

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas
Mestrado em Biodiversidade Neotropical

Altir de Souza Maia Neto

Dinâmica populacional de
Mytilopsis leucophaeata (Bivalvia, Dreissenidae)
na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil

Rio de Janeiro

2018

Dinâmica populacional de
Mytilopsis leucophaeata (Bivalvia, Dreissenidae)
na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical) como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientadores:

Prof. Dr. Carlos Henrique Soares Caetano

Prof. Dr. Ricardo Silva Cardoso

Rio de Janeiro

2018

Ficha catalográfica

Catálogo informatizado pelo(a) autor(a):

N469 de Souza Maia Neto, Altir
Dinâmica populacional de *Mytilopsis leucophaeata*
(Bivalvia, Dreissenidae) na Lagoa Rodrigo de
Freitas, Rio de Janeiro, Brasil / Altir de Souza
Maia Neto. -- Rio de Janeiro, 2018.
66

Orientador: Carlos Henrique Soares Caetano .
Coorientador: Ricardo Silva Cardoso.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação
em Ciências Biológicas, 2018.

1. dinâmica populacional. 2. bivalve invasor. 3.
estuário. 4. Lagoa Rodrigo de Freitas. 5. ecologia.
I. Henrique Soares Caetano , Carlos , orient. II.
Silva Cardoso, Ricardo , coorient. III. Título.

Altir de Souza Maia Neto

Dinâmica populacional de
Mytilopsis leucophaeata (Bivalvia, Dreissenidae)
na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil

Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (PPGBIO), área de concentração: Biodiversidade Neotropical

Aprovado em / / .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Henrique Soares Caetano (Depto. de Zoologia - UNIRIO) - Titular

Dra. Tatiana Cabrini (Depto. de Ecologia e Recursos Marinhos - UNIRIO) - Titular

Prof. Dra. Sônia Barbosa dos Santos (Depto. de Zoologia, IBRAG - UERJ) - Titular

Prof. Dra. Maria Lúcia Lorini (Depto. de Recursos Naturais - UNIRIO) - Suplente

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos os
que o tornaram possível.

Agradecimentos

Agradeço aos meus avós (Altir de Souza e Gildina Soares) e aos meus pais (Marcus Vinícius Soares e Florízia Freitas) por terem me ajudado e me apoiado ao longo da minha carreira profissional. Sem vocês eu não teria chegado até aqui. A minha irmã Dina Maria pelo apoio e companheirismo.

Ao meu orientador e amigo Carlos Henrique Caetano por acreditar e confiar em mim. Você me ajudou e muito ao longo do tempo que estive aqui. Seus conselhos me fizeram crescer e amadurecer como um profissional e como pessoa.

Ao meu Coorientador Ricardo Cardoso por ter, também, me ajudado e ter somado as suas experiências ao meu trabalho.

Aos doutores Igor Myahira e Maurício Fernandes pelo grande auxílio que me deram ao longo do mestrado; vocês são para mim um exemplo de excelentes profissionais.

À família ZOOMAR (Priscila, Jessica, Annanda, Guilherme, Hellen e Maurício) pela grande ajuda nas coletas e no processamento de tamanha quantidade de material e pela excelente companhia que vocês me fizeram ao longo dos anos. Ao Leonardo Souza (Museu Nacional - UFRJ) que muito me auxiliou na hora de fotografar os espécimes presentes no meu trabalho.

Aos alunos do ECOMAR por terem me auxiliado na hora de usar o equipamento deles e por terem me fornecido acesso ao laboratório em inúmeras ocasiões.

Ao Fábio Sendim e Antônio Jailson excelentes e valiosos parceiros no grande trabalho que foi estudar a biologia de *Mytilopsis leucophaeata*. Graças à companhia de vocês o trabalho foi mais leve e alegre. Espero tê-los sempre na minha vida.

A todo o PPGBIO-UNIRIO pelo apoio e ajuda durante o mestrado. Aprendi e muito com vocês. Em especial ao professor Paulo Costa cujos conselhos e revisões muito me ajudaram na hora de escrever a dissertação.

Aos meus colegas de mestrado, parceiros de tantas ocasiões. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado a mim concedida.

Epígrafe

“The future belongs,
not to those who have
the most, but to those
who do the most with
what they have.”

- **Eugene P. Odum**

Resumo

Mytilopsis leucophaeata (Bivalvia: Dreissenidae) é um bivalve dreissenídeo invasor originário da América do Norte e usualmente associado a ambientes estuarinos. A dinâmica populacional e a produção secundária desta espécie, foram estudadas durante o período de março de 2016 a março de 2017 na Lagoa Rodrigo de Freitas, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Espécimes foram coletados em quatro pontos em triplicata, ao longo da Lagoa e foi utilizada sonda multiparamétrica para determinar os parâmetros ambientais em cada coleta. Crescimento e mortalidade foram estimados a partir dos dados das frequências de comprimento, utilizando-se métodos computacionais. A expectativa de vida foi estimada pela equação de crescimento inversa de Von Bertalanffy, considerando t_{max} como o maior indivíduo capturado ao longo do estudo. O método da frequência de comprimentos foi utilizado para calcular a produção secundária. As maiores densidades populacionais observadas foram no inverno (junho 2016) e no final da primavera (dezembro) até o verão (janeiro, fevereiro e março 2017). A taxa de crescimento variou sazonalmente, com a taxa de crescimento mais lento ocorrendo no inverno (junho 2016). A taxa de mortalidade (z) foi de $2,62 \text{ ano}^{-1}$. A expectativa de vida foi de 5,42 anos. A produção secundária (P) foi $3,0 \text{ gPSLC.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, a biomassa (B) foi $1,2 \text{ gPSLC m}^{-2}$ e a taxa de renovação (P/B) foi $2,5 \text{ ano}^{-1}$. Comparando-se os parâmetros ambientais da Lagoa Rodrigo de Freitas com estudos anteriores notou-se um aquecimento acelerado da coluna d'água, este fenômeno pode ser explicado pelo aquecimento global. Foi observado que a distribuição latitudinal de tamanhos de *Mytilopsis leucophaeata* não segue a regra de Bergmann. A longevidade das populações de *Mytilopsis leucophaeata* não é significativamente explicada pela temperatura por conta da similaridade entre as expectativas de vida. A reprodução de *Mytilopsis leucophaeata* é descontínua e assíncrona o que é corroborado pelos estudos das populações europeias. A alta taxa de renovação pode ser explicada pela ocorrência da população em densidades extremamente elevadas. *Mytilopsis leucophaeata* têm potencial para se tornar uma perigosa praga em ambientes estuarinos brasileiros, primeiro por conta de sua história de vida e, segundo, por conta do transporte facilitado por embarcações o que torna recomendável o manejo desta espécie o mais breve possível.

Palavras-chaves: Estuário, bivalve invasor, dinâmica populacional, *Mytilopsis leucophaeata*, produção secundária.

Abstract

Mytilopsis Leucophaeata (Bivalvia: Dreissenidae) is an invading dreissenidae bivalve that originates in North America and is usually associated with estuarine environments. The population dynamics and secondary production of this species were studied during the period from March 2016 to March 2017 in Lagoon Rodrigo de Freitas, State of Rio de Janeiro, Brazil. Specimens were collected at four points in triplicate, along the lagoon and an multiparametric probe was used to determine the environmental parameters in each collection. Growth and mortality were estimated from the data of the length frequencies, using computational methods. Life expectancy was estimated by Von Bertalanffy inverse growth equation, considering t_{max} as the largest individual captured throughout the study. The size-frequency method was used to calculate secondary production. The largest population densities observed were in the winter (June 2016) and at the end of the spring (December), until the summer (January, February and March 2017). The growth rate varied seasonally, with the slower growth rate occurring in the winter (June 2016). The mortality rate (Z) was 2.62 year^{-1} . Life expectancy was 5.42 years. Secondary production (p) was $3.0 \text{ g AFDW m}^{-2} \text{ year}^{-1}$, the Biomass (B) was $1.2 \text{ g AFDW m}^{-2}$ and the renewal rate (P/B) was 2.5 year^{-1} . Compared to the environmental parameters of the lagoon Rodrigo de Freitas with previous studies noticed an accelerated heating of the water column, this phenomenon can be explained by global warming. It has been observed that the latitudinal distribution of *Mytilopsis* sizes does not follow the Bergmann rule. The longevity of the populations of *Mytilopsis Leucophaeata* isn't significantly explained by the temperature due to the similarity between the life expectancies. The reproduction of *Mytilopsis Leucophaeata* is discontinued and asynchronous, which is corroborated by the European populations. The high renewal rate can be explained by the occurrence of the population in extremely high densities. *Mytilopsis Leucophaeata* have the potential to become a dangerous pest in Brazilian estuarine environments, first because of its life history and, secondly, because of the transport facilitated by vessels which makes it advisable to manage this species the as soon as possible.

Keywords: Estuary, invasive bivalve, population dynamics, *Mytilopsis leucophaeata*, secondary production.

Lista de Figuras

Figura 1. Indivíduos de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> (Conrad, 1831). A, B indivíduos jovens com a concha apresentando leves sinais de desgaste; C e D indivíduos mais velhos já apresentando grande desgaste na concha. E vista interna da concha (C). F vista interna da concha de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> enfatizando a apófise. Fotos tiradas com o microscópio modelo Zeiss Discovery V20.	14
Figura 2. Macroaglomerado de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> (Conrad, 1831) na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil. Créditos foto: Igor Christo Myahira.	15
Figura 3. Mapa do Brasil. Localização da Lagoa Rodrigo de Freitas no Rio de Janeiro, Brasil. Mapa confeccionado a partir de imagens públicas da Wikipédia e do Google Earth.	20
Figura 4. Mapa da área de estudo com os quatro pontos de coleta localizadas na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro. Brasil.	21
Figura 5. A - Espátula, B - Amostrador quadrado (0,04 m ²). Escala: régua de 30 cm.	22
Figura 6. Ponto 1 (P1) na Lagoa Rodrigo de Freitas.	23
Figura 7. Ponto 2 (P2) na Lagoa Rodrigo de Freitas.	24
Figura 8. Ponto 3 (P3) na Lagoa Rodrigo de Freitas.	25
Figura 9. Ponto 4 (P4) na Lagoa Rodrigo de Freitas.	26
Figura 10. Variação na densidade (ind.m ⁻²) de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017. Barras verticais representam o desvio-padrão.	34
Figura 12 Crescimento de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017.	37
Figura 11 Recrutamento de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017.	37
Figura 13. Distribuição de frequência das classes de comprimento de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017. Legenda: n = número de indivíduos, eixo X = classes de comprimento (1 - 31 mm) e eixo Y = frequência (0 - 20 %).	38
Figura 14. Curva de captura para <i>Mytilopsis leucophaeata</i> da Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017. A estimativa da mortalidade (Z) foi calculada baseada somente nos círculos sem preenchimento, aos quais foi ajustada a reta.	39
Figura 15. Relação Peso vs. Comprimento de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017. Os valores de peso foram expressos como o peso médio dos indivíduos de uma mesma classe de comprimento, exceto para as classes marcadas com asterisco. A linha representa o modelo linear ajustado aos dados (Log Peso = -12,898 + 3,0092 * Log Comprimento).	40
Figura 16. Relação entre o comprimento máximo para o gênero <i>Mytilopsis</i> e a distribuição latitudinal. Foram utilizados para essa relação os dados constantes na Tabela 6 e 7 e adicionalmente os seguintes registros: <i>Mytilopsis</i> cf. <i>sallei</i> : Recife, Brasil (FREITAS & SOUZA 2015); <i>Mytilopsis sallei</i> : Rio Shing Mun, Hong Kong, China (MORTON & LEUNG 2015); <i>Mytilopsis trautwineana</i> : Rio San Juan - Colômbia (TRYON 1866); <i>Mytilopsis adamsi</i> : Costa do Pacífico, México (SALGADO-BARRAGAN & TOLEDANO-GRANADOS 2006), <i>Mytilopsis domingensis</i> : Laguna San José, Porto Rico (PÉREZ et al. 2001) e <i>Mytilopsis lopesi</i> : Tucuruí, Pará, Brasil (ALVARENGA & RICCI 1989).	45

Figura 17 Relação entre a longevidade máxima para as populações de *Mytilopsis leucophaeata* e a temperatura em cada localidade reportada na literatura. Para a análise foi utilizada a maior temperatura reportada para cada localidade. 50

Lista de Tabelas

Tabela 1. Variação dos parâmetros da água na Lagoa Rodrigo de Freitas para o período entre março de 2016 e março de 2017.	31
Tabela 2. ANOVA. Relação entre a variação da densidade e os parâmetros da água entre os meses e os pontos de coleta. Ns - não significativo ($p > 0,05$), # - significativo ($p < 0,05$), * - altamente significativo ($p < 0,001$).	33
Tabela 3. Pós-teste Tukey HSD. Análise das diferenças na densidade de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> entre as estações de coleta. Números abaixo dos pontos de coleta representam os valores médios da densidade, linhas horizontais representam a ausência de diferenças significativas.	34
Tabela 4. Resultados das análises de regressão linear simples entre a densidade de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> e os parâmetros da água na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017. Legenda: ns - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo ($p < 0,05$).	35
Tabela 5. Registros de Densidade (ind.m^{-2}) para <i>Mytilopsis leucophaeata</i> em diferentes localidades. Legenda: * valor médio. Salinidade (ppm). Temperatura ($^{\circ}\text{C}$).	43
Tabela 6. Comprimento máximo de <i>Mytilopsis leucophaeata</i> para diversas localidades de acordo com a literatura.	46
Tabela 7. Comparação dos parâmetros de crescimento (Comprimento máximo obtido $L_{\text{máx}}$, comprimento máximo teórico L_{∞} , taxa de crescimento K , índice de performance Φ' e longevidade T_{max} em anos) entre diversas espécies da família Dreissenidae e os Bivalves invasores <i>Limnoperna fortunei</i> e <i>Corbicula fluminea</i> . Todos os dados de comprimento expressos em mm.	49

Sumário

Ficha catalográfica.....	I
Dedicatória.....	III
Agradecimentos	IV
Epígrafe	V
Resumo	VI
Abstract.....	VII
Lista de Figuras	8
Lista de Tabelas	10
1 Introdução.....	12
1.1 Objetivos.....	18
1.1.1 Objetivo Geral.....	18
1.1.2 Objetivos Específicos.....	18
1.2 Área de estudo	19
2 Material e métodos	22
2.1 Procedimentos de campo	22
2.2 Bancada.....	27
2.3 Análises dos dados.....	27
2.3.1 Análise estatística.....	27
2.3.2 Dinâmica populacional.....	28
2.3.3 Biomassa, Produção secundária e Taxa de Renovação.....	30
3 Resultados.....	31
3.1 Caracterização ambiental	31
3.1.1 Parâmetros da água.....	31
3.1.2 Variação na densidade.....	34
3.2 Crescimento	36
3.3 Mortalidade	39
3.4 Relação Peso vs Comprimento, Biomassa, Produção secundária e taxa de renovação.	40
4. Discussão	41
5 Conclusão	51
Bibliografia.....	52
Anexos	61

1 Introdução

Lagoas costeiras (lagunas) compreendem um dos habitats mais diversos existentes, sendo ubíquo em todos os continentes; contudo a sua quantidade diminui quanto mais se afasta do equador. Lagunas ocupam 13% da área dos ecossistemas costeiros globais (LOUREIRO 2006). Esse ambiente costeiro é caracterizado por poças rasas separadas parcialmente ou totalmente do oceano por braços de areia. A característica mais marcante das lagunas é a mistura de salinidade da água do oceano com a água continental gerando um ambiente com diferentes níveis de salinidade. As lagunas costumam serem rasas, raramente ultrapassando profundidades maiores que 5 metros e por serem formadas dentro ou nas imediações de planícies costeiras rasas acabam sendo muito afetadas pelas marés, pois seu aumento excessivo pode acarretar a destruição da barreira que a separa do oceano e a sua subsequente inundação. Os três principais tipos de lagunas são: sufocado (compreendendo uma ala de células elípticas ligadas ao oceano e um canal único e estreito ex. Lagoa dos Patos - Brasil), vazado (Corpos d'água alongados paralelos à costa, com vários canais de entrada, se formam em torno das costas onde os fluxos de maré são fortes o suficiente para evitar o assoreamento causado por ondas e por derivações litorais) e restrito (compreendem vastos corpos d'água, geralmente correndo paralelamente à costa e se ligando ao oceano através de um ou mais canais ex. Lagoa Rodrigo de Freitas) (KJERFVE & MAGIL 1989, JOHN DAY et al. 2012).

A lagoa Rodrigo de Freitas é uma laguna costeira e está localizada entre os bairros do Jardim Botânico, Humaitá, Leblon e Ipanema. Possui contato com o mar através do canal do Jardim de Alah, recebendo também vários efluentes entre eles o Rio dos Macacos (RIOÁGUAS 2013). A laguna por estar situada em uma área urbana recebe em seu corpo d'água altas concentrações de efluentes (metais pesados e matéria orgânica) advindos das cercanias (LOUREIRO 2006), afetando a biota aquática que nela vive (nécton, plâncton e bentos) (FERNANDES et al. 1994). Dentro da biota aquática os bentos são majoritariamente representados por crustáceos, poliquetas e moluscos (CAETANO et al. 2007).

Os moluscos estão entre os filos de metazoários de maior representatividade numérica (densidade e biomassa) e diversidade biológica (riqueza de espécies e variedade de hábitos de vida) dos bentos, sendo os gastrópodes e bivalves os grupos responsáveis pela maior parte dessa representatividade (ca. de 90%) (CAETANO et al. 2007). Os bivalves compreendem a segunda maior classe de moluscos com as estimativas de biodiversidade variando desde 9.200 até 20.000 espécies (SIMONE 1999, RIOS 2009, HUBER 2010) e

expressam o seu ápice de diversidade no ambiente marinho ocorrendo desde o entre-marés até as planícies abissais (COAN & VALENTICH-SCOTT 2015). Também colonizaram com sucesso os ambientes dulciaquícolas e os estuários. Por ser um grupo vasto e diversificado possuem uma enorme variabilidade morfológica que está intimamente relacionada aos diferentes hábitos de vida, a saber: epifaunístico em substratos duros por meio dos filamentos do bisso ou glândulas de cimento; endofauna de fundos de areia e lama; endofauna de fundos rochosos ou coralíneos; perfuradores de madeira; pelágicos (e.g., Pectinidae e Limidae, as vieiras e mariscos-lima) onde muito deles desenvolveram a habilidade de nadar por meio do batimento das valvas; e menos frequentemente aqueles de existência em comensalismo e parasitismo (RUPPERT & BARNES 2005).

A ordem Veneroida inclui bivalves equivalves, inequilaterais, isomiários, com a denteção da charneira diferenciada em cardinais e laterais; e de hábito ativo, raramente sedentários (COX et al. 1969). Essa ordem pode ser subdividida em 16 superfamílias, segundo AMLER (1999). Entre as quais, a superfamília Dreissenoida. A família Dreissenidae, superfamília Dreissenoida, é formada por três gêneros: *Congeria*, *Dreissena* e *Mytilopsis*. Os dreissenídeos têm em comum a forma da concha, de mitiliforme à quadrada; umbos anterior ou terminal; interior da concha não nacarado; ligamento afundado; ausência de dentes na charneira; cicatriz do músculo adutor posterior alongado; perióstraco bem desenvolvido; presença dos sífões inalante e exalante; e brânquias reticuladas (COX et al. 1969). Dentre os gêneros de Dreissenidae, dois se destacam pela grande capacidade de dispersão: *Dreissena*, o mexilhão zebra de água doce, e *Mytilopsis*, de águas tropicais e subtropicais salobras e de água doce (MARELLI & GRAY 1983, 1985; MANSUR et al. 2003). Ambos possuem larvas planctotróficas, são massivos colonizadores de diversos substratos duros primários e secundários (HARZHAUSER et al. 2004) e apresentam ciclos de vida muito semelhantes (VERWEEN et al. 2010).

O gênero *Mytilopsis* é formado por oito espécies (BOUCHET 2014), a saber: *Mytilopsis adamsi* (Morrison, 1946), *Mytilopsis africana* (Van Beneden, 1835) *Mytilopsis lacustris* (Morelet, 1860), *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831), *Mytilopsis lopesi* (Alvarenga & Ricci 1989), *Mytilopsis ornata* (Morelet, 1885), *Mytilopsis sallei* (Récluz, 1849) e *Mytilopsis trautwineana* (Tryon, 1866). As espécies do gênero *Mytilopsis* têm em comum a presença de uma concha mitiliforme com o septo apoiado por um mióforo possuidor de duas cicatrizes. A espécie-tipo do gênero é *Mytilopsis leucophaeata*.

Mytilopsis leucophaeata (Figuras 1 e 2), popularmente conhecido como “marisco

branco” ou “falso mexilhão”; é um bivalve originário da América do Norte, usualmente associado a ambientes estuarinos. Contudo, a espécie foi amplamente introduzida em outros locais da América do Norte, Europa e mesmo na Ásia (THERRIAULT et al. 2004; VERWEEN et al. 2006, 2010; KENNEDY 2011a, 2011b). No Brasil, há o registro da espécie para a Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro (RIZZO et al. 2014). Os registros de SOUZA et al. (2005), MACIEL (2011), FREITAS 2009 e FREITAS & SOUZA (2015), para o litoral do Recife, nordeste do Brasil, foram, mais recentemente, atribuídos a outra espécie do gênero *Mytilopsis* por FERNANDES et al. (2018).

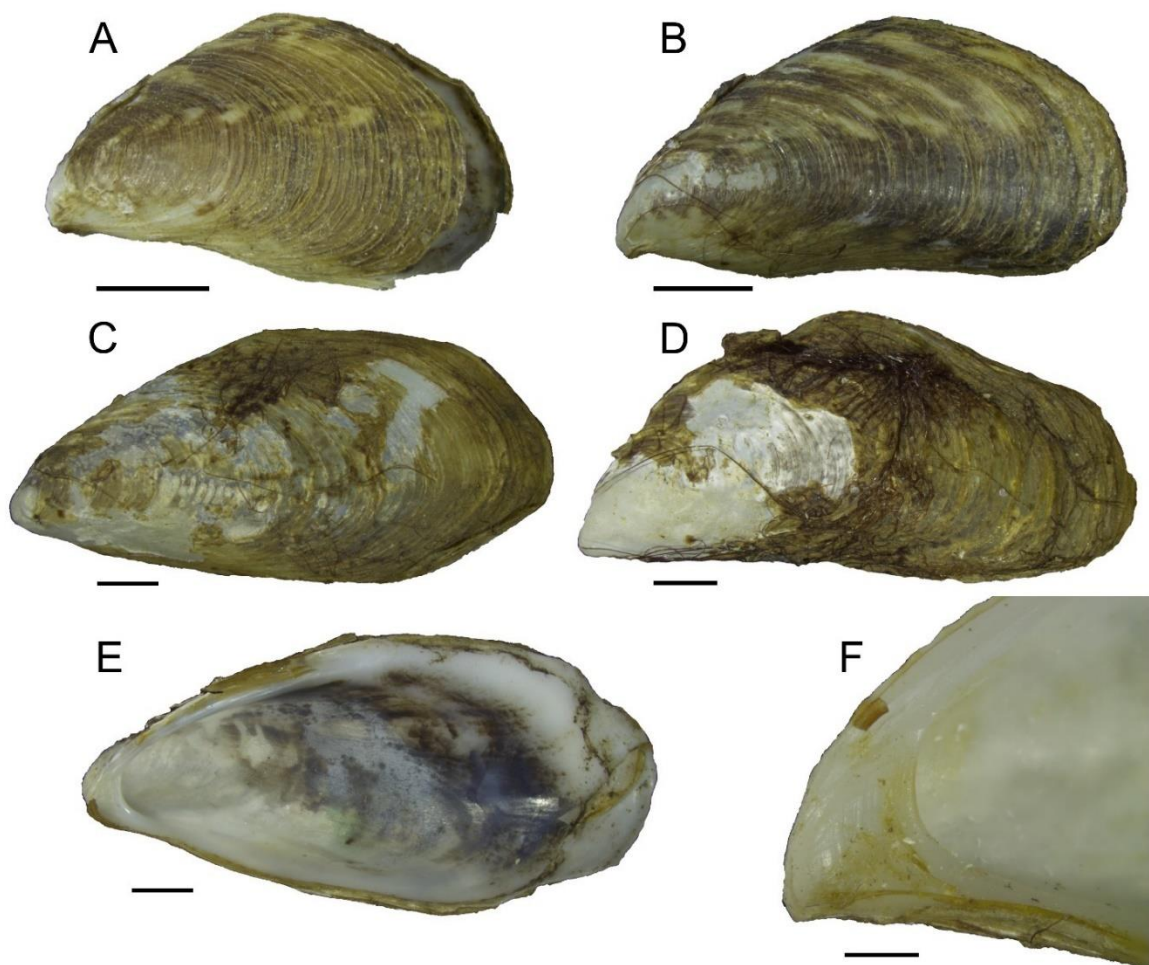


Figura 1. Indivíduos de *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831). A, B indivíduos jovens com a concha apresentando leves sinais de desgaste; C e D indivíduos mais velhos já apresentando grande desgaste na concha. E vista interna da concha (C). F vista interna da concha de *Mytilopsis leucophaeata* enfatizando a apófise. Fotos tiradas com o microscópio modelo Zeiss Discovery V20.

O falso mexilhão *Mytilopsis leucophaeata* é um animal filtrador e incrustante vivendo aderido à superfície de diversos substratos duros - naturais (e.g., rochas, pequenas pedras, conchas) ou artificiais (e.g., pneus, madeira, garrafas e outros objetos submersos ou flutuantes) sobre os quais se fixa por meio dos filamentos do bisso (KENNEDY 2011a). As conchas destes animais são pequenas, assim não sendo comumente detectadas nas fases iniciais de introdução. Contudo, tal espécie tem a capacidade de formar grandes agregados populacionais em pouco tempo, com registros de até $6,5 \times 10^6$ ind.m⁻², em Amsterdã, Europa, (RAJAGOPAL 1995) em contraste com a sua localidade nativa onde ocorre em baixas densidades 1 - 3200 ind.m⁻² (MENZIE 1980, WALTON 1996, STRAYER & MALCOM 2007). Na Lagoa Rodrigo de Freitas, a população está amplamente distribuída ao longo da margem (Figura 2) (RIZZO et al. 2014).



Figura 2. Macroaglomerado de *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil. Créditos foto: Igor Christo Myahira.

Apesar do pequeno tamanho dos indivíduos, as grandes densidades na qual eles ocorrem possibilita a filtração de um enorme volume de água, além de representar um novo recurso para o nível trófico superior. Um caso similar é o do mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), espécie dulciaquícola que forma macroaglomerados compactos e bastante resistentes à força da correnteza nos diversos locais em que foi introduzido (LOPES & VIEIRA 2012). Assim, *Mytilopsis leucophaeata* pode provocar alterações na estrutura da comunidade bentônica, alterar a dinâmica de nutrientes e impactar direta ou indiretamente diversas espécies; o fenômeno de “invasion-meltdown” (i.e., facilitação da introdução de outras espécies exóticas a partir da colonização de uma pioneira) e a atuação como engenheira de ecossistema, criando refúgios para outras espécies aquáticas, são aspectos a serem considerados neste contexto (SOUSA et al. 2009).

Além dos graves impactos ecológicos mencionados acima, a introdução de *Mytilopsis leucophaeata* em localidades ao longo do mundo também pode possuir um viés econômico e social. JUNQUEIRA et al. (2009) indicaram a incrustação em cascos de navios e outras estruturas metálicas como um impacto econômico, pois aumenta o arrasto e, conseqüentemente, o gasto de combustível. Especificamente para a bioincrustação de *Mytilopsis leucophaeata*, estações de geração de eletricidade e descarga de água já foram severamente afetadas na Europa (RAJAGOPAL et al. 1997; RAJAGOPAL et al. 2002; LAINE et al. 2006). Corroborando as observações acima, *Mytilopsis leucophaeata* tem sido considerado um equivalente de águas salobras de *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), uma espécie de água doce da Europa e introduzida na América do Norte, onde tem causado sérios problemas ecológicos e econômicos (VERWEEN et al. 2010).

Estudos voltados para a reprodução de *Mytilopsis leucophaeata* em águas temperadas do Hemisfério Norte indicaram que esta espécie desova durante o mês de outubro, aparentemente necessitando de picos de baixa salinidade como um estímulo para tal ocasionado por chuvas fortes (PÉREZ-SARABIA et al. 2012). É comum o crescimento de novos exemplares de *Mytilopsis leucophaeata* por cima de bancos de milhares de conchas vazias da mesma espécie, indicando um forte recrutamento dependente de densidade e uma larva atraída por feromônios espécie-específica (KENNEDY 2011a).

Mesmo com sua extensa distribuição geográfica, os aspectos da biologia de *Mytilopsis leucophaeata* foram pouco explorados até o momento com estudos sobre a dinâmica populacional (VERWEEN et al. 2006, GAAG et al. 2017), genética (HEILER et al. 2010), fauna associada (RICHARDSON & HAMMOND 2016) e bioacumulação de

metais pesados (VAN DER VELDE et al. 1992).

Segundo FERNANDES et al. (2018), a invasão de *Mytilopsis leucophaeata* no Brasil ocorreu em várias ocasiões através da água de lastro dos navios advindos dos portos norte-americanos. Por meio da alta concentração de propágulos presentes na água de lastro, a espécie logo se desenvolveu e ao incrustar em navios e embarcações de menor porte adjacentes ao porto foi capaz de invadir a Lagoa Rodrigo de Freitas. Desta forma, se faz necessário ampliar o conhecimento sobre sua biologia antes que esta espécie atinja novas áreas e que potenciais danos/prejuízos possam ocorrer. A partir deste conhecimento, práticas relacionadas à mitigação dos impactos oriundos da introdução desta espécie exótica e à conservação do ambiente serão mais efetivas. Vale ressaltar que *Mytilopsis leucophaeata* apresenta amplos limites de tolerância aos parâmetros abióticos, sendo considerado uma espécie euritérmica, vivendo em regiões com clima temperado-frio a tropical, e eurihalina, suportando variação de salinidade de 0,1 a 31,0 ppm (VERWEEN 2010). Considerando-se tais adaptações e aliado ao fato da espécie apresentar larva planctotrófica de vida relativamente longa e carência de informações referentes à quais organismos competem ou predam *Mytilopsis leucophaeata* nos ambientes estuarinos antropizados do Rio de Janeiro, é esperado que novas populações deste bivalve se estabelecessem em pouco tempo, principalmente no complexo de lagoas costeiras de Jacarepaguá; uma área fortemente impactada e bastante susceptível a novas invasões por conta da entrada e saída regular de barcos advindos de outras localidades (RIZZO et al. 2014).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Estudar a dinâmica populacional de *Mytilopsis leucophaeata* na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro visando aumentar o conhecimento sobre essa espécie no Brasil e subsidiar futuros planos de controle desta espécie invasora.

1.1.2 Objetivos Específicos

Estimar os parâmetros populacionais descritos abaixo:

- Crescimento somático individual;
- Taxa de Mortalidade;
- Variação da densidade populacional;
- Longevidade;
- Período de recrutamento;
- Produção secundária
- Biomassa
- Taxa de renovação

1.2 Área de estudo

A Lagoa Rodrigo de Freitas (22°57'02" - 22°58'09" S e 43°11'09" - 43°13'03" W, figuras 3 e 4) é um corpo d'água lântico urbano, de clima tropical com estação seca de inverno, segundo KOTTEK et al. (2006). A lagoa foi formada a partir de correntes marinhas que durante milhares de anos construíram um banco de areia do Arpoador ao Vidigal, que ao se fechar passou a represar as águas que desciam da serra formando uma lagoa, sazonalmente a água se acumulava até romper parcialmente a barreira de areia isto permitia a troca de água com o mar (RIOÁGUAS 2013). A lagoa é atualmente conectada ao mar pelo canal do Jardim de Alah, que desemboca entre as praias de Ipanema e Leblon, na zona sul da cidade do Rio de Janeiro. A lagoa recebe água doce do Rio dos Macacos, Rio Cabeça e do Rio Rainha (com o deságue sendo controlado por um sistema de comportas). O grande aporte de matéria orgânica e dejetos na Lagoa vem principalmente destes rios e a mistura da água advinda dos rios e do mar faz com que a sua salinidade se mantenha numa faixa de 15 a 16 ppm (RIOÁGUAS 2013), assim caracterizando um ambiente estuarino lagunar mesohalino (THE VENICE SYSTEM 1958). As características morfométricas da Lagoa Rodrigo de Freitas são: espelho d'água de 2,0 km²; 7,5 km de perímetro; profundidade média de 2,8 m; máxima de 4,0 m; volume de 6.200.000,0 m³ e tempo de residência da massa d'água podendo chegar a mais de 365 dias por conta da baixa troca da lagoa com o mar, dependendo da distância com o canal do Jardim de Alah (SOARES 2012). São de conhecimento público as mortandades de peixes na lagoa em eventos recorrentes de baixa oxigenação da água, já que se trata de um ambiente altamente eutrófico em decorrência do elevado despejo de matéria orgânica dos rios supracitados (SOARES 2012). O ecossistema da Lagoa Rodrigo de Freitas tem sido afetado pela poluição, esta principalmente, por conta da entrada de metais pesados e outros contaminantes que entram no corpo d'água e ao decantarem no fundo da lagoa acabam por afetar a biota lagunar (CORRÊA et al. 2003).



Figura 3. Mapa do Brasil. Localização da Lagoa Rodrigo de Freitas no Rio de Janeiro, Brasil. Mapa confeccionado a partir de imagens públicas da Wikipédia e do Google Earth.



Figura 4. Mapa da área de estudo com os quatro pontos de coleta localizadas na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro. Brasil.

2 Material e métodos

2.1 Procedimentos de campo

Foram feitas coletas mensais durante um ano (março de 2016 a março de 2017) em quatro pontos distribuídos ao longo da margem da lagoa e identificados por numeração sequencial como P1, P2, P3 e P4 (Figura 4). Devido à realização da edição dos Jogos Olímpicos com sede no Rio de Janeiro no ano de 2016, houve a interdição do acesso para o uso público da Lagoa durante os meses de julho e agosto. Para compensar a ausência de amostragens nesses dois meses foram realizadas duas coletas no mês de novembro, uma no início do mês e outra no final, nos dias 04 e 25 de novembro. Os pontos foram previamente selecionados levando em consideração a presença de substrato consolidado, de agregados do falso mexilhão *Mytilopsis leucophaeata* e facilidade de acesso, e são espaçados entre si a cerca de um quilômetro, considerando o perímetro total da lagoa de aproximadamente 7,5 km. Os indivíduos de *Mytilopsis leucophaeata* foram coletados em cada um dos pontos de amostragem com o auxílio de um amostrador quadrado (0,04 m²), em triplicata, através da raspagem do substrato com o uso de espátula (Figura 5). Os indivíduos coletados foram acondicionados em sacos plásticos previamente etiquetados e transportados ao laboratório onde foram armazenados e, inicialmente, conservados em freezer (-20 °C). Os Parâmetros da água foram mensurados em todos os pontos de coleta e em todas as expedições de coleta. Os parâmetros mensurados foram os seguintes: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade da água, clorofila *a* e pH, utilizando uma sonda multiparamétrica YSI SERIE 6 - 6920 V2-4.

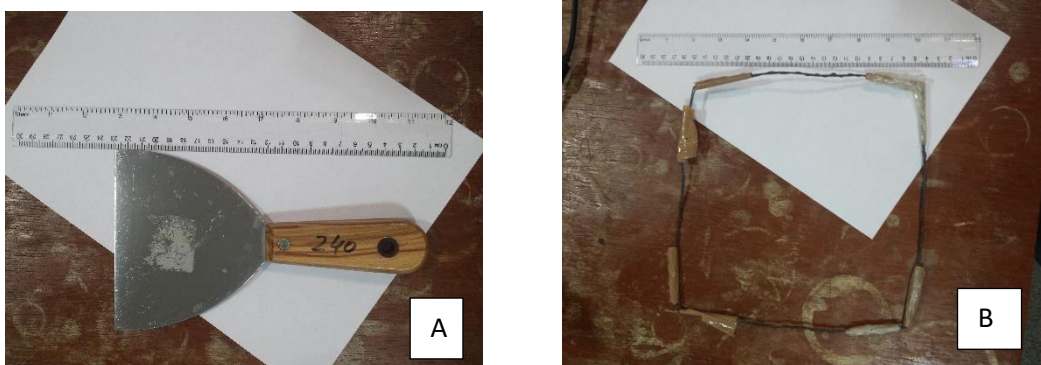


Figura 5. A - Espátula, B - Amostrador quadrado (0,04 m²). Escala: régua de 30 cm.

O Ponto 1 (Figura 6) é próximo ao início do canal de Alah e fica antes do clube do Caiçaras (22°58'45,9" S 43°12'54,8" W), este ponto é caracterizado por um píer de madeira onde os indivíduos de *Mytilopsis leucophaeata* ficam incrustados, abaixo dele, em algumas rochas. Uma característica relevante do ponto é a presença regular de bancos de *Ruppia maritima* próximo ao píer. *Mytilopsis leucophaeata* ficam incrustados no píer de madeira num nível pouco abaixo da linha d'água.



Figura 6. Ponto 1 (P1) na Lagoa Rodrigo de Freitas.

O Ponto 2 (Figura 7) fica no parque dos patins ao lado da colônia de pescadores (22°58'21,0" S 43°12'57,2" W) e é caracterizado por uma camada de algas vermelhas e verdes associadas ao aglomerado de *Mytilopsis leucophaeata*. O ponto é influenciado pelo aporte de água do rio dos Macacos. *Mytilopsis leucophaeata* ficam incrustados no píer de madeira e em rochas submersas.



Figura 7. Ponto 2 (P2) na Lagoa Rodrigo de Freitas.

O Ponto 3 (Figura 8) fica próximo à sede Náutica do Clube de Regatas Vasco da Gama ($22^{\circ}57'48,4''$ S $43^{\circ}12'34,9''$ W), num píer de madeira. Nesta área há um desembocador de águas pluviais.



Figura 8. Ponto 3 (P3) na Lagoa Rodrigo de Freitas.

O Ponto 4 (Figura 9) fica em um píer conhecido e utilizado pelos moradores como recreação onde eles usam o espaço para o embarque em pedalinhos ($22^{\circ}58'31,2''$ S $43^{\circ}12'05,3''$ W), este espaço fica ao lado do parque do Cantagalo. Neste ponto *Mytilopsis leucophaeata* ocupam o espaço junto com cracas e há presença de outros crustáceos tais como caranguejos e anfípodas.



Figura 9. Ponto 4 (P4) na Lagoa Rodrigo de Freitas.

2.2 Bancada

Para aferir a densidade total para cada ponto foi feita a contagem dos indivíduos de *Mytilopsis leucophaeata* presentes em cada amostra e, logo após, procedeu-se a fixação em álcool 70% desses indivíduos. Posteriormente, as amostras foram triadas e os indivíduos de *Mytilopsis leucophaeata* tiveram seus comprimentos aferidos com o auxílio de um paquímetro digital de 0,01 mm de acurácia e esses dados foram agrupados em classes de comprimento com intervalos de 1 mm. Para a estimativa da relação peso vs. comprimento, foi realizada a separação das partes moles da concha e a secagem das partes moles em estufa a 70°C por 24h. Logo após, as amostras foram pesadas em balança analítica de precisão (SHIMADZU AY220; Máx. 220g, Mín. 0,01g e d = 0,1 mg) e depois foram incinerados em forno mufla a 400 °C por 4 horas e em seguida foram novamente pesados. A diferença entre as duas pesagens correspondeu ao peso seco livre de cinzas, expresso em gramas (gPSLC).

2.3 Análises dos dados

2.3.1 Análise estatística

Foi feita uma ANOVA bifatorial entre os parâmetros da água e abundância mensal, considerando como fatores de variação os meses amostrados e as estações de coleta. O teste de Tukey foi utilizado como teste a posteriori (ZAR 2009). Todos esses procedimentos foram realizados no programa STATISTICA 7.0. Para determinar a relação entre a densidade de *Mytilopsis leucophaeata* (convertida em \log_{10}) e cada um dos parâmetros da água foram realizadas regressões lineares simples empregando o programa BIOSTAT 5.0.

2.3.2 Dinâmica populacional

2.3.2.1 Crescimento

O modelo de Von Bertalanffy com modificação sazonal (GAYANILLO et al. 2005) foi adotado para descrever o crescimento de *Mytilopsis leucophaeata* e é descrito pela equação:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0) + (KC/2\pi)\sin 2\pi(t-WP) - (KC/2\pi)\sin 2\pi(t_0-WP)}]$$

onde L_∞ é o comprimento assintótico, t_0 é a idade de *Mytilopsis leucophaeata* no instante zero, WP é o tempo em que o crescimento é mínimo, K é o parâmetro da curvatura e o C é o parâmetro que reflete a intensidade da oscilação sazonal.

Para o cálculo do índice de desempenho do crescimento (\emptyset') foi utilizada a seguinte equação:

$$\emptyset' = \text{Log}_{10}K + 2 * \text{Log}_{10}L_\infty$$

onde K e L_∞ são parâmetros do modelo de Von Bertalanffy.

Os parâmetros: L_∞ , K , C e WP foram estimados através da sub-rotina ELEFAN I ("Electronic Length Frequency Analysis") pelo FISAT 1.22 ("FAO-ICLARM Stock Assessment Tools") (GAYANILO et al. 2005).

- Recrutamento e Mortalidade

O recrutamento foi calculado pelo FISAT 1.22, a partir das frequências de comprimento mensais pela sub-rotina (padrão de recrutamento).

A mortalidade foi calculada pelo método da curva de captura convertida em comprimento (PAULY 1995) utilizando-se o programa FISAT 1.22 (GAYANILO et al. 2005), com base na seguinte equação:

$$N_t = N_0 * e^{-Z * t}$$

$$\ln(N_t) = \ln(N_0) - Z * t \text{ (forma linearizada - análoga à equação da reta),}$$

onde N_0 = número de indivíduos no tempo zero; N_t = número de indivíduos da classe de comprimento j ; t_i = idade da classe de comprimento i e Z corresponde ao coeficiente angular da reta (= mortalidade).

2.3.2.3 Longevidade

A expectativa de vida foi estimada por meio da equação invertida de Von Bertalanffy, descrita abaixo, considerando como tamanho máximo (L) o maior indivíduo obtido no decorrer do estudo:

$$t = t_0 - 1/K * \ln(1 - L / L_{\infty})$$

2.3.2.4 Relação peso-comprimento.

A partir da relação entre o comprimento da concha e os valores médios do peso seco livre de cinzas (PSLCg, matéria orgânica) para cada uma das classes de tamanho foi construída a relação peso-comprimento, com os dados convertidos em logaritmo na equação:

$$\text{Log}W = a + b * \text{Log}L,$$

onde W é a média do peso seco livre de cinzas (g) e L é o comprimento da concha (mm).

2.3.3 Biomassa, Produção secundária e Taxa de Renovação

A partir do método de Crisp (1984) foi mensurada a produção secundária, a biomassa e a taxa de renovação. O método de Crisp consiste na taxa de crescimento peso-específico. Este método é calculado através da soma do incremento da massa em uma coorte identificável em um tempo determinado, menos a perda de biomassa através da mortalidade neste mesmo período. Utilizando-se os dois, a soma do incremento e a perda pela mortalidade podem ser encontradas a biomassa total da população dentro do período estudado e a produção desta população.

A biomassa anual é calculada pela equação:

$$B = \sum \sum f_i * w_i * \Delta t,$$

onde f_i é a média anual de indivíduos em cada classe de comprimento i , Δt é o tempo que cada indivíduo permanece em cada classe de comprimento e w_i é a média da massa individual por classe de comprimento.

A produção secundária foi calculada por meio da equação:

$$P = \sum \sum f_i * G_i * w_i * \Delta t,$$

onde, f_i é a média anual de indivíduos em cada classe de comprimento i , G_i é a taxa de crescimento massa específica em cada classe de comprimento i , w_i é a média da massa individual por classe de comprimento, Δt é o intervalo de tempo.

A taxa de crescimento massa específica (G_i) é calculada pela equação:

$$G_i = \frac{\ln W_{i+1} - \ln W_i}{t(i+1 - i)}.$$

A taxa de renovação P/B (produção/biomassa) foi obtida através da razão entre as estimativas de Produção (P) e Biomassa (B).

3 Resultados

3.1 Caracterização ambiental

3.1.1 Parâmetros da água

A Tabela 1 exibe os valores dos parâmetros da água verificados para a Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período de estudo. A maioria dos parâmetros (temperatura, condutividade, salinidade, pH e oxigênio dissolvido) exibiram variação discreta ao longo dos meses; enquanto para clorofila *a* e turbidez foram detectadas maiores variações. A salinidade, temperatura e condutividade tiveram um pico nos meses correspondentes ao verão (janeiro a março), enquanto a clorofila *a* teve dois picos em meses distintos da primavera (setembro e dezembro).

Tabela 1. Variação dos parâmetros da água na Lagoa Rodrigo de Freitas para o período entre março de 2016 e março de 2017.

Parâmetros	Mínimo	Máximo	Média (\pmDP)
Temperatura (°C)	21,66	31,05	27,33 (3,17)
Condutividade (μS/cm)	28,08	36,72	33,20 (3,28)
Salinidade (ppm)	8,48	20,71	15,91 (4,04)
pH	6,75	9,76	8,21 (0,62)
Turbidez (NTU)	0,00	73,56	12,63 (12,63)
Clorofila <i>a</i> (μg/L)	1,06	73,66	15,16 (14,17)
Oxigênio dissolvido (mg/L)	0,35	12,04	5,27 (2,56)

A ANOVA bifatorial para a densidade de *Mytilopsis leucophaeata* exibiu diferenças significativas somente entre as estações de coleta ($F = 5,7085$; $p = 0,0029$) enquanto para os diversos parâmetros da água (temperatura, salinidade, etc.) foram observados somente diferenças significativas entre os meses (Tabela 2).

O pós-teste Tukey HSD realizado entre a densidade e os pontos de coleta constatou que existem três grupos distintos espacialmente na Lagoa Rodrigo de Freitas, onde o P2 e P3 foram às estações com as maiores densidades, a estação P4 teve uma densidade intermediária e o P1 teve a menor densidade (Tabela 3). Para os parâmetros da água os resultados do pós-teste Tukey HSD são apresentados em anexo.

Tabela 2. ANOVA. Relação entre a variação da densidade e os parâmetros da água entre os meses e os pontos de coleta. Ns - não significativo ($p > 0,05$), # - significativo ($p < 0,05$), * - altamente significativo ($p < 0,001$).

Fatores	Graus de liberdade	F	p
Densidade			
Pontos de coleta	3	5,7085	0,0029#
Meses	11	1,6121	0,141 ^{ns}
Temperatura			
Pontos de coleta	3	1	0,4014 ^{ns}
Meses	11	430,1	0,0000*
Salinidade			
Pontos de coleta	3	0,6	0,5972 ^{ns}
Meses	11	1821,7	0,0000*
Turbidez			
Pontos de coleta	3	0,62261	0,60542 ^{ns}
Meses	11	2,87782	0,009225*
Condutividade			
Pontos de coleta	3	1	0,410731 ^{ns}
Meses	5	591,6	0,000000#
Clorofila <i>a</i>			
Pontos de coleta	3	1,049	0,383919 ^{ns}
Meses	11	85,342	0,000001*
Oxigênio dissolvido			
Pontos de coleta	3	1,435	0,250213 ^{ns}
Meses	11	3,3329	0,003582#
pH			
Pontos de coleta	3	0,48	0,696475 ^{ns}
Meses	11	11,67	0,000000*

Tabela 3. Pós-teste Tukey HSD. Análise das diferenças na densidade de *Mytilopsis leucophaeata* entre as estações de coleta. Números abaixo dos pontos de coleta representam os valores médios da densidade, linhas horizontais representam a ausência de diferenças significativas.

Densidade			
P1	P4	P2	P3
21.049	26.801	33.996	37.011

3.1.2 Variação na densidade

Mytilopsis leucophaeata apresentou dois picos de densidade (Figura 10); o primeiro no inverno no mês de junho e o segundo pico estendeu-se desde o final da primavera (dezembro) até o verão (janeiro, fevereiro e março).

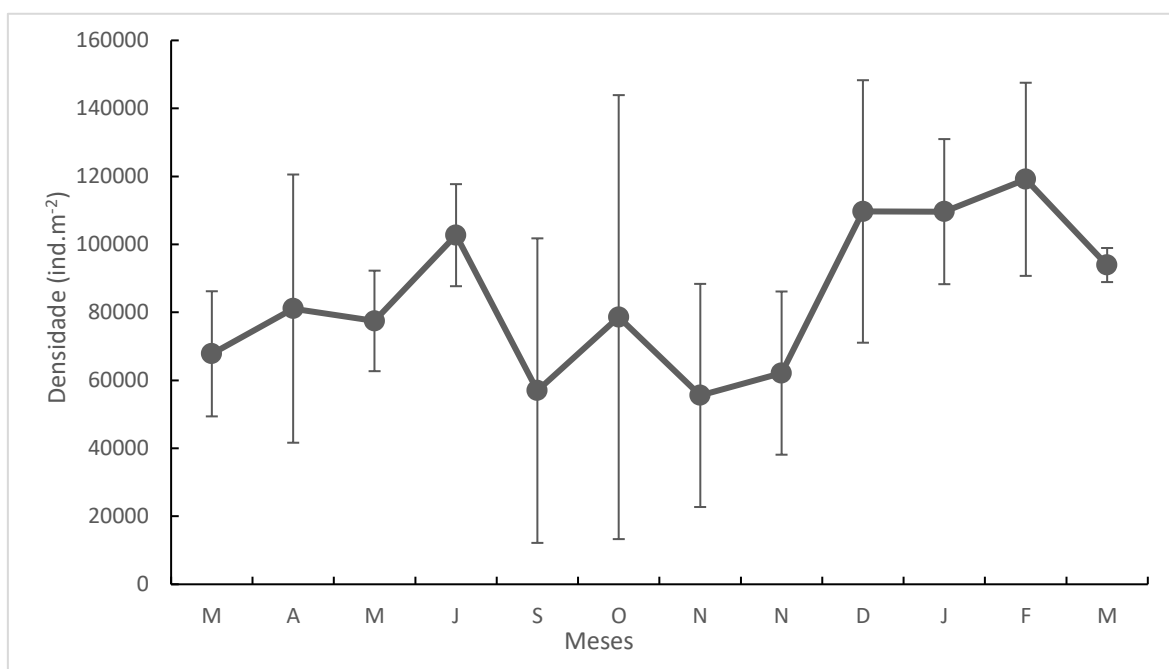


Figura 10. Variação na densidade (ind.m⁻²) de *Mytilopsis leucophaeata* na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017. Barras verticais representam o desvio-padrão.

Regressões simples lineares (Tabela 4) entre os parâmetros ambientais (temperatura, salinidade, Ph, turbidez, clorofila *a* e oxigênio dissolvido) e a densidade de *Mytilopsis leucophaeata* não foram significativas ($p > 0,05$), exceto para o parâmetro condutividade o qual foi significativamente e positivamente correlacionado com a densidade de *M. leucophaeata* ($p < 0,05$).

Tabela 4. Resultados das análises de regressão linear simples entre a densidade de *Mytilopsis leucophaeata* e os parâmetros da água na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017. Legenda: ns - não significativo ($p > 0,05$); * - significativo ($p < 0,05$).

Parâmetro	a	b	r
Densidade <i>Mytilopsis leucophaeata</i> (em Log₁₀)			
Temperatura (°C)	4,52	0,01	0,18 ^{ns}
Condutividade (µS/cm)	4,11	0,02	0,44*
Salinidade (ppm)	4,7	0,01	0,19 ^{ns}
pH	5,59	-0,08	0,24 ^{ns}
Turbidez (NTU)	4,8	0,00	0,25 ^{ns}
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	4,92	-0,00	0,18 ^{ns}
Oxigênio dissolvido (mg/L)	4,99	-0,02	0,25 ^{ns}

3.2 Crescimento

Os parâmetros de crescimento (Figura 12) estimados indicam crescimento relativamente lento ($K = 0,4$), com moderada oscilação sazonal ($C = 0,6$), a qual ocorreu no mês de junho ($WP = 0,5$; com $WP = 0,5 \cdot 12 = 6$). O comprimento assintótico (L_{∞}) foi de 35,8 mm enquanto o maior indivíduo capturado ao longo do estudo foi de 31,7 mm. A longevidade (t_{max}) para *Mytilopsis leucophaeata* foi estimada em 5,42 anos a partir do maior indivíduo encontrado. O índice de desempenho de crescimento (ϕ') foi 2,71. O pico no recrutamento (Figura 11) ocorreu no mês de setembro.

A distribuição de frequências para *Mytilopsis leucophaeata* (Figura 13) indicou presença regular das classes de comprimento menores (<10 mm). As classes de comprimento de 1 a 25 mm tiveram ocorrência regular em todo o período de estudo; já as classes com mais de 25 mm, apesar de terem ocorrido na maioria dos meses, foram raras ao longo do estudo. Foi notado nos primeiros meses de estudo (março - outubro) uma distribuição bimodal, a qual não foi novamente observada nos meses seguintes do estudo (novembro - março). O número amostral foi de 82.505 indivíduos no decorrer do estudo.

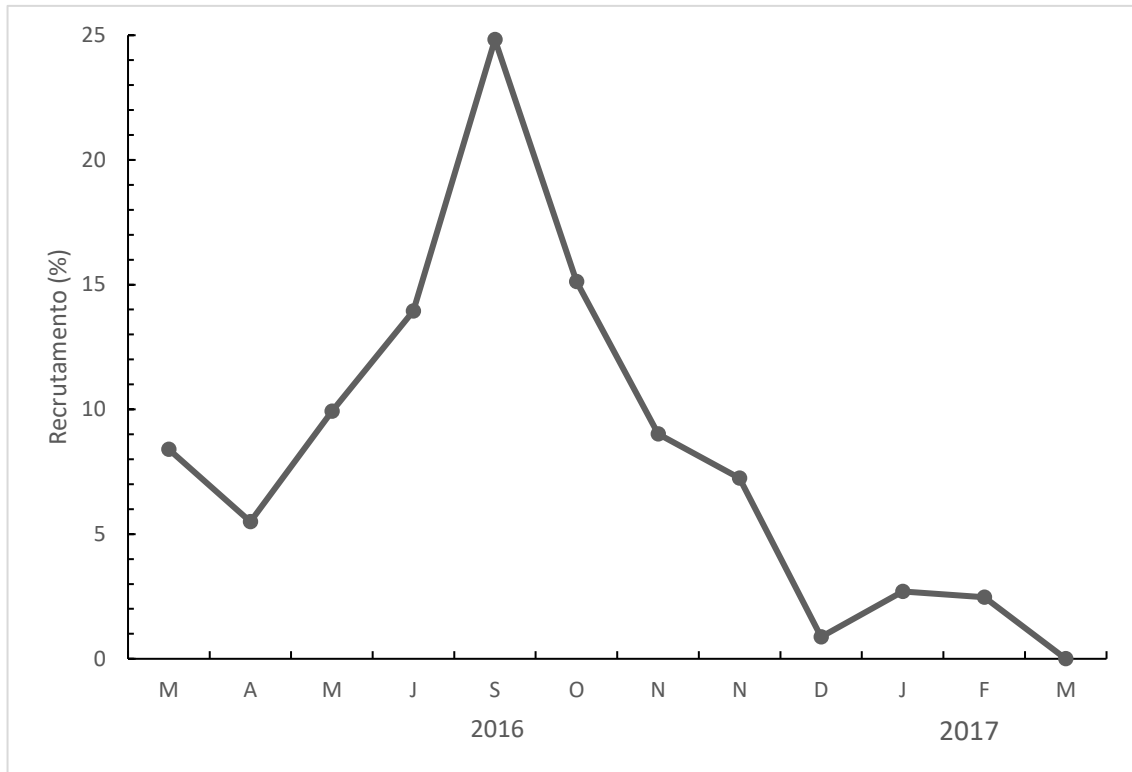


Figura 12 Recrutamento de *Mytilopsis leucophaeata* na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017.

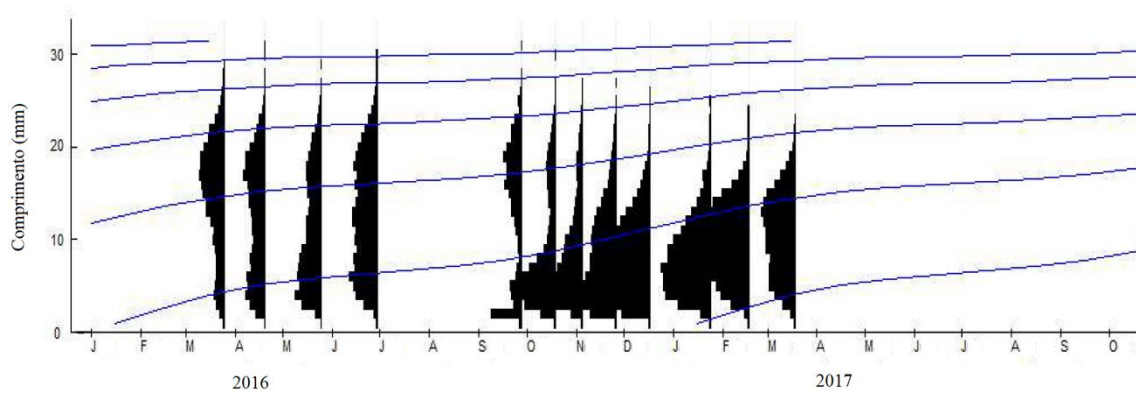


Figura 11 Crescimento de *Mytilopsis leucophaeata* na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017.

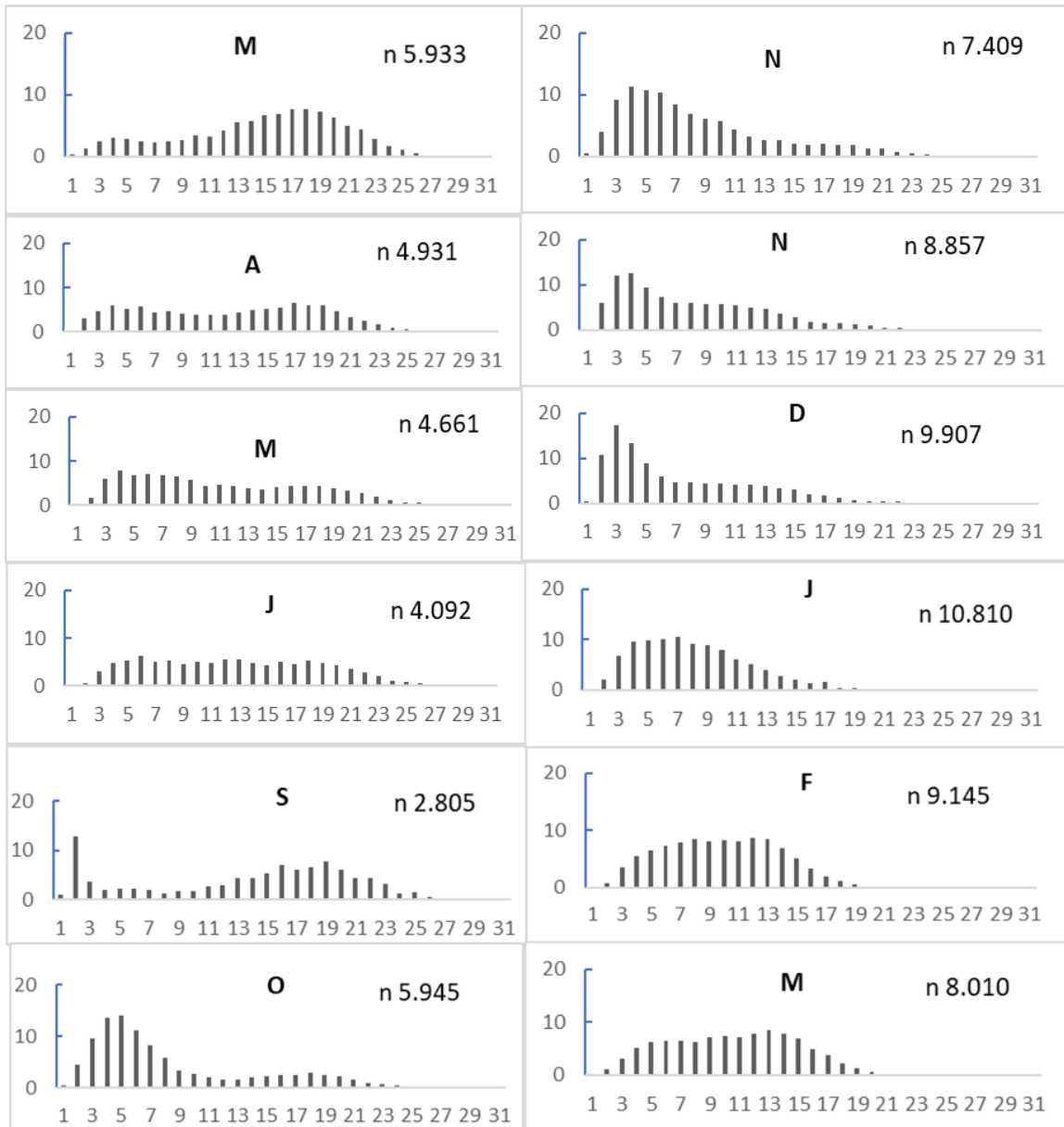


Figura 13. Distribuição de frequência das classes de comprimento de *Mytilopsis leucophaeata* na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017. Legenda: n = número de indivíduos, eixo X = classes de comprimento (1 - 31 mm) e eixo Y = frequência (0 - 20 %).

3.3 Mortalidade

A mortalidade (Z) foi de $2,62 \text{ ano}^{-1}$ (Figura 14).

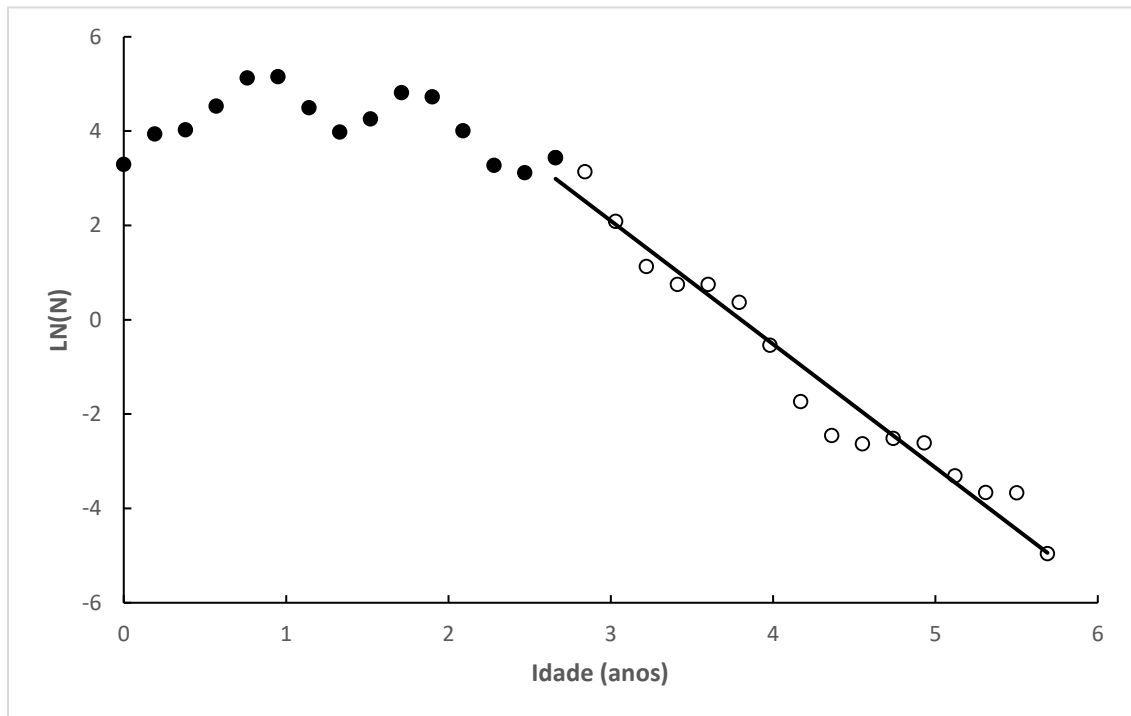


Figura 14. Curva de captura para *Mytilopsis leucophaeata* da Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017. A estimativa da mortalidade (Z) foi calculada baseada somente nos círculos sem preenchimento, aos quais foi ajustada a reta.

3.4 Relação Peso vs Comprimento, Biomassa, Produção secundária e taxa de renovação.

A relação peso x comprimento para *Mytilopsis leucophaeata* é apresentada na figura 15, tendo sido obtida a seguinte equação: $\text{Log Peso} = -12,898 + 3,0092 * \text{Log Comprimento}$ ($n = 12.248$, $r = 0,82$ $p < 0,001$). A biomassa (B) total de *Mytilopsis leucophaeata* foi de 1,2 gPSLC m^{-2} durante o ano de estudo, a produção (P) foi de 3,0 gPSLC $\text{m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ e a taxa de renovação (P/B) foi de 2,50 ano^{-1} .

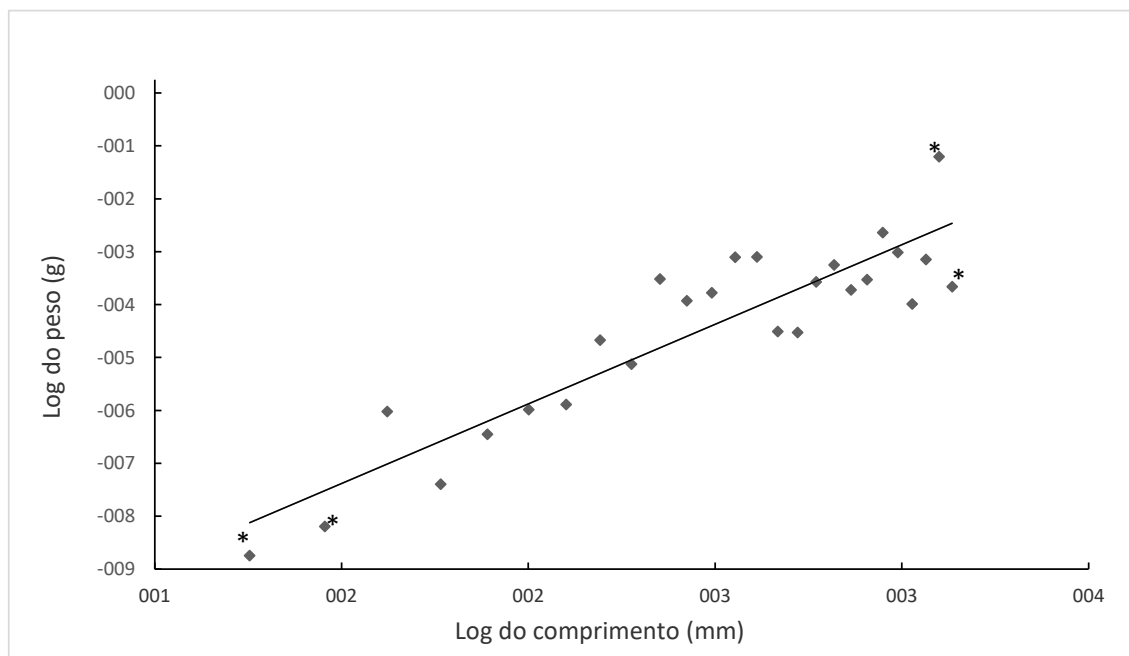


Figura 15. Relação Peso vs. Comprimento de *Mytilopsis leucophaeata* na Lagoa Rodrigo de Freitas durante o período entre março de 2016 e março de 2017. Os valores de peso foram expressos como o peso médio dos indivíduos de uma mesma classe de comprimento, exceto para as classes marcadas com asterisco. A linha representa o modelo linear ajustado aos dados ($\text{Log Peso} = -12,898 + 3,0092 * \text{Log Comprimento}$).

4. Discussão

No decorrer do estudo os parâmetros temperatura e salinidade apresentaram padrões sazonais bem marcados. A temperatura durante o inverno foi 21,81 °C e no verão na faixa de 30,08 - 30,64 °C. Os meses de maio a setembro apresentaram temperaturas bem mais baixas do que os meses de dezembro a março com uma diferença de 8,55 °C entre as duas estações (quente-úmido e seco-chuvoso). SOARES (2012) ao monitorar por 10 anos a Lagoa Rodrigo de Freitas (2001 - 2010) obteve temperaturas mais baixas do que as verificadas neste estudo (28,0 °C no verão). Por outro lado, no inverno a temperatura do trabalho atual foi levemente inferior à verificada no trabalho de SOARES (2012: 22,0 °C). A diferença sazonal entre verão e inverno foi verificada por SOARES (2012) e confirmada no presente estudo para a lagoa, contudo a diferença de temperatura entre as duas estações (5,0 °C) foi menor do que o do presente estudo, o que sugere um aquecimento gradual da coluna d'água na última década (2010 - presente).

A salinidade teve valores mais baixos nos primeiros meses do período (março - setembro) e mais altos nos últimos meses do período (outubro - março) com um pico em fevereiro (20,68 ppm), tal padrão sugere uma sazonalidade para a salinidade igual ao que ocorre para a temperatura. Analisando-se os dois parâmetros (temperatura e salinidade) notou-se uma relação inversamente proporcional entre eles onde altas temperaturas correspondiam a baixas salinidades; contudo este padrão só foi discernível nos meses de março a setembro de 2016 em conformidade com o observado por SOARES (2012). Nos meses de outubro a março de 2017, houve um aumento na salinidade diretamente associado com um aumento na temperatura, com um pico nos meses de janeiro a março de 2017 (verão e início de outono). Tal padrão foi discordante do observado por SOARES (2012). Houve um aumento contínuo da salinidade nos meses amostrados, contudo esse aumento foi mais expressivo depois do mês de setembro logo após as competições realizadas na Lagoa Rodrigo de Freitas como parte dos Jogos Olímpicos de 2016.

O oxigênio dissolvido na maior parte do período apresentou valores abaixo de 5,00 mg.L⁻¹ e em apenas uma ocasião o valor foi acima de 7,50 mg.L⁻¹ atingindo 9,41 mg.L⁻¹. Durante metade do período amostrado foram observados valores de oxigênio dissolvido abaixo de 5,00 mg.L⁻¹ (maio, junho, outubro, dezembro, janeiro e fevereiro) sendo que no mês de junho o oxigênio dissolvido se aproximou de condição hipóxia (< 3,00 mg.L⁻¹).

Mytilopsis leucophaeata tolera uma ampla faixa de salinidade (adulto 0,1 - 31,0 ppm, larva 3,0 - 22,0 ppm; VERWEEN 2010) e de temperatura (5,0 - 35,0 °C, RAJAGOPAL 2005), estas características permitiram a colonização da Lagoa Rodrigo de Freitas desde sua detecção (RIZZO et al. 2014) até o período atual. A temperatura média na Lagoa (durante o estudo) permaneceu abaixo do valor no qual *Mytilopsis leucophaeata* começa a apresentar declínio na atividade fisiológica (27,5 °C; VERWEEN 2010), além disso *M. leucophaeata* é capaz de suportar as variações de salinidade e temperatura da Lagoa. VERWEEN (2006) comenta o caráter euritérico de *Mytilopsis leucophaeata*, onde este teve crescimento desacelerado mesmo quando exposto a temperaturas abaixo de 6,5 °C em contraste com *Dreissena polymorpha*, cujo limite para o crescimento é entre 6,0 - 10,0 °C (VAATE 1991; MACKIE 1991; JANTZ & NEUMANN 1992; SMYLIE 1994). Os parâmetros: salinidade ($r^2 = 0,08$; $p = 0,51$) e temperatura ($r^2 = 0,53$; $p = 0,10$) são fatores que não explicam as altas densidades (Tabela 5), nas quais *Mytilopsis leucophaeata* ocorre nas localidades onde não é nativo em relação as áreas nativas.

VERWEEN et al. (2006) verificou que *Mytilopsis leucophaeata* reproduz no período final de maio até setembro - outubro na Europa. Já GAAG et al. (2017) sugerem que o recrutamento de *Mytilopsis leucophaeata*, também na Europa, sempre ocorreu em julho ou agosto. Tais observações reforçam o caráter de recrutamento descontínuo e assíncrono para *Mytilopsis leucophaeata*. Por outro lado, no Brasil *Mytilopsis leucophaeata* recrutou quase o ano inteiro (exceto março de 2017), diferentemente das populações europeias, o que denota um comportamento descrito para populações de áreas tropicais onde o fator sazonalidade não afeta de forma tão notável quanto em regiões temperadas o recrutamento/reprodução (GADELHA et al. 2017). Portanto a manutenção desta espécie na lagoa e sua ocorrência em altas densidades, advém de sua capacidade de recrutar quase continuamente ao longo do ano e por conta do ambiente da Lagoa Rodrigo de Freitas oferecer ótimas condições ambientais para o estabelecimento e manutenção de *Mytilopsis leucophaeata*.

Tabela 5. Registros de Densidade (ind.m⁻²) para *Mytilopsis leucophaeata* em diferentes localidades. Legenda: * valor médio. Salinidade (ppm). Temperatura (°C).

Densidade	Localidade	Salinidade	Temperatura	Nativo	Fonte
84.560*	Lagoa Rodrigo de Freitas, Brasil	15,91*	27,33	Não	PRESENTE ESTUDO
1-3.200	Rio Hudson, EUA	0,0 - <10,0	1,0 - 28,0	Sim	MENZIE 1980, WALTON 1996, STRAYER & MALCOM 2007
1-1.000	Rio James, EUA	0,0 - <10,0	0,0 - 30,0	Sim	JORDAN & SUTTON 1984, LARSEN 1985
0-900	Lago Pontchartrain, EUA	1,5 - 5,1	–	Sim	BRAMMER et al. 2007
6,5 x 10⁶	Amsterdã, Europa	–	–	Não	RAJAGOPAL et al. 1995
28.000	Golfo da Finlândia, Europa	4,3	5,0 - 25,0	Não	LAINE et al. 2006
204.000	Canal do mar do Norte, Europa	3,2 - 9,2	4,5 - 23,9	Não	GAAG et al. 2017

O maior indivíduo de *Mytilopsis leucophaeata* coletado na Lagoa Rodrigo de Freitas mediu 31,7 mm enquanto o comprimento assintótico foi estimado em 35,8 mm. Essas dimensões são bem superiores aos maiores tamanhos encontrados ao longo das áreas de ocorrência da espécie (Tabela 6), entre elas, América do Norte (25,2 mm; KENNEDY 2011), localidade onde é nativa, e Europa (27 mm; GITTENBERGER 1998). Com relação à estrutura de tamanhos da população, pode-se abordar a questão de dois modos distintos, por meio das respostas locais e por meio de respostas em larga escala, associadas a processos macroecológicos.

No estudo realizado na Lagoa Rodrigo de Freitas, não foram encontrados indivíduos com um comprimento de concha superior a 25,0 mm na maioria dos meses (nove dentre 12 meses) (Figura 13). A raridade de indivíduos maiores que 25,0 mm em populações de *Mytilopsis* foi relatada por alguns autores (MORTON 1989, FREITAS & SOUZA 2015, GAAG et al. 2017). Sugere-se que o significado ecológico deste padrão de distribuição dos

indivíduos na população, é o fato de *Mytilopsis leucophaeata* ocupar o ambiente em macroaglomerados compactos, onde indivíduos mais velhos são cobertos por vários indivíduos mais jovens de tamanhos menores, acabando por estes sufocarem os indivíduos mais antigos da população, limitando a sobrevivência e por conta disso a ocorrência de indivíduos maiores que 25,0 mm.

Uma outra maneira de compreender a estrutura de tamanhos é por meio da influência de fatores macroecológicos, como a latitude. Com relação a isso, é presumido que os peçilotérmicos marinhos que habitam as águas mais frias em latitudes superiores crescem mais lentamente, atingem tamanhos maiores, e vivem mais tempo do que os indivíduos de mesmas espécies ou intimamente relacionadas de águas mais quentes - Lei de Bergmann (DEHNEL 1955; RAY 1960; FONSECA, VELOSO & CARDOSO 2000). A Figura 16 apresenta dados compilados da literatura sobre o comprimento máximo da concha e latitude das localidades para espécies do gênero *Mytilopsis* e pode-se observar que a regressão não apresentou significância estatística ($p > 0,05$) e, conseqüentemente, os dados de comprimento e latitude não apresentaram uma relação significativa entre si. Na literatura há, além dos casos do registro da lei de Bergmann, os casos em que se registrou o inverso da lei de Bergmann (ERLINGE 1987; CONOVER 1990; CHOWN & GASTON 2010; ARNETT & GOTELLI 2003) e, ainda, aqueles onde não se registrou nenhuma relação entre as variáveis comprimento e latitude (como no caso do presente estudo e nos trabalhos de ADAMS & CHURCH 2008, NUNES et al. 2017). BLACKBURN et al. (1999) concluíram que a lei de Bergmann possui uma falha que a torna parcialmente válida, ao tentar explicar as variações de tamanho observadas dentro de espécies do mesmo grupo monofilético (gênero e família). A lei de Bergmann tem como principal hipótese de fator de variação a temperatura, excluindo outros mecanismos subjacentes, que podem também interferir na história de vida do organismo. Existem outras hipóteses para explicar a lei supracitada (habilidade de migração, disponibilidade de recursos e resistência à fome) cujo poder de resolução ainda está em debate. GROSHOLZ & GREGORY (2003) argumentaram que espécies exóticas têm uma tendência a um aumento no tamanho corporal em relação aos organismos da mesma espécie em localidades nativas. Já PARSONS (1977) comentou que espécies de ampla distribuição, resultante de dispersão e colonização, refletem diretamente nas variações latitudinais, da história de vida do organismo as diferentes relações entre o genótipo e os parâmetros ambientais. Tal fenômeno foi observado no presente estudo, onde *Mytilopsis leucophaeata* presente em áreas não nativas é maior do que os da área nativa (Tabela 6). A

variação genotípica foi descrita por FERNANDES et al. (2018) para *Mytilopsis leucophaeata* como também sendo maior em áreas não nativas quando comparadas as áreas nativas. Tais fenômenos, grande variação genotípica e plasticidade fenotípica podem explicar o fato de *Mytilopsis leucophaeata* não seguir a regra de Bergmann.

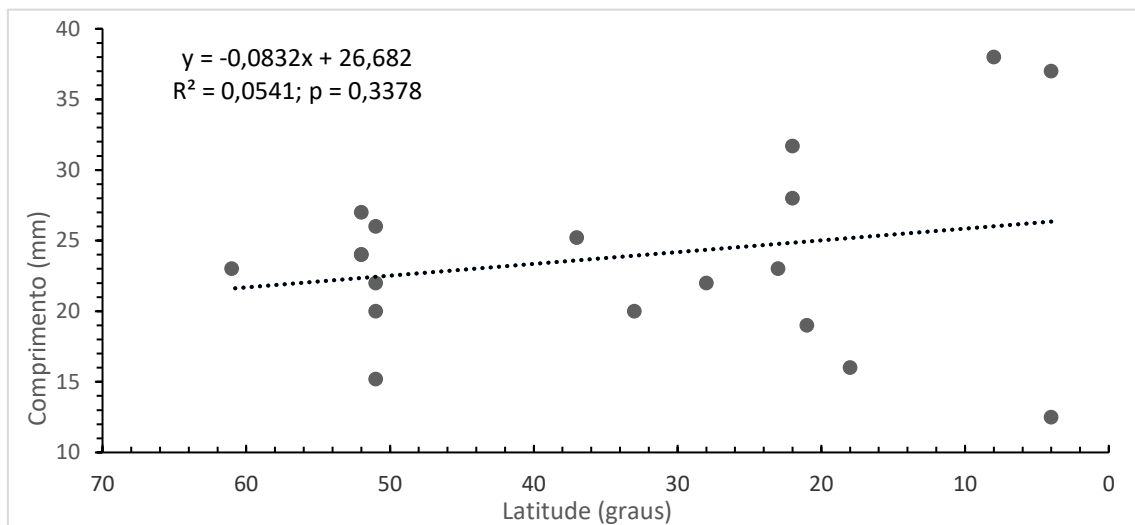


Figura 16. Relação entre o comprimento máximo para o gênero *Mytilopsis* e a distribuição latitudinal. Foram utilizados para essa relação os dados constantes na Tabela 6 e 7 e adicionalmente os seguintes registros: *Mytilopsis* cf. *sallei*: Recife, Brasil (FREITAS & SOUZA 2015); *Mytilopsis sallei*: Rio Shing Mun, Hong Kong, China (MORTON & LEUNG 2015); *Mytilopsis trautwineana*: Rio San Juan - Colômbia (TRYON 1866); *Mytilopsis adamsi*: Costa do Pacífico, México (SALGADO-BARRAGAN & TOLEDANO-GRANADOS 2006), *Mytilopsis domingensis*: Laguna San José, Porto Rico (PÉREZ et al. 2001) e *Mytilopsis lopesi*: Tucuruí, Pará, Brasil (ALVARENGA & RICCI 1989).

Tabela 6. Comprimento máximo de *Mytilopsis leucophaeata* para diversas localidades de acordo com a literatura.

Comprimento máximo	Localidade	Nativo	Autor
24,0	Amsterdã, (Holanda)	Não	VORTSMAN 1935
27,0	Holanda	Não	GITTENBERGER 1998
26,0	Bélgica	Não	VERWEEN 2006
22,0	Flórida (USA)	Sim	SIDDALL 1980
25,2	Baía de Chesapeake (USA)	Sim	KENNEDY 2011b
15,2	Estuário do rio Thames, (UK)	Não	BAMBER & TAYLOR 2002
20,0	Docas de Cardiff, (País de Gales)	Não	OLIVER et al. 1998
22,0	Schelde, Bélgica	Não	VERWEEN 2006
20,0	Estados Unidos (Costa Leste)	Sim	ABBOTT 1974, EMERSON & JACOBSON 1976
23,0	Suécia	Não	FLORIN et al. 2013
24,0	Canal do Mar do Norte, Países Baixos	Não	GAAG et al. 2017
19,0	Laguna de Tampamachoco, México	Sim	PÉREZ et al. 2012
31,7	Lagoa Rodrigo de Freitas, Brasil	Não	PRESENTE ESTUDO

A relação inversa entre comprimento máximo e taxa de crescimento não é corroborada pelas informações constantes da Tabela 7. É de se esperar que Bivalves com alta taxa de crescimento, apresentem pequena longevidade e atinjam menores comprimentos máximos e justamente o inverso para bivalves com baixa taxa de crescimento. Contudo, tanto para o comprimento máximo quanto para a longevidade, os dados compilados (L_{max} , L_{∞} , K) exibem padrão inverso ao descrito acima. *Mytilopsis leucophaeata* é ecologicamente análogo a *Dreissena polymorpha* possuindo histórias de vida similares (VERWEEN 2010), e por conta disso foi presumido se a relação inversa, já citada anteriormente, é válida quando comparada apenas as duas espécies. Diferentemente de *Dreissena polymorpha* (CONIDES et al. 1995), detentor de uma taxa de crescimento rápida ($k = 0,808$), *Mytilopsis leucophaeata* têm uma taxa de crescimento lenta ($k = 0,4$); tal caráter advém do fato deste bivalve não ser um invasor tão agressivo e rápido quanto *D. polymorpha* e, portanto, não é eficiente na colonização inicial do ambiente (VERWEEN 2010). A taxa de mortalidade ($z = 2,62 \text{ ano}^{-1}$) para *Mytilopsis leucophaeata* reflete seu hábito de vida (r-estrategista), sendo esta, maior do que o reportado para *Dreissena polymorpha* com uma mortalidade (z) de $2,15 \text{ ano}^{-1}$ (CONIDES et al. 1995).

A expectativa de vida estimada para *Mytilopsis leucophaeata* foi de 5,42 anos. Tal idade é levemente superior ao observado por VERWEEN (2006), com uma expectativa de vida de 5 anos e o observado por GAAG et al. (2017), onde este indica uma idade máxima de 4,5 anos. Apesar de anteriormente nesta discussão ter sido abordado a influência da latitude em atributos populacionais, no caso da expectativa de vida para *Mytilopsis leucophaeata* o fator latitudinal não parece exercer papel importante, tendo em vista a similaridade observada entre as diferentes populações. ABELE et al. (2009) comentaram que a longevidade de bivalves é controlada por diversos fatores (fisiologia, pool gênico e parâmetros ambientais), mas dentre estes, o parâmetro temperatura é o principal fator de controle da longevidade de bivalves. No caso das populações amostradas (presente estudo, VERWEEN 2006 e GAAG et al. 2017) a temperatura também não explicou de maneira significativa as variações na longevidade ($r^2 = 0,55$; $p = 0,47$) (Figura 17). Portanto necessitar-se-á futuros estudos afim de se conhecer melhor os fatores que controlam a longevidade em *Mytilopsis leucophaeata*.

Diversos autores documentaram a relação negativa entre a taxa de renovação (P/B), a massa corporal individual (BREY & CLARKE 1993; TUMBILOLO & DOWNING 1994) e entre a taxa de renovação e a longevidade (WATERS 1977; ROBERTSON 1979). Segundo

esses autores, populações com alta taxa de renovação (P/B) consistem de indivíduos pequenos, com rápida taxa de crescimento e expectativa de vida curta enquanto populações com baixas taxas de renovação (P/B) são constituídas de indivíduos grandes, com crescimento lento e expectativa de vida longa. Os valores de produção secundária e biomassa obtidos (3,0 gPSLC.m⁻².ano⁻¹ e 1,2 gPSLC.m⁻², respectivamente) podem ser considerados baixos quando comparados com estimativas para *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (SOUSA et. al 2008): 463,778 gPSLC.m⁻².ano⁻¹ e 160,651 gPSLC.m⁻², um bivalve invasor de ambientes dulciaquícolas. As altas taxas de renovação (P/B) observadas para *Corbicula fluminea* e *Mytilopsis leucophaeata* (2,89 e 2,50; respectivamente) não parecem estar relacionadas com as dimensões corporais e atributos de crescimento pouco contrastantes observados para ambas as espécies (*C. fluminea*, L_{max} = 41,8 mm; L_∞ = 49,8 e K = 0,68) (*M. leucophaeata*, L_{max} = 31,7 mm; L_∞ = 35,8 e K = 0,40). Por outro lado, ambas possuem registros de densidades extremamente elevadas nas localidades estudadas o que poderia explicar as altas estimativas de P/B.

Tabela 7. Comparação dos parâmetros de crescimento (Comprimento máximo obtido $L_{m\acute{a}x.}$, comprimento máximo teórico L_{∞} , taxa de crescimento K , índice de performance ϕ' e longevidade T_{max} em anos) entre diversas espécies da família Dreissenidae e os Bivalves invasores *Limnoperna fortunei* e *Corbicula fluminea*. Todos os dados de comprimento expressos em mm.

Espécie	$L_{m\acute{a}x.}$	L_{∞}	K	T_{max}	ϕ'	Referência
<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	31,7	35,8	0,40	5,4	2,71	PRESENTE ESTUDO
<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	24,0	-	-	4,5	-	GAAG et al. 2017
<i>Mytilopsis leucophaeata</i>	17,0	16,9	0,57	5,0	2,21	VERWEEN 2006
<i>Mytilopsis sallei</i>	28,0	-	-	1,8	-	MORTON 1969
<i>Mytilopsis cf. sallei</i>	38,0	-	-	-	-	FREITAS & SOUZA 2015
<i>Mytilopsis trautwineana</i>	37,0	-	-	-	-	TRYON 1866
<i>Congeria kusceri</i>	17,0	18,2	0,03	40,0	1,01	PULJAS 2014
<i>Dreissena polymorpha</i>	38,0	40,5	0,80	4,0	3,12	CONIDES 1995
<i>Limnoperna fortunei</i>	36	38,0	2,35	3,1	3,53	BELZ 2010
<i>Corbicula fluminea</i>	41,8	49,8	0,68	2 - 3	3,22	SOUSA et al. 2008

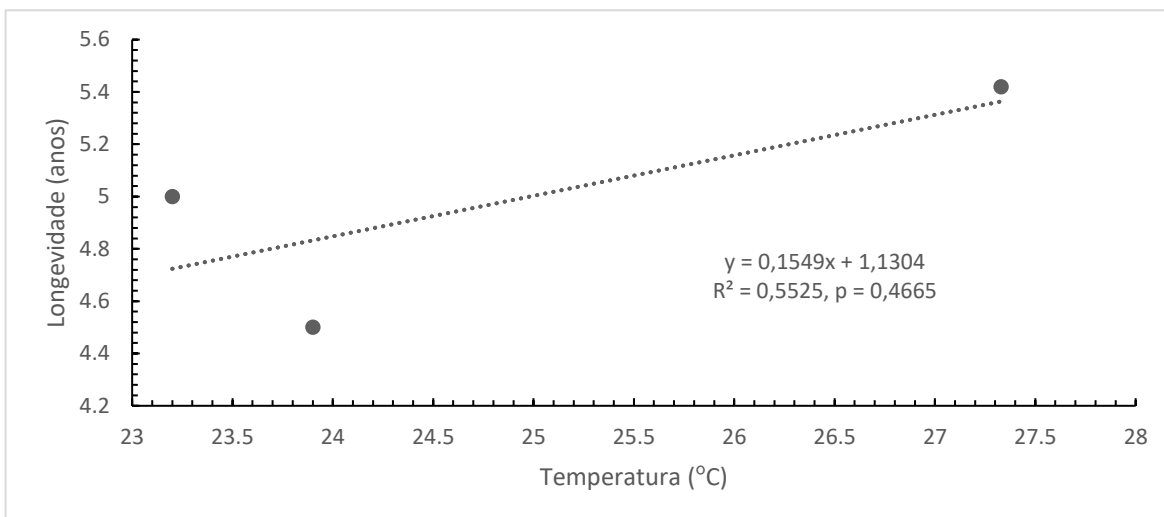


Figura 17 Relação entre a longevidade máxima para as populações de *Mytilopsis leucophaeata* e a temperatura em cada localidade reportada na literatura. Para a análise foi utilizada a maior temperatura reportada para cada localidade.

Mytilopsis leucophaeata têm potencial para se tornar uma perigosa praga em ambientes estuarinos brasileiros, primeiro por conta de sua história de vida e, segundo, por conta do transporte facilitado por embarcações. Não há conhecimento se *Mytilopsis leucophaeata* é vetor de doenças no Brasil, o que possivelmente o torna um organismo ainda mais perigoso, necessitando de controle. É recomendado que o manejo de *Mytilopsis leucophaeata* na Lagoa Rodrigo de Freitas seja feito através de remoção mecânica dos aglomerados nos meses de junho a setembro, no pico da sua fase de reprodução, afim de reduzir a população de maneira eficiente e limpeza em terra firme dos barcos que trafeguem por longo tempo na Lagoa regularmente em terra firme.

5 Conclusão

- A densidade de *Mytilopsis leucophaeata* sofreu variações temporais com dois picos ocorrendo, um no inverno (junho/2016) e outro indo do final da primavera (dezembro/2016) até o verão (janeiro, fevereiro e março/2017).
- Os parâmetros de crescimento indicaram crescimento relativamente lento, com moderada oscilação sazonal, com as menores taxas de crescimento ocorrendo em junho.
- A longevidade estimada para *Mytilopsis leucophaeata* foi de 5,42 anos.
- A mortalidade foi relativamente alta ($Z = 2,62 \text{ ano}^{-1}$), os valores de biomassa (B) e produção secundária (P) foram de $1,2 \text{ gPSLC m}^{-2}$ e $3,0 \text{ gPSLC m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$, respectivamente, e a taxa de renovação (P/B) foi de $2,50 \text{ ano}^{-1}$.
- *Mytilopsis leucophaeata* não exibiu um padrão latitudinal de variação no tamanho corporal (=comprimento da concha).
- O recrutamento foi contínuo com um pico em setembro.

Bibliografia

- ABELE, D., BREY, T. & PHILIPP, E. 2009. Bivalve models of aging and the determination of molluscan lifespans. *Experimental Gerontology* 44(5): 307-315
- ABBOTT, RT. 1974. American seashells. The marine mollusca of the Atlantic and Pacific Coasts of North America. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- ADAMS, D.C. & CHURCH, J.O. 2008. Amphibians do not follow Bergmann's rule. *Evolution; International Journal of Organic Evolution* 62(2): 413-420
- ARNETT, A.E. & GOTELLI, N.J. 2003. Bergmann's rule in larval ant lions: testing the starvation resistance hypothesis. *Ecological Entomology* 28: 645-650
- ALVARENGA, L.C.F. & RICCI, C.N. 1989. Espécie nova de *Mytilopsis* (Conrad, 1857) do Rio Tocantins, Tucuruí, Pará, Brasil (Mollusca, Bivalvia, Dreissenidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 84(4): 27-33
- AMLER, M.R.W. 1999. Synoptical classification of fossil and Recent Bivalvia. *Geologica et Palaeontologica* 33: 237-248
- BELZ C.E., DARRIGRAN G., BONEL, N. & NETTO, O.S.M. 2011. Density, Recruitment, and Shell Growth of *Limnoperna fortunei* (Mytilidae), an Invasive Mussel in Tropical South America. *Journal of Freshwater Ecology* 25(2): 227-233
- BERGMANN, K.G.L.C. 1847. Über die Verhältnisse der wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. *Göttinger Studien* 3: 595-708
- BLACKBURN, T.M., GASTON, K.J. & LODER, N. 1999. Geographic gradients in body size: a clarification of Bergmann's rule. *Diversity and Distributions* 5: 165-174
- BORTHAGARAY, A. & CARRANZA, A. 2007. Mussels as ecosystem engineers: their contribution to species richness in a rocky littoral community. *Acta Oecologia* 31: 243-250
- BOUCHET, P. 2014. *Mytilopsis* Conrad, 1857. In World Register of Marine Species (2017). Acessado no site: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=tax-details&id=156885> em 06/11/2017.
- BRAMMER, A.J., DEL REY, Z.R., SPALDING, E.A. & POIRRIER, M.A. 2007. Effects of the 1997 Bonnet Carré Spillway opening on infaunal macroinvertebrates in Lake Pontchartrain, Louisiana. *Journal of Coastal Research* 23(5): 1292-1303

BREY, T. & CLARKE, A. 1993. Population dynamics of marine benthic invertebrates in antarctic and subantarctic environments: are there unique adaptations? *Antarctic Sciences* 5: 253-266

CAETANO, C.H.S., PIMENTA, A. D., & ABSALÃO, R. S., 2007. Filo Mollusca. p 97-132. In: LAVRADO, H. P., VIANA, M. S. (Eds.) Atlas de invertebrados marinhos da região central da zona econômica exclusiva brasileira - parte 1, Série Livros 25. Museu Nacional, Rio de Janeiro.

CHOWN, S.L. & GASTON, K.J. 2010. Body size variation in insects: a macroecological perspective. *Biological Reviews* 85: 139-169

CONOVER, D.O. 1990. The relation between capacity for growth and length of growing season: evidence for and implications of counter-gradient variation. *Transactions of the American Fisheries Society* 119: 416-430

CONIDES, A., KOUSSOURIS, T., GRITZALIS, K. & BERTAHAS, I. 1995. Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha*: population dynamics and notes on control strategies in a reservoir in Western Greece. *Lake and Reservoir Management* 11: 329-336

CORRÊA J.A.B.N., CARLOS M.A.R., PABLO C., CLAUDIA G.V., DANIELE S.B., GUSTAVO V.D.M., MAURICIO, D.G. & THIAGO, B.S. 2003. Caracterização ambiental da Lagoa Rodrigo de Freitas - Rio de Janeiro - RJ. II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa IX, Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas: 4-6

COAN, E.V. & PAUL, V.S. 2015. "CHAPTER 27 MARINE BIVALVES." In *Marine Bivalve Mollusks*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.

CONOVER, D.O. 1990. The relation between capacity for growth and length of growing season: evidence for and implications of counter-gradient variation. *Transactions of the American Fisheries Society* 119: 416-430

COX, L.R. and other 24 authors. 1969. *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part. N [Bivalvia], Mollusca*. Lawrence, Kansas: Geological Society of America and University of Kansas.

CRISP, D.J. 1984. *Methods for the study of marine benthos (Energy flow measurements)*. 2ed. Norfolk, Virginia, USA: Blackwell Scientific Publications.

- DEFEO, O. & CARDOSO, R. 2004. Latitudinal patterns in abundance and life-history traits of the mole crab *Emerita brasiliensis* on South American sandy beaches. Grã-Bretanha. Diversity and Distributions 10(2): 89-98
- DEHNEL, P.A. 1955. Rates of growth of gastropods as a function of latitude. Physiological Zoology 28: 115-144
- EMERSON, WK. & JACOBSON, MK. 1976. The American Museum of Natural History guide to shells, land, freshwater and marine, from Nova Scotia to Florida. 1ed. New York: Alfred A Knopf Inc.
- ERLINGE, S. 1987. Why do European stoats *Mustela erminea* not follow Bergmann's rule? Holarctic Ecology 10: 33-39
- FERNANDES M.R, SALGUEIRO F., MIYAHIRA, I.C. & CAETANO, C.H.S. 2018. mtDNA analysis of *Mytilopsis* (Bivalvia, Dreissenidae) invasion in Brazil reveals the existence of two species. Hydrobiologia: 1-14
- FERNANDES, H.M. 1994. Heavy-metal pollution assessment in the coastal lagoons of Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil. Environmental Pollution 85: 3-5
- FERREIRA C.E.L., JUNQUEIRA A.R.O., VILLAC M.C., LOPES R.M. 2009. Marine Bioinvasions in the Brazilian Coast: Brief Report on History of Events, Vectors, Ecology, Impacts and Management of Non-indigenous Species. pp 459-477. In: Rilov G., Crooks J.A. (eds) Biological Invasions in Marine Ecosystems. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 204. Springer, Berlin, Heidelberg.
- FREITAS, G.M.R. 2009. Distribuição espacial e variação temporal do bivalve exótico *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) em duas áreas no Rio Capibaribe - PE. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 58
- FREITAS & SOUZA. 2015. Distribuição espaço-temporal do bivalve exótico *Mytilopsis leucophaeta* (Conrad, 1831) em áreas estuarinas do rio Capibaribe, recife, estado de Pernambuco. Arquivos de Ciências do Mar 48(1): 33-38.
- FONSECA D.B., VELOSO, V.G. & CARDOSO, R.S. 2000. Growth, mortality and reproduction of *Excirrolana brasiliensis* Richardson, 1912 (Isopoda: Cirolanidae) on the Prainha beach, Rio de Janeiro, Brazil. Crustaceana 73: 535-545
- GAAG M.V.D.V., GERARD, V.D.L. & ROB, S.E.W. 2017. Settlement, Seasonal Size Distribution, and Growth of the Invasive Bivalve *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) (Dreissenidae) in Relation to Environmental Factors. Journal of Shellfish Research 36(2): 417-426

GADELHA, E.S.F. & NUNO, C.A. 2017. Reproductive patterns of bivalves from tropical regions. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources. Aquatic Research* 5(3): 12-20

GAYANILO F.C.JR., SPARRE, P. & PAULY, D. 2005. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FISAT II). Revised version. User's guide. Rome. FAO Computerized Information Series (Fisheries).

GITTENBERGER E., JANSSEN A.W., KUIJPER W.J., KUIPER J.G.J, MEIJER T., VAN DER VELDE G., DE VRIES J.N. & PEETERS G.A. 1998. De Nederlandse zoetwatermollusken; recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water. Nederlandse fauna 2. Leiden: National Natuur-historisch Museum Naturalis, KNNV uitgeverij & European Invertebrate Survey. Nederland.

GROSHOLZ, E.D. & RUIZ, G.M. 2003. Biological invasions drive size increases in marine and estuarine invertebrates. *Ecology Letters* 6: 700-705.

GUTIÉRREZ JL., JONES CG., BYERS, J. & ARKEMA, K. 2011. Physical ecosystem engineers and the functioning of estuaries and coasts. *Treatise on estuarine and coastal science. Academic press* 7(5): 1-99

HARZHAUSER, M. & MANDIC, O. 2004. The muddy bottom of Lake Pannon - a challenge for dreissenid settlement (Late Miocene; Bivalvia). *Palaeoecology* 204: 331-352

HEILER K.C.M., NAHAVANDI, N. & ALBRECHT, C. 2010. A new invasion into an ancient lake - the invasion history of the dreissenid mussel *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) and its first record in the Caspian Sea. *Malacologia* 53: 185-192

HUBER, M. 2010. Compendium of Bivalves. A Full-Color Guide to 3300 of the World's Marine Bivalves. A Status on Bivalvia after 250 Years of Research. Hackenheim. ConchBooks.

IAL & IUBS. 1958. The Venice System for the classification of marine waters according to salinity. *Limnology Oceanography* 3: 1

JANTZ, B. & NEUMANN, D. 1992. Shell growth and population dynamics of *Dreissena polymorpha* in the River Rhine. *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha: Ecology, Biological Monitoring and First Applications in the Water Quality Management:* 49-56

JOHN W.D., W. MICHAEL K., YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. & BYRON, C.C. 2012. *Estuarine Ecology*. Hoboken NJ, USA: John Wiley & Sons.

JORDAN, RA & SUTTON, CE. 1984. Oligohaline benthic invertebrate communities at two Chesapeake Bay power plants. *Estuaries* 7: 192-212

JUNQUEIRA A.O.R., TAVARES M.D.S., SCHAEFFER-NOVELLI Y., RADASHEVSKY V.I., CIRELLI J.O., JULIO L.M., ROMAGNOLI F.C., SANTOS, K.C. & FERREIRA-SILVA, M.A.G. 2009. Zoobentos. Informe sobre as espécies invasoras marinhas no brasil. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente.

KENNEDY, V.S. 2011a. The invasive dark false mussel *Mytilopsis leucophaeata* (Bivalvia: dreissenidae): a literature review. *Aquatic Ecology* 45: 163-183

KENNEDY, V.S. 2011b. Biology of the uncommon Dreissenid Bivalve *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) in central Chesapeake Bay. *Journal of Molluscan Studies* 77: 154-164

KING, M. 2007. Fisheries Biology, Assessment and Management. Fisheries Biology, Assessment and Management: Second Edition. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

KJERFVE, B. & MAGILL, K.E. 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology* 88(3-4): 187-199

KOTTEK M., GRIESER J., BECK C., RUDOLF, B. & RUBEL, F. 2006. World Map of Köppen - Geiger Climate Classification. *Meteorology Zeitung* 15: 259-263

LAINÉ A.O., MATTILA, J. & LEHIKONEN, A. 2006. First record of the brackish water dreissenid bivalve *Mytilopsis leucophaeata* in the Northern baltic sea. *Aquatic Invasions* 1: 38-41

LARSEN, P.F. 1985. The benthic macrofauna associated with the oyster reefs of the James river estuary, Virginia, U.S.A. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 70: 797-814

LOUREIRO, D.D. 2006. Evolução dos Aportes de Metais Pesados na Lagoa Rodrigo de Freitas, RJ. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geoquímica, Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense.

LOPES, M. & VIEIRA, J. 2012. Predadores potenciais para o controle do mexilhão-dourado. pp 357-363. In: Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. In: MANSUR, M.C.D., SANTOS, C.P., PEREIRA, D., PAZ, I.C.P., ZURITA, M.L.L., RODRIGUEZ, M.T.R., NEHRKE M.V., & BERGONCI, P.E.A. (Org.). Redes Editora, Porto Alegre, Brasil.

MACIEL, D.C. 2011. Biologia reprodutiva e efeitos do tributestanho (TBT) sobre *Mytella charruana* e *Mytilopsis leucophaeata* (bivalvia - mollusca) do estuário do rio Capibaribe, Pernambuco. Dissertação de mestrado. Universidade federal de Pernambuco. 93.

MACKIE, G.L. 1991. Biology of the exotic zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in relation to native bivalves and its potential impact on Lake St. Clair. *Hydrobiologia* 219: 251-268

MENZIE, CA. 1980. The *chironomid* (Insecta: Diptera) and other fauna of a *Myriophyllum spicatum* L. plant bed in the lower Hudson River. *Estuaries* 3: 38-54

MORTON, B. & LEUNG, K.F. 2015. Introduction of the alien *Xenostrobus securis* (Bivalvia: Mytilidae) into Hong Kong, China: Interactions with and impacts upon native species and the earlier introduced *Mytilopsis sallei* (Bivalvia: Dreissenidae), *Marine Pollution Bulletin* 92(1-2): 134-142

MORTON, B. 1969. Studies on the biology of *Dreissena polymorpha* Pallas. III. Population dynamics. *Proceedings of the Malacological Society of London* 38: 471-482

NUNES G.T., MANCINI, P.L. & BUGONI, L. 2017. When Bergmann's rule fails: evidences of environmental selection pressures shaping phenotypic diversification in a widespread seabird. *Ecography* 40: 365-375

OLIVER PG., HOLMES, AM. & METTAM, C. 1998. *Mytilopsis leucophaeta* (Conrad, 1831) [bivalvia: dreissenoida]. A species new to the british fauna. *Journal of Conchology* 36: 13-18

PARSONS, K.E. 1997. Contrasting patterns of heritable geographic variation in shell morphology and growth potential in the marine gastropod *Bembicium vittatum*: evidence from field experiments. *Evolution* 51: 784-796

PAULY, D. 1995. Comparison of age structure and length-converted catch curves of brown trout *Salmo trutta* in two French rivers. *Fisheries Research* 22: 197-204

PÉREZ U.J., JIMÉNEZ B., DELGADO, W. & RODRÍGUEZ-SIERRA, C. J. 2001. Heavy Metals in the False Mussel, *Mytilopsis domingensis*, from Two Tropical Estuarine Lagoons. *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology* 66: 206-213

PÉREZ S., NOEMÍ U.G., ESTHER O.O., ESPERANZA, & BELMAR-PÉREZ, J. 2012. Reproductive biology of *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831) (bivalvia:

dreissenidae) of Tampamachoco lagoon, Tuxpan-veracruz. International Journal of Morphology 30(4): 1526-1531

PULJAS S., PEHARDA M., MORTON B., GILJANOVIC, N.Š. & JURIC, I. 2014. Growth and longevity of the living fossil *Congeria kusceri* (Bivalvia: Dreissenidae) from the subterranean Dinaric Karst of Croatia. Malacologia 57: 353-364.

RAJAGOPAL S., GAAG V.D.G., VELDE, V.D. & JENNER, H.A. 1997. Shell valve movement response of dark false mussel, *Mytilopsis leucophaeata*, to chlorination. Water research 31: 3187-3190

RAJAGOPAL S.M., GAAG V.D.G., VELDE, V.D. & JENNER, H.A. 2002. Control of brackish water fouling mussel, *Mytilopsis leucophaeata* (Conrad) with sodium hypochlorite. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 43: 296-300

RAY, C. 1960. The application of Bergmann's and Allen's rules to the poikilotherms. Journal of Morphology 106: 85-108

RIZZO A.E., MIYAHIRA I.C., MOSER G. & SANTOS S.B. 2014. A new record of *Mytilopsis leucophaeata* (Bivalvia: dreissenidae) in Rio de Janeiro (Brazil). Marine Biodiversity Records 7: 1-6

RICHARDSON, D.J. & CHARLOTTE, I.H. 2016. Dark False Mussel, *Mytilopsis leucophaeata* (Bivalvia: Dreissenidae), in the Lower West River, New Haven, New Haven County, Connecticut. Bulletin of the Peabody Museum of Natural History 57(2): 117-125

RIOÁGUAS. 2013. Atualização Do Plano de Gestão Ambiental Da Lagoa Rodrigo de Freitas (PGALRF). Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Obras Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro.

RIOS, E. 2009. Compendium of Brazilian Sea Shells. 3ed. Evangraf: Rio Grande.

ROBERTSON, A.I. 1979. The relationship between annual production, biomass ratio and life span for marine macrobenthos. Oecologia 38: 193-202

RUPPERT E.E., FOX, R.S. & BARNES, R.D. 2005. Zoologia dos Invertebrados. 7ed. São Paulo: Editora Roca.

SALGADO-BARRAGAN, J. & TOLEDANO-GRANADOS, A. 2006. The false mussel *Mytilopsis adamsi* (Morrison, 1946) (Mollusca: Bivalvia: Dreissenidae) in the Pacific waters of Mexico: A case of biological invasion. Hydrobiologia 563: 1-7

SIMONE, L.R.L. 1999. Filo Mollusca. p. 129-136. In: MIGOTTO, A.E. & TIAGO, C.G. (Org.). Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX: Invertebrados Marinhos. 1. ed. São Paulo: Fapesp vol.3.

SMYLIE, PHP. 1994. Growth and abundance of the larvae of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia, Dreissenidae) in relation to environmental factors in Lake Erie. MSc Thesis, University of Guelph, Guelph, Ontario.

SOUSA R., NOGUEIRA A.J.A., GASPAR M.B., ANTUNES, C. & GUILHERMINO, L. 2008. Growth and extremely high production of the non-indigenous invasive species *Corbicula fluminea* (Müller, 1774): possible implications for ecosystem functioning. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 80(2): 289-295

SOUSA R., GUTIÉRREZ, J.L. & ALDRIDGE, D.C. 2009. Non-indigenous invasive bivalves as ecosystem engineers. *Biological Invasions* 11(18): 2367-2385

SOARES M.F., DOMINGOS P. & TELLES, L.F.R. 2012. 10 anos de monitoramento da qualidade ambiental das águas da Lagoa Rodrigo de Freitas. *Oecologia Australis* 16(3): 581-614

THERRIAULT TH.W., DOCKER, M.F.O., MARINA I.H., DANIEL D.M. & ISAAC H.J. 2004. Molecular resolution of the family Dreissenidae (Mollusca: Bivalvia) with emphasis on Ponto-Caspian species, including first report of *Mytilopsis leucophaeata* in the Black Sea basin. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 30(3): 479-489

TRYON, GW. 1866. Description of a new species of *Septifer*. *American Journal of Conchology* 2: 302

TUMBIOLO, M.L. & DOWNING, J.A. 1994. An empirical model for the prediction of secondary production in marine benthic invertebrate populations. *Marine ecology progress series* 114: 165-174

VAATE, A.B. 1991. Distribution and aspects of population dynamics of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), in the Lake IJsselmeer area (the Netherlands). *Oecologia* 86: 40-50

VERWEEN A., VINCX, M. & DEGRAER, S. 2006. Growth patterns of *Mytilopsis leucophaeata*, an invasive biofouling bivalve in Europe. *Biofouling* 22(3-4): 221-231

VERWEEN, A., VINCX, M. AND DEGRAER, S. 2010. *Mytilopsis leucophaeata*: the brackish water equivalent of *Dreissena polymorpha*? A review. In: Velde, G., Rajagopal, S. & Vaate, A. (eds) *The Zebra Mussel in Europe*. Leiden: Backhuys Publishers. 29-44.

VORSTMAN, AG. 1935. Zur Biologie der Brackwassermuschel *Congeria cochleata* Nyst. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 6: 182-186

WATERS, T.F. 1977. Secondary production in inland waters. *Advances in Ecological Research* 10: 193-202

WALTON, WC. 1996. Occurrence of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the oligohaline Hudson River, New York. *Estuaries* 19: 612-618

WARDLE, WJ. 1980. On the life cycle stages of *Proctoeces maculatus* (Digenea: Fellodistomidae) in mussels and fishes from Galveston Bay, Texas. *Bulletin of Marine Science* 30: 737-743

ZAR, J.H. 2010. *Biostatistical analysis*. 5ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Anexos

Tabela 1. Resultados do pós-teste Tukey HSD. Análise das diferenças entre os meses de coleta para o parâmetro da temperatura da água. Legenda: mar_2 = março_2017. Os números abaixo dos meses representam os valores médios do parâmetro, linhas horizontais representam a ausência de diferenças significativas entre os meses de coleta.

Temperatura											
jun	mai	set	nov	nov_25	dez	out	mar	fev	abr	jan	mar_02
21,81	22,73	23,54	26,31	26,51	26,58	28,51	30,04	30,1	30,55	30,64	30,66
_____		_____		_____		_____		_____			
_____			_____			_____					

Tabela 2. Resultados do pós-teste Tukey HSD. Análise das diferenças entre os meses de coleta para o parâmetro salinidade da água. Legenda: mar_2 = março_2017. Os números abaixo dos meses representam os valores médios do parâmetro, linhas horizontais representam a ausência de diferenças significativas entre os meses de coleta.

Salinidade											
mar	abr	mai	jun	set	out	nov	nov_25	dez	jan	mar_2	fev
8,60	9,62	11,85	13,67	14,82	17,23	17,46	17,88	18,69	20,03	20,40	20,68
_____		_____		_____		_____		_____		_____	
_____			_____			_____					

Tabela 3. Resultados pós-teste Tukey HSD. Análise das diferenças entre os meses de coleta para o parâmetro do pH da água. Legenda: mar_2 = março_2017. Os números abaixo dos meses representam os valores médios do parâmetro, linhas horizontais representam a ausência de diferenças significativas entre os meses de coleta.

pH											
fev	mai	mar_2	jun	jan	nov	abr	dez	mar	nov_25	set	out
7,44	7,48	7,87	7,90	7,95	8,12	8,25	8,34	8,37	8,38	9,21	9,24

Tabela 4. Resultados do pós-teste Tukey HSD. Análise das diferenças entre os meses de coleta para o parâmetro da turbidez da água. Legenda: mar_2 = março_2017. Os números abaixo dos meses representam os valores médios do parâmetro, linhas horizontais representam a ausência de diferenças significativas entre os meses de coleta.

Turbidez											
mai	set	jun	out	mar	nov	nov_25	dez	jan	mar_2	abr	fev
0,05	2,01	2,13	4,79	5,11	13,74	18,86	19,40	21,00	21,35	21,59	21,60

Tabela 5. Resultados do pós-teste Tukey HSD. Análise das diferenças entre os meses de coleta para o parâmetro da clorofila *a* da água. Legenda: mar_2 = março_2017. Os números abaixo dos meses representam os valores médios do parâmetro, linhas horizontais representam a ausência de diferenças significativas entre os meses de coleta.

Clorofila <i>a</i>											
mai	fev	jun	mar_2	abr	mar	nov_25	jan	nov	out	dez	set
3,47	4,10	5,01	8,63	9,43	9,47	12,43	12,50	19,02	19,38	35,75	42,75

Tabela 6. Resultados do pós-teste Tukey HSD. Análise das diferenças entre os meses de coleta para o parâmetro do oxigênio dissolvido da água. Legenda: mar_2 = março_2017. Os números abaixo dos meses representam os valores médios do parâmetro, linhas horizontais representam a ausência de diferenças significativas entre os meses de coleta.

Oxigênio dissolvido											
jun	dez	mai	jan	fev	out	abr	mar	nov	mar_2	set	nov_25
2,59	3,52	3,79	3,99	4,54	4,58	5,04	5,89	6,23	6,62	7,00	9,41

Tabela 7. Resultados do pós-teste Tukey HSD. Análise das diferenças entre os meses de coleta para o parâmetro da condutividade da água. Legenda: mar_2 = março_2017. Os números abaixo dos meses representam os valores médios do parâmetro, linhas horizontais representam a ausência de diferenças significativas entre os meses de coleta.

Condutividade					
nov	nov_25	dez	jan	mar_2	fev
28,55	29,85	30,75	35,79	36,39	36,46