu de Arqueologia e Etnologia Oswaldo Rodrigues Cabral (MARQUE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Após estudar o material contido no acervo, foram coletados fragmentos e conchas do mexilhão *Perna perna* do sítio arqueológico Rio do Meio.

O sítio Rio do Meio (Fig. 2-A) localizava-se na região noroeste de Florianópolis/Santa Catarina – Brasil, junto à parte média da praia de Jurerê, em terreno pertencente à Marinha do Brasil. O sítio recebeu este nome da população local em alusão a um rio que cortava a região, hoje aterrado. O acervo malacológico do sítio Rio do Meio foi

reunido a partir das escavações sistemáticas realizadas entre os anos de 1986 e 1989, coordenadas pela arqueóloga do MARQUE Teresa Domitila Fossari.

Dois amostras de concha (I e II) do sítio arqueológico foram coletadas para datação. As amostras foram coletadas de duas diferentes subdivisões que formavam o sítio Rio do Meio (Áreas I e II). A amostra I foi coletada da base da Área I, ou seja, da parte mais profunda do sítio, e a amostra II foi coletada no nível 3 da Área II. Após a coleta, as amostras foram analisadas pela empresa Beta Analytic Inc. (Miami, EUA) utilizando-se a técnica de acelerador de espectrometria de massa (AMS) para a datação por C^{14} (Bennett *et al.*, 1977). O ponto de calibração (ΔR) para as duas amostras foi de 117. Diferentemente dos demais trabalhos que realizaram a datação de sítios arqueológicos brasileiros, este trabalho utilizou conchas da espécie *Perna perna* em vez de carvão, para a datação por radiocarbono.

Dez mexilhões da espécie *Perna perna* foram coletados junto ao cultivo experimental do Laboratório de Moluscos Marinhos (Fig. 2-B) da Universidade Federal de Santa Catarina (LMM-UFSC), na praia do Sambaqui-Florianópolis/SC (27°49'23"S e 48°53'47"W), para ser realizado o sequenciamento do gene mitocondrial citocromo oxidase subunidade I (COI).

O DNA total dos animais foi extraído da glândula digestiva, mediante o uso do *kit* DNeasy Tissue Kit (QUIAGEN, Austrália). Aproximadamente 620pb do gene foram amplificados utilizando-se os *primers* LCO1490, 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3' e HCO2198, 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3'. As reações de PCR foram realizadas contendo 20ng de DNA total, 0,5µM de cada *primer*, 200µM de cada dNTP, 5µL de solução-Q (QUIAGEN, Austrália), 1x Qiagen PCR buffer em 25µL de volume de reação. A desnaturação inicial de dois minutos a 94°C foi seguida por 35 ciclos de 94°C por 30 segundos, 50°C por 30 segundos, 72°C por um minuto e uma extensão final a 72°C por cinco minutos.

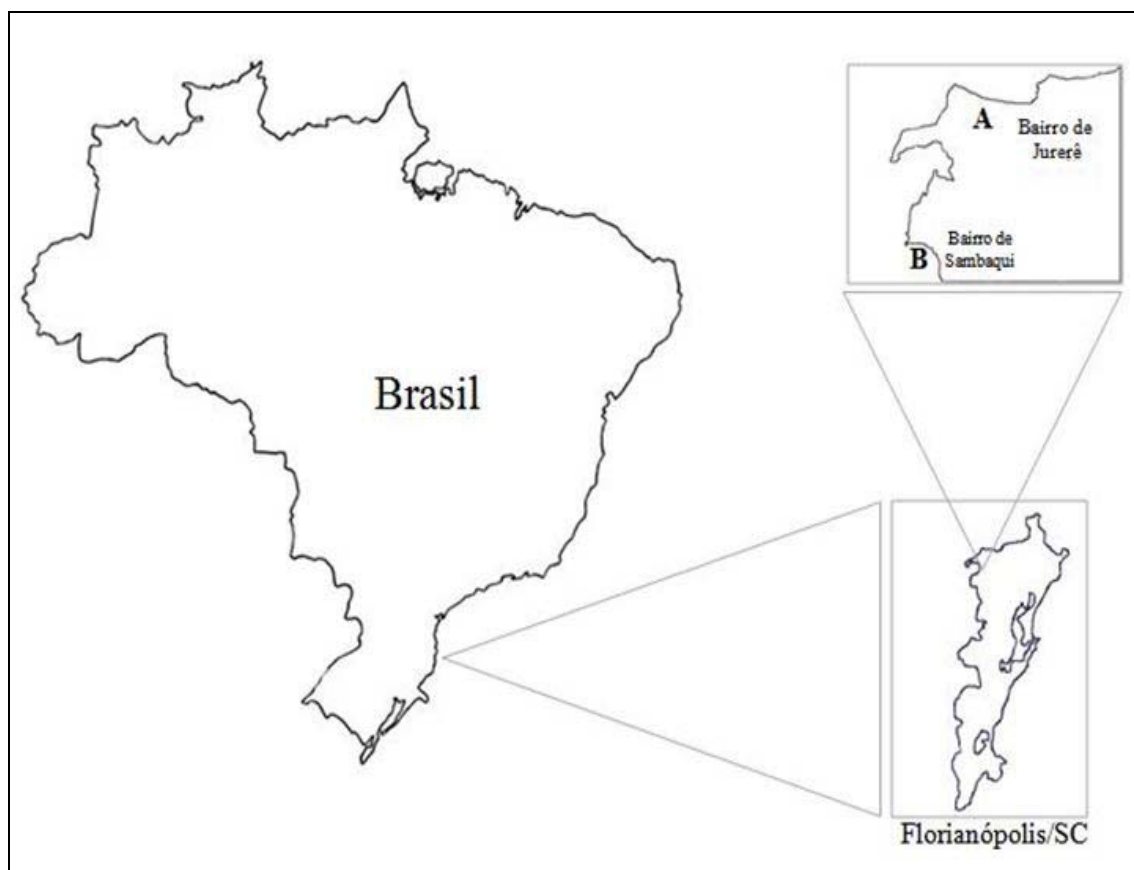


Figura 2. Localização do sítio arqueológico Rio do Meio (A) e da praia do Sambaqui (B) em Florianópolis/SC, Brasil.

Os produtos de PCR foram separados em gel de agarose 2% e purificados, utilizando-se o *kit* MinElute Gel Extraction Kit (QIAGEN, Austrália). Após a purificação, o inserto foi ligado ao vetor pGEM-TM Easy (PROMEGA, Estados Unidos), com posterior transformação em bactérias cálcio competentes DH5 α . As bactérias transformadas foram aplicadas em placa de ágar 35g/L (LB Agar-SIGMA) contendo ampicilina (100mM), IPTG (0,5mM) e X-GAL (50mM), por um período de 18 horas, a 37°C, para o crescimento das colônias. As colônias de cor branca foram repicadas para meio de cultura líquido 20g/L (LB Broth -SIGMA) contendo 100mM de ampicilina e mantidas durante 18 horas a 37°C em agitação constante (140rpm). A extração plasmidial para sequenciamento foi realizada por meio de lise alcalina das colônias crescidas em 1mL de meio líquido, nas mesmas

condições descritas anteriormente, utilizando-se o *kit* QIAprep® Spin Miniprep Kit (QIAGEN, Alemanha). As amostras foram sequenciadas no sequenciador 3130 Genetic Analyzer® (Applied Biosystem, HITACHI). Todas as análises moleculares foram realizadas no Laboratório de Biomarcadores de Contaminação Aquática e Imunoquímica (Labicai-UFSC).

Para comparação, sequências do gene COI de *P. perna* de outras regiões do planeta foram coletadas no NCBI. As sequências selecionadas (Tab. 1) foram alinhadas usando-se o Clustal W, implementado no programa MEGA v. 5.0 (Tamura *et al.*, 2011), utilizando as configurações-padrão do *software*. O alinhamento ocorreu de forma simples e nenhum par de bases foi excluído das sequências.

Tabela 1. Sequências do gene subunidade I do citocromo c oxidase (COI) utilizadas na análise filogenética de diferentes populações de mexilhão *Perna perna*

Espécie	Localização	Código	GenBank#
<i>Perna perna</i>	Leste da África do Sul	AF1	DQ917618
	Leste da África do Sul	AF2	DQ917617
	Leste da África do Sul	AF3	DQ917616
	Cumaná, Venezuela	VZL1	DQ917588
	Cumaná, Venezuela	VZL2	DQ917587
	São Paulo, Brasil	SP1	DQ917592
	São Paulo, Brasil	SP2	DQ917592
	Santa Catarina, Brasil	SC1	-
	Santa Catarina, Brasil	SC2	-
<i>Mytilus edulis</i>	Reino Unido	Myt1	DQ917606
	Reino Unido	Myt2	DQ917605
<i>Aulacomya atra maoriana</i>	Wellington, Nova Zelândia	Aul1	DQ917614
	Wellington, Nova Zelândia	Aul2	DQ917615

A inferência filogenética das sequências foi realizada por análises de neighbor-joining (NJ) e maximum-likelihood (ML), utilizando-se o software MEGA v. 5.0 (Tamura *et al.*, 2011). Na análise NJ foi usado o modelo Kimura 2-parameter. O teste para a presença de relógio molecular foi executado (Ho: há presença de relógio molecular) mediante o método ML. Todas as posições que continham “gaps” ou dados faltantes foram excluídas. Valores de bootstrap foram calculados com 1000 replicações em todas as análises.

A divergência genética foi realizada empregando-se o pacote de softwares BEAST (Drummond *et al.*, 2012). O estudo foi baseado em arquivo gerado utilizando a interface 'BEAUTI', e as configurações usadas foram as padrões, exceto para os valores dos seguintes parâmetros: menu Data – datas especificadas como anos antes do presente (BP); menu Modelo – frequência de bases estimada, local de heterogeneidade como modelo gama. Taxa média de substituição, modelo de relógio molecular estrito; menu de Priors – árvore antes: especificação Yule.

Na análise de Monte Carlo em cadeias de Markov após a geração de 1.000.000 gerações, 10.000 amostras foram coletadas a cada 100 gerações. O ponto de calibração usado foi de 3.5 milhões de anos (MY) com base no ponto de divergência entre populações do Atlântico Norte de *Mytilus trossulus* e *Mytilus edulis*, de acordo com Wares e Cunningham (2001) e Riginos *et al.* (2004).

A convergência posterior foi avaliada mediante o uso do software Tracer 1.4, concatenando-se as quatro corridas em uma árvore final com as idades dos nós estimadas como a média do valor de densidade mais elevada posterior a 95% (HPD).

RESULTADOS

O levantamento bibliográfico revelou a citação da espécie *Perna perna* e suas sinonímias em diversos sítios arqueológicos não datados (Tab. 2) e datados (Tab. 3) da costa brasileira.

As escavações do sítio arqueológico Rio do Meio, realizadas entre os anos de 1986 e 1989, revelaram que esse sítio apresentou duas unidades arqueológicas espacialmente isoladas por um intervalo de 58 metros, que foram denominadas Área I (27°26'23”S e 48°29'56”W) e Área II (27°26'26”S e 48°29'58” W). Morfologicamente, ambas as Áreas estavam estruturadas por sucessivas camadas de sedimentos arenosos, intercalados por estratos de conchas associadas a outros vestígios arqueológicos, como fragmentos de cerâmica, cinza e carvão. Em termos culturais, ambas as unidades preservaram vestígios cerâmicos produzidos por grupos vinculados a uma mesma tradição cultural, ou seja, a pré-colonial Jê. Os grupos pré-coloniais Jê, provavelmente, passaram a ocupar terras do litoral catarinense a partir de 1.000 anos BP.

Tabela 2. Trabalhos que citam a presença de *Perna perna* em sítios arqueológicos não datados do litoral brasileiro

Referência	Espécie	Sítio	Região
Leonardos (1938)	<i>Mytilus perna</i>	Cotia-Pará	Cubatão/SP
Leonardos (1938)	<i>M. perna</i>	Vila	Torres/RS
Leonardos (1938)	<i>M. perna</i>	Mampituba	Torres/RS
Rohr (1969)	<i>Mytilus perna</i>	Lagoa da Figueirinha	Jaguaruna/SC
Rohr (1969)	<i>M. perna</i>	Campo Bom	Jaguaruna/SC
Rohr (1969)	<i>M. perna</i>	Arroio da Cruz	Jaguaruna/SC
Rohr (1969)	<i>M. perna</i>	Morro Grande	Jaguaruna/SC
Rohr (1969)	<i>M. perna</i>	Olho d'Água	Jaguaruna/SC
Rohr (1969)	<i>M. perna</i>	Ponta do Morro	Jaguaruna/SC
Rohr (1969)	<i>M. perna</i>	Arrio da Cruz de Dentro	Jaguaruna/SC
Rohr (1969)	<i>M. perna</i>	Ilhota da Ponta do Morro	Jaguaruna/SC
Kneip (1977)	<i>Perna perna</i>	Forte	Cabo Frio/RJ

Tabela 3. Trabalhos que citam a presença de *Perna perna* em sítios arqueológicos datados do litoral brasileiro

Referência	Espécie	Sítio	Região	Datação
Piazza (1966)	<i>M. perna</i>	Espinheiros I	Joinville/SC	970a.C.
Hurt (1974)	<i>M. perna</i>	Ponta das Almas	Florianópolis/SC	1627a.C.
Rohr (1977)	<i>M. perna</i>	Pântano do Sul	Florianópolis/SC	1722a.C.
Rohr (1977)	<i>M. perna</i>	Pântano do Sul	Florianópolis/SC	1837a.C.
Rohr (1977)	<i>M. perna</i>	Pântano do Sul	Florianópolis/SC	2447a.C.
Kneip (1994)	<i>Perna perna</i>	Moa	Saquarema/RJ	1597a.C.
Kneip (1994)	<i>M. perna</i>	Moa	Saquarema/RJ	1947a.C.

A datação das conchas do sítio arqueológico do norte da Ilha de Santa Catarina por C^{14} via AMS revelou idade dos fragmentos das conchas da Área I de 780 ± 30 BP e da Área II de 720 ± 30 BP, respectivamente (Tab. 4). Os resultados apontam a presença de *Perna perna* no litoral brasileiro antes mesmo do descobrimento do país no ano de 1500, indicando que esses animais faziam parte da dieta das populações humanas nativas do Brasil.

Tabela 4. Resultados da datação por C^{14} das conchas coletadas das Áreas I e II do sítio arqueológico Rio do Meio (Florianópolis/SC, Brasil)

Amostra	Pré-tratamento	ΔR	Datação
I	Ácido	117	780 ± 30 BP
II	Ácido	117	720 ± 30 BP

Os resultados apontam uma clara distinção das populações estudadas, ficando evidente a diferenciação dos táxons africanos e sul-americanos nos cladogramas originados pelos dois métodos (Fig. 3). Os valores de bootstraps variaram bastante nos três modelos. Valores altos de bootstraps (91-100) foram encontrados na árvore de ML, exceto pelo valor 68 encontrado no modelo. Já no modelo NJ, os valores de bootstraps ficaram em uma faixa alta (98-100), exceto pelo ponto de divergência entre os ramos das populações venezuelanas e africanas, onde o valor foi 52. A hipótese de presença de relógio molecular foi comprovada ($P > 0,05$). Isso significa que a metodologia prevista pode ser aplicada.

O tempo de divergência encontrado entre as populações africanas e sul-americanas foi de aproximadamente 200 mil anos (Fig. 4).

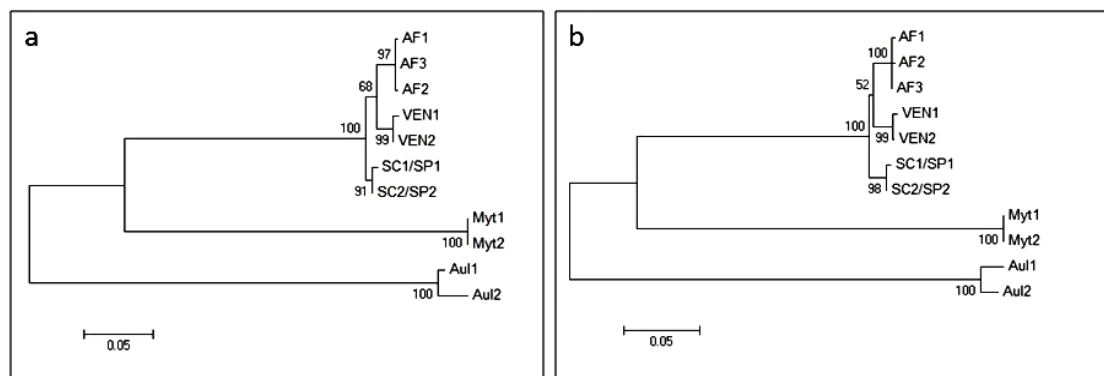


Figura 3. Árvores filogenéticas geradas: a – Maximum Likelihood, b – Neighbor Joining. Legenda: AF1, AF2 e AF3 – sequências africanas, VEN1 E VEN2 – sequências venezuelanas, SC1/SP1, SC2/SP2 – sequências brasileiras, Myt1 e Myt2 – sequências do gênero *Mytilus*, Aul1 e Aul2 – sequências de *Aulocomya atra* amoriana. Valores de bootstrap foram calculados com 1000 repetições.

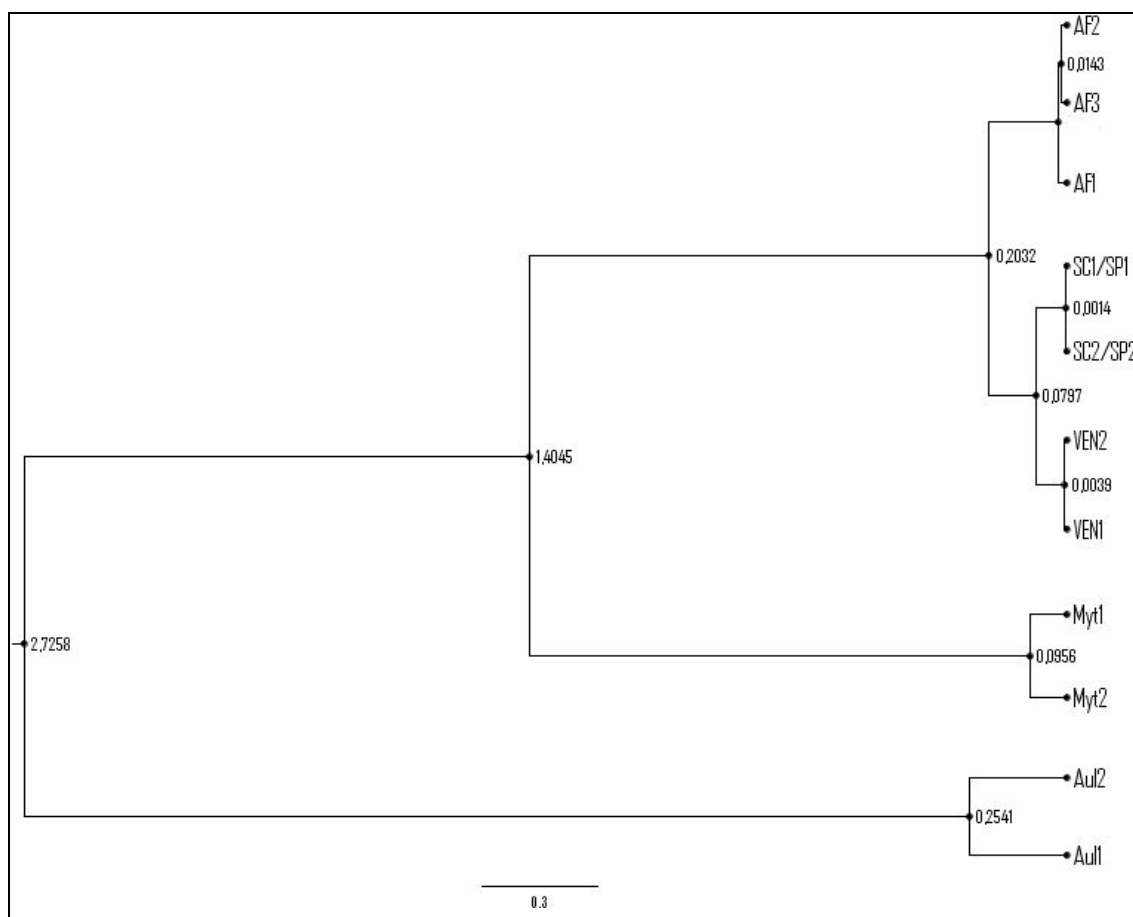


Figura 4. Cladograma do cálculo do tempo de divergência entre as populações. Legenda: AF1, AF2 e AF3 – sequências africanas, VEN1 E VEN2 – sequências venezuelanas, SC1/SP1, SC2/SP2 – sequências brasileiras, Myt1 e Myt2 – sequências do gênero *Mytilus*, Aul1 e Aul2 – sequências de *Aulocomya atra* maoriana. Valores dados em milhões de anos.

DISCUSSÃO

Entre os diversos trabalhos encontrados que comprovam a presença da espécie *Perna perna* em sítios arqueológicos brasileiros, Kneip (1977) cita que o Sambaqui do Forte, município de Cabo Frio/RJ, apresentava grande quantidade da espécie em sua composição. A autora ainda relata que a presença das conchas da espécie, apesar de estas estarem muito fragmentadas, prova a grande importância desse mexilhão na alimentação das populações humanas nativas daquele sambaqui.

Mytilus perna, hoje *P. perna* (Siddall, 1980) foi encontrado nos sambaquis de Cotia-Pará (Cubatão/SP) e da Vila, na cidade de Torres/RS (Leonardos, 1938). Na região de Santa Catarina, são vários os sambaquis em que *Mytilus* foram encontrados, entre eles, podem-se citar os sambaquis nas localidades de Lagoa da Figueirinha, Campo Bom, Arroio da Cruz, Morro Grande, Arroio da Cruz de Dentro, Olho d'Água e Ponta do Morro (Rohr, 1969).

Os resultados encontrados na datação realizada nas conchas apontam a presença da espécie antes mesmo da chegada dos descobridores do país. Estudos realizados por renomados arqueólogos brasileiros suportam os resultados encontrados. Estes trabalhos (Piazza, 1966; Hurt, 1974; Rohr, 1977; Kneip, 1994) citam que o marisco estava presente em sambaquis do sul e sudeste do Brasil no período pré-descobrimento.

Os sítios, alguns inclusive sem interferência antrópica recente, apontaram representativa presença de conchas de mariscos. Nessa linha, é possível relacionar o sambaqui de Ponta das Almas (leste da Ilha de Santa Catarina/Santa Catarina – Brasil), estudado em 1966 por Hurt (1974), em que conchas de *Mytilus perna*, hoje *Perna perna* (Siddall, 1980), foram encontradas em um estrato de 0,60m datado por radiocarbono em 3620 +/- 100 BP ou seja, 1627 a.C. Piazza (1966) encontrou quantidades relevantes de *Mytilus*, hoje *Perna* (Siddall, 1980), no sambaqui de Espinheiros I (Joinville/Santa Catarina – Brasil), que foi datado em 970 a.C.

No sambaqui do Moa (Saquarema/RJ – Brasil), foram encontradas conchas de *Perna perna* nas duas camadas estudadas, datadas por radiocarbono: camada I, 1597 a.C., camada II,

1947 a.C. (Kneip, 1994). A autora ainda completa que evidências demonstram que os habitantes do sambaqui de Moa coletavam *P. perna* de maior porte em pequenas quantidades e também explica que, devido à fragilidade da concha de *P. perna*, esta normalmente se encontra fragmentada, fato que dificulta sua identificação e que talvez explique a ausência de mais citações da espécie em outros trabalhos. A concha de *Perna perna* é muito menos resistente à compactação do que conchas de ostras e berbigões. Considerado como “maior escavador brasileiro”, o padre João Alfredo Rohr cita, em 1977, a presença de *Mytilus perna* (hoje *P. perna*) no sítio Pântano do Sul (Florianópolis), que teve algumas faixas datadas naquela época em 3.735, 3.850 e 4.460 anos.

O resultado da inferência filogenética está de acordo com os encontrados por Wood *et al.* (2007), em que o tempo de divergência entre populações brasileiras e africanas do mexilhão *Perna perna* estaria entre 0,17 e 0,57 milhões de anos. Holland (2001), ao avaliar populações de *P. perna* no Golfo do México, utilizando microssatélites, verificou que a população de mexilhões brasileira é geneticamente diferente das populações africanas analisadas, sendo colocada filogeneticamente próxima de populações americanas, como a mexicana e a venezuelana, e distante das populações africanas.

Estudo realizado por Rius e McQuaid (2009) indica que a sobrevivência da espécie *P. perna* em zonas médias está fortemente relacionada com a densidade dos animais. O estudo aponta que, em densidades abaixo de 25 animais por metro quadrado, a sobrevivência de mexilhões adultos cai se comparada com áreas com o dobro da densidade. Esses resultados fragilizam a hipótese de que a colonização da espécie no Brasil tenha se dado a partir de poucos animais incrustados em cascos de navios negreiros durante o século XVI, uma vez que a densidade seria baixa.

Fator também relevante é a baixa presença de outros mitilídeos exclusivamente marinhos na costa brasileira. Os mitilídeos são importantes componentes na estrutura do litoral rochoso em todos os continentes. Mesmo que tivesse ocorrido uma colonização tardia de *Perna perna* no litoral brasileiro, seria comum encontrar outros mitilídeos marinhos ao longo da costa,

uma vez que *P. perna* apresenta dificuldades de habitar zonas rochosas mais profundas (Bownes e McQuaid, 2006; Rius e McQuaid, 2009), o que diminuiria a pressão competitiva sobre outras possíveis espécies nativa.

Além dos argumentos supracitados, outros pontos ainda podem ser abordados na discussão para se compreender a origem do mexilhão no Brasil. Entre esses pontos, as relações da fauna nativa associada e dependente do microambiente fornecido pelas populações naturais de mexilhão, reconhecido bioatrator de diversidade, devem ser citadas. Outro ponto importante é a relação hospedeiro-parasita que ocorre entre o *Perna perna* e seus patógenos nativos. Essas relações não se estabelecem em períodos de tempo curto como o sugerido, e sim ao longo de milhares de anos de coexistência.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados arqueológicos encontrados, datação de C^{14} e biologia molecular, suportados pela literatura científica clássica e recente, fica clara a condição de nativa da espécie *Perna perna* no litoral brasileiro, estando presente antes do descobrimento do país pelos europeus.

REFERÊNCIAS

- BENNETT, C.L.; BEUKENS, R.P.; CLOVER, M.R. *et al.* Radiocarbon dating using electrostatic accelerators: negative ions provide the key. *Science*, v.198, p.508-510, 1977.
- BIRKY, C.W.; FUERST, P.; MARUYAMA, T. Organelle gene diversity under migration, mutation, and drift: equilibrium expectations, approach to equilibrium, effect of heteroplasmic cells, and comparison to nuclear genes. *Genetics*, v.121, p.613-627, 1989.
- BOWNES, S.J.; McQUAID, C.D. Will the invasive mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck replace the indigenous *Perna perna* L. on the south coast of South Africa? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, v.338, p.140-151, 2006.
- COOPER, J.; THOMAS, K.D. Constructing caribbean chronologies: comparative radiocarbon dating of shell and wood artefacts from pre-columbian sites in Cuba. *Archaeometry*, v.54, p.401-425, 2012.
- DRUMMOND, A.J.; SUCHARD, M.A.; XIE, D.; RAMBAUT, A. Bayesian phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7. *Mol. Biol. Evol.*, v.29, p.1969-1973, 2012.
- FERNANDES, F.C. Distribuição mundial e o impacto de sua introdução no Brasil. In: RESGALLA-JUNIOR, C.; WEBER, L.I.; CONCEIÇÃO, M.B. (Eds.). *O mexilhão Perna perna (L.)*. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. p.27-30.
- FERREIRA, J.F.; MAGALHÃES, A.R.M. Cultivo de mexilhões. In: POLI, A.T.B.; ANDREATTA, E.R.; BELTRAME, E. (Eds.). *Aquicultura: experiências brasileiras*. Florianópolis: Multitarefa, 2004. p.221-250.
- FOLMER, O.; BLACK, M.; HOEH, W. *et al.* DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.*, v.3, p.294-299, 1994.
- FREITAS, M.O.; VELASTIN, R. Ictiofauna associada a um cultivo de mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) norte Catarinense, sul do Brasil. *Acta Sci. Biol. Sci.*, v.32, p.31-37, 2010.
- HICKS, D.W.; McMAHON, R.F. Respiratory responses to temperature and hypoxia in the nonindigenous Brown Mussel, *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae), from the Gulf of Mexico. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, v.277, p.61-78, 2002.
- HOLLAND, B. Invasion without a bottleneck: microsatellite variation in natural and invasive populations of the brown mussel *Perna perna* (L.). *Mar. Biotechnol.*, v.3, p.407-415, 2001.
- HULME, P.E. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *J. Appl. Ecol.*, v.46, p.10-18, 2009.
- HURT, W.R. The Interrelationships between the natural environment and four sambaquís, coast of Santa Catarina, Brazil. *Occas. Pap. Monog. Indiana Univ. Mus.*, v.1, p.1-23, 1974.
- KILADA, R.; CAMPANA, S.; RODDICK, D. Growth and sexual maturity of the northern propellerclam (*Cyrtodaria siliqua*) in eastern Canada, with bomb radiocarbon age validation. *Mar. Biol.*, v.156, p.1029-1037, 2009.
- KNEIP, L.M. *Pescadores e coletores pré-históricos do litoral de Cabo Frio, RJ*. São Paulo: Coleção Museu Paulista, 1977. 169p.

- KNEIP, L.M. *Cultura material e subsistência das populações pré históricas de Saquarema, RJ*. Rio de Janeiro: Museu Nacional/UFRJ, 1994. 119p.
- LEONARDOS, O.H.. *Concheiros naturais e sambaquís*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1939. 109p.
- LIU, Z.J.; CORDES, J.F. DNA marker technologies and their applications in aquaculture genetics. *Aquaculture*, v.238, p.1-37, 2004.
- MACK, R.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W. *et al.* Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecol. Appl.*, v.10, p.689-710, 2000.
- MARENZI, A.W.C.; BRANCO, J.O. O cultivo do mexilhão *Perna perna* no município de Penha, SC. In: BRANCO, J.O.; MARENZI, A.W.C. (Eds.). *Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável: estudos de caso em Penha, SC*. Itajaí: UNIVALI, 2006. p.227-244.
- McGEOCH, M. A.; BUTCHART, S.H.M.; SPEAR, D. *et al.* Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Div. Dist.*, v.16, p.95-108, 2010.
- PIAZZA, W. F. *Estudos de sambaquís: nota prévia*. Florianópolis: Imprensa Universitária UFSC, 1966. 72p. (Série arqueologia, 2)
- RICK, T.C.; VELLANOWETH, R.L.; ERLANDSON, J.M. Radiocarbon dating and the "old shell" problem: direct dating of artifacts and cultural chronologies in coastal and other aquatic regions. *J. Arch. Sci.*, v.32, p.1641-1648, 2005.
- RIGINOS, C.; HICKERSON, M.J.; HENZLER, C.M.; CUNNINGHAM, C.W. Differential patterns of male and female mtDNA exchange across the atlantic ocean in the blue mussel, *Mytilus edulis*. *Evolution*, v.58, p.2438-2451, 2004.
- RIOS, E.C. (Ed.). *Compendium of brazilian sea shells*. Rio Grande: UFRG, 2009. 668p.
- RIUS, M.; McQUAID, C.D. Facilitation and competition between invasive and indigenous mussels over a gradient of physical stress. *Bas. Appl. Ecol.*, v.10, p.607-613, 2009.
- ROHR, Pe. J. A. *O sítio arqueológico do Pântano do Sul*. Florianópolis: IOESC, 1977. 114p.
- ROHR, Pe. J. A. *Os sítios arqueológicos do município sul-catarinense de Jaguaruna*. São Leopoldo: Instituto Anchieta de Pesquisas, 1969. 37p. (Série antropologia, 22)
- RUIZ, G.; CARLTON, J.; GROSHOLZ, E.; HINES, A. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *Am. Zool.*, v.37, p.621-632, 1997.
- SALOMÃO, L.C.; MAGALHÃES, A.R.M.; LUNETTA, J.E. Influência da salinidade na sobrevivência de *Perna perna* (Mollusca: Bivalvia). *Bol. Fisiol. Anim.*, v.4, p.143-152, 1980.
- SIDDALL, S.E. A clarification of the genus *Perna* (mytilidae). *Bull. Mar. Sci.*, v.30, p.858-870, 1980.
- SOUZA, R.C.C.L. de.; FERNANDES, F.C.; SILVA, E.P. A study on the occurrence of the brown mussel *Perna perna* on the sambaquis of the brazilian coast. *Rev. Mus. Arqueol. Etnol.*, v.13, p.3-24, 2003.
- SOUZA, R.C.C.L.; TRINDADE, D.C.; DECCO, J. *et al.* Archaeozoology of marine mollusks from sambaqui da Tarioba, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brazil. *Zool.*, v.27, p.363-371, 2010.
- TAKADA, M.; TANI, A.; MIURA, H. *et al.* ESR dating of fossil shells in the Lützow-Holm Bay region, east Antarctica. *Quat. Sci. Rev.*, v.22, p.1323-1328, 2003.
- TAMURA, K.; PETERSON, D.; PETERSON, N. *et al.* MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol. Biol. Evol.*, v.28, p.2731-2739, 2011.
- VÉLEZ, R.A.; EPIFANIO, C.E. Effects of temperature and ration on gametogenesis and growth in the tropical mussel *Perna perna* (L.). *Aquaculture*, v.22, p.21-26, 1981.
- VELLANOWETH, R.L. AMS radiocarbon dating and shell bead chronologies: middle holocene trade and interaction in western North America. *J. Archaeol. Sci.*, v.28, p.941-950, 2001.

WANAMAKER JR, A.D.; HEINEMEIER, J.; SCOURSE, J.D. *et al.* Very long-lived mollusks confirm 17th century ad tephra-based radiocarbon reservoir ages for north icelandic shelf waters. *Radiocarbon*, v.50, p.399-412, 2008.

WARES, J.P.; CUNNINGHAM, C.W. Phylogeography and historical ecology of the north atlantic intertida. *Evolution*, v.55, p.2455-2469, 2001.

WOOD, A.R.; APTE, S.; MacAVOY, E.S.; GARDNER, J.P.A. A molecular phylogeny of the marine mussel genus *Perna* (Bivalvia: Mytilidae) based on nuclear (ITS1&2) and mitochondrial (COI) DNA sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.*, v.44, p.685-698, 2007.