

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RODOLFO ALVES DOURADO ROCHA

EFEITOS DA INTENSIDADE LUMINOSA, DENSIDADE DE ESTOCAGEM E DIETA  
NA REPRODUÇÃO DE LAEONEREIS CULVERI (POLYCHAETA: NEREIDIDAE)  
EM UM SISTEMA FECHADO DE RECIRCULAÇÃO

PONTAL DO PARANÁ

2016

Rodolfo Alves Dourado Rocha

EFEITOS DA INTENSIDADE LUMINOSA, DENSIDADE DE ESTOCAGEM E DIETA  
NA REPRODUÇÃO DE LAEONEREIS CULVERI (POLYCHAETA: NEREIDIDAE)  
EM UM SISTEMA FECHADO DE RECIRCULAÇÃO

Dissertação apresentada como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Sistemas Costeiros e Oceânicos. Curso de pós-graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos. Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Paulo da Cunha Lana

Co-orientador: Dr. Rodolfo Luis Petersen

Pontal do Paraná

2016

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UFPR / SiB1 - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar  
Liliam Mana Orquiza - CRB-9/712

R672e Rocha, Rodolfo Alves Dourado  
Efeitos da intensidade luminosa, densidade de estocagem e dieta na reprodução de *Laeonereis Culveri* (*Polychaeta: Nereididae*) em um sistema fechado de recirculação.  
/ Rodolfo Alves Dourado Rocha. – Pontal do Paraná, 2016.  
19 f.; 29 cm.

Orientador: Prof. Dr. Paulo da Cunha Lana.  
Co-Orientador: Dr. Rodolfo Luis Petersen.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

1. Cultivo de poliquetas. 2. Ciclo reprodutivo. 3. Fatores ambientais. I. Título. II. Lana, Paulo da Cunha. III. Petersen, Rodolfo Luis. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDD 594.11



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor CIÊNCIAS DA TERRA  
Programa de Pós Graduação em SISTEMAS COSTEIROS E  
OCEÂNICOS  
Código CAPES: 40001016054P6

## ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM SISTEMAS COSTEIROS E OCEÂNICOS

No dia vinte e nove de Abril de dois mil e dezesseis às 14:00 horas, na sala Anfiteatro, Av. Beira-Mar, s/n, do Setor de CIÊNCIAS DA TERRA da Universidade Federal do Paraná, foram instalados os trabalhos de arguição do mestrando **RODOLFO ALVES DOURADO ROCHA** para a Defesa Pública de sua Dissertação intitulada: "EFEITOS DA INTENSIDADE LUMINOSA, DENSIDADE E DIETA NA REPRODUÇÃO DE *LAONEREIS CULVERI* (POLYCHAETA: NEREIDIDAE) EM SISTEMA FECHADO DE RECIRCULAÇÃO". A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em SISTEMAS COSTEIROS E OCEÂNICOS da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Professores Doutores: PAULO DA CUNHA LANA (UFPR), FRANCISCO JOSÉ LAGREZE SQUELLA (UFPR), PAULO ROBERTO PAGLIOSA (UFSC). Dando início à sessão, a presidência passou a palavra ao discente, para que o mesmo expusesse seu trabalho aos presentes. Em seguida, a presidência passou a palavra a cada um dos Examinadores, para suas respectivas arguições. O aluno respondeu a cada um dos arguidores. A presidência retomou a palavra para suas considerações finais e, depois, solicitou que os presentes e o mestrando deixassem a sala. A Banca Examinadora, então, reuniu-se sigilosamente e, após a discussão de suas avaliações, decidiu-se pela **APROVAÇÃO** do aluno. O mestrando foi convidado a ingressar novamente na sala, bem como os demais assistentes, após o que a presidência fez a leitura do Parecer da Banca Examinadora, outorgando-lhe o Grau de Mestre em SISTEMAS COSTEIROS E OCEÂNICOS. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, PAULO DA CUNHA LANA, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora.

Pontal do Paraná, 29 de Abril de 2016.

Prof PAULO DA CUNHA LANA (UFPR)  
(Presidente da Banca Examinadora)

Prof PAULO ROBERTO PAGLIOSA (UFSC)

Prof FRANCISCO JOSÉ LAGREZE SQUELLA (UFPR)

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	i
<b>Abstract</b> .....	ii
<b>Lista de Figuras</b> .....	iii
<b>Lista de Tabelas</b> .....	iv
<b>Prefácio</b> .....	1
<b>Introdução</b> .....	3
<b>Materiais e Métodos</b> .....	4
Condições gerais dos experimentos.....	4
Condições específicas dos experimentos.....	6
Processamento das amostras e tratamento dos dados.....	7
<b>Resultados</b> .....	8
Experimento 1: Efeitos da intensidade luminosa no crescimento e reprodução de <i>L. culveri</i> .....	8
Experimento 2: Efeitos da densidade no crescimento e reprodução de <i>L. culveri</i> .....	10
Experimento 3: Efeitos da dieta no crescimento e reprodução de <i>L. culveri</i> .....	12
<b>Discussão</b> .....	13
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	16

## Resumo

Os efeitos da intensidade luminosa, densidade de reprodutores e dieta sobre a reprodução e crescimento de *Laonereis culveri* foram investigadas com o intuito de fornecer informações para o seu cultivo em laboratório. Três experimentos com duração total de 60 dias cada foram povoados com adultos imaturos coletados no interior da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil) em um sistema de recirculação fechado. No experimento de luminosidade, foram utilizados três tratamentos com diferentes valores de intensidade luminosa e fotoperíodo: a) 300 lux e 12:12 h; b) 150 lux 12:12 h; c) 0 lux e 24:0 h. No segundo experimento, adultos imaturos foram mantidos sobre duas densidades de estocagem (350 e 700 ind/m<sup>2</sup>). No terceiro experimento foram testados três tipos de alimento (macroalgas desidratadas do gênero *Enteromorpha*, ração comercial Potimar Active 40 PL e peixe moído da espécie *Stellifer rastrifer*). O bloqueio da luz (0 lux e 24:0 h) foi o único tratamento em que não foram encontrados progênies e sinais de desova, sendo constatado o menor diâmetro médio dos ovócitos aos 30 e 60 dias (94,2 µm e 126,4 µm, respectivamente), maior taxa de sobrevivência (84,4 %) e maior peso final (0,0259 g). No experimento 2, o tratamento com menor densidade de reprodutores forneceu valores significativamente maiores de peso final, número de setígeros final e SGR (0,023 g, 82,8 setígeros e 1,95 % dia<sup>-1</sup>, respectivamente). Já no experimento de dieta alimentar, não foi possível detectar diferenças significativas no crescimento, no entanto a razão entre reprodutores e progênies (NPR) e sobrevivência foi significativamente maior com o uso de macroalga desidratada. O ciclo reprodutivo da espécie foi completo no sistema de recirculação fechada mostrando boa adaptabilidade, no entanto, recomenda-se mais estudos sobre o perfil nutricional e engorda para avaliar o potencial uso da espécie na aquicultura.

## Abstract

Effects of luminosity, density and diet over reproduction and growth in *Laeonereis culveri* were investigated to provide basic information about his culture in laboratory. Three 60 days experiments were set up with immature adults collected in the inner part of Paranaguá Bay (Paraná, Brazil). In the luminosity experiment we utilized three treatments: a) 300 lux and 12:12 h photoperiod; b) 150 lux and 12:12 h photoperio; c) 0 lux and 24:0 h photoperiod; in the second experiment, immature adults were maintained in two stocking densities (350 and 700 ind/m<sup>2</sup>); in the third experiment were tested three different food sources (dehydrated macroalgae *Enteromorpha*, comercial ration Potimar Active 40 PL and ground fish *Stellifer rastrifer*). Light blocking regime (0 lux and 24:0 h) was the only treatment without signs of progenies and/or spawning, producing smaller oocytes in 30 and 60 days of experiment (94,2 µm and 126,4 µm, respectively), higher survival rate (84,4 %) and individual final weight (0,0259 g). In experiment two, lower densities produced a higher final weighth, setigers number and SGR (0,023 g, 82,8 setigers and 1,95 % dia<sup>-1</sup>, respectively). In the diet experiment it was not possible to detect differences in growth, however progenies/breeder reason and survival was significantly higher with dehydrated macroalgae. The specie`s reproductive cycle was completed in the closed recirculating system showing good adaptability, however, we recommend more nutritional and fattening studies to evaluate their potential use in aquaculture.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Desenho esquemático do sistema de recirculação.....	5
Figura 2 - Média e desvio padrão do diâmetro dos ovócitos ( $\mu\text{m}$ ) de <i>L. culveri</i> cultivados em 3 regimes de intensidade luminosa (LT = Fotoperíodo 12:12 sem sombreamento, LP = Fotoperíodo 12:12 com 50% de sombreamento, SL = Sem luz) durante 60 dias.....	10
Figura 3 - Média e desvio padrão do diâmetro médio dos ovócitos ( $\mu\text{m}$ ) dos indivíduos de <i>L. culveri</i> cultivados em diferentes densidades de estocagem (BD = 250 ind/m <sup>2</sup> e AD = 750 ind/m <sup>2</sup> ) durante 60 dias.....	12

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Dados de qualidade da água no sistema de recirculação durante os três experimentos.....	6
Tabela 2 – Peso (g), número médio de setígeros (NS) e taxa de crescimento específico (SGR) de <i>L. culveri</i> em três regimes de intensidade luminosa e fotoperíodo (LT= 300 lux e fotoperíodo 12:12 h, LP= 150 lux e fotoperíodo 12:12 h e SL= 0 lux e fotoperíodo 24:0 h).....	8
Tabela 3 - Taxa de sobrevivência (%), número de progênes por reprodutor (NPR) e número de setígeros das progênes (NSP) de <i>L. culveri</i> em 3 regimes de intensidade luminosa (LT= 300 lux e fotoperíodo 12:12 h, LP= 150 lux e fotoperíodo 12:12 h e SL= 0 lux e fotoperíodo 24:0 h).....	9
Tabela 4 - Peso, número de setígeros (NS), taxa de crescimento específico (SGR) e biomassa final (BF) de <i>L. culveri</i> em baixa e alta densidade (BD = 359 ind/m <sup>2</sup> ; AD = 712 ind/m <sup>2</sup> , respectivamente).....	11
Tabela 5 - Taxa de sobrevivência (%), número de progênes por reprodutor (NPR) e número médio de setígeros das progênes (NSP) de <i>L. culveri</i> cultivado em baixa e alta densidade (BD = 359 ind/m <sup>2</sup> ; AD = 712 ind/m <sup>2</sup> , respectivamente).....	11
Tabela 6 - Peso, número de setígeros (NS), taxa de crescimento específico (SGR) de <i>L. culveri</i> alimentado a partir de três dietas distintas (Macroalga, Peixe e Ração).....	13
Tabela 7 - Taxa de sobrevivência (%), número de progênes por reprodutor (NPR) e número de setígeros das progênes (NSP) de <i>L. culveri</i> alimentado a partir de três dietas distintas (Macroalga, Peixe e Ração).....	13

## **PREFÁCIO**

Essa dissertação foi estruturada conforme modelo proposto pelo PGSISCO. Tal modelo encoraja que as dissertações de mestrado sejam elaboradas em acordo com as normas de formatação de seus periódicos alvos. O produto dessa dissertação foi formatado para publicação na revista Archivos de Zootecnia, Qualis CAPES = Biodiversidade – Estrato B4.

Efeitos da luminosidade, densidade de estocagem e dieta na reprodução de *Laeonereis culveri* (Polychaeta: Nereididae) em um sistema fechado de recirculação

Rodolfo A. D. Rocha, Rodolfo L. Petersen

Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná – Caixa Postal 50.002, 83.255-000, Pontal do Paraná, PR, Brasil.

### **Resumo**

Os efeitos da intensidade luminosa, densidade de reprodutores e dieta sobre a reprodução e crescimento de *Laeonereis culveri* foram investigadas com o intuito de fornecer informações para o seu cultivo em laboratório. Três experimentos com duração total de 60 dias em um sistema de recirculação foram mantidos a partir de adultos imaturos coletados no interior da Baía de Paranaguá (Paraná, Brasil). No experimento de luminosidade, foram utilizados três tratamentos com diferentes intensidades: a) 300 lux; b) 150 lux; c) 0 lux. Também foram testadas 2 densidades de estocagem e reprodutores (350 e 700 ind/m<sup>2</sup>) e a preferência alimentar (macroalgas do gênero *Enteromorpha*, Potimar Active 40 PL e *Stellifer rastrifer*). O tratamento sem luz (0 lux) foi o único de todos os experimentos em que não foram encontrados progênies e sinais de desova, sendo constatado o menor diâmetro médio dos ovócitos aos 30 e 60 dias (94,2 µm e 126,4 µm, respectivamente), maior taxa de sobrevivência (84,4 %) e maior peso final (0,0259 g). No experimento 2, o tratamento com menor densidade de reprodutores forneceu valores significativamente maiores de peso final, número de setígeros final e SGR (0,023 g, 82,8 setígeros e 1,95 % dia<sup>-1</sup>, respectivamente). Já no experimento de dieta alimentar, não foi possível detectar diferenças significativas no crescimento, no entanto a razão entre reprodutores e progênies (NPR) e sobrevivência foi significativamente maior com o uso de macroalga desidratada. O ciclo reprodutivo da espécie foi completo no sistema de recirculação fechada mostrando boa adaptabilidade. Estudos futuros que contemplem o perfil nutricional e a engorda serão cruciais para avaliar o potencial uso da espécie na aquicultura.

**Keywords:** polychaete culture; reproductive cycle; ambient factors

**Palavras-chave:** cultivo de poliquetas; ciclo reprodutivo; fatores ambientais

## 1. Introdução

Poliquetas são intensamente utilizados ao redor do mundo como isca viva, alimento de reprodutores na aquicultura e em estudos ecotoxicológicos (Olive, 1999; Dean, 2008). Características como ótima palatabilidade, digestibilidade, perfil nutricional rico em lipídios e ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (lcPUFA) fazem destes organismos peça-chave na alimentação de reprodutores de espécies comerciais e importantes contribuintes para a sustentabilidade da cadeia produtiva aquícola (Lytle et al., 1990; Luis & Passos, 1995; Costa et al., 2000; Wouters et al., 2001).

O desenvolvimento de protocolos de cultivo em espécies nativas é sugerido com o intuito de evitar impactos do extrativismo e a introdução de espécies exóticas, visto que uma grande quantidade da utilização de poliquetas provém da importação de organismos capturados no meio natural (Fidalgo e Costa et al., 2006). Atualmente há uma tendência crescente de utilização de sistemas de recirculação na aquicultura já que oferecem melhores condições de biosegurança na produção de alimento vivo, particularmente na transmissão do vírus da mancha branca (WSSV) (Vijayan et al., 2005), assim como uma maior independência na seleção de sítios de cultivos marinhos (Otoshi et al, 2003; Dean, 2009).

A família Nereididae é uma das mais utilizadas no mundo para contendo cerca de 540 espécies registradas distribuídas entre 43 gêneros (Hutchings et al., 2000). É também uma das mais estudadas, no entanto a maior parte do conhecimento para o seu cultivo está concentrado em espécies de regiões temperadas. A espécie alvo de nosso estudo, *Laeonereis culveri*, é um nereidídeo de fácil captura comumente encontrado nas regiões tropicais e subtropicais da costa atlântica das Américas (Santos & Lana, 2000). Possuem um caráter oportunista se alimentando de uma variedade de detritos encontrados nas camadas superficiais do compartimento bentônico (Jumars et al., 2015). Apresentam um ciclo de vida totalmente bentônico, boa adaptabilidade a variações de salinidade e temperatura e facilidade na fertilização em cativeiro (Hardege et al, 1999; Omena & Amaral, 2000). Tais características potencializam a espécie como modelo para a produção comercial na aquicultura.

Por serem organismos semélparos, onde as fêmeas morrem de 2 a 16 dias após a reprodução (Cassai & Prevedelli, 1999; Mazurkiewicz, 1975), a manipulação das condições ambientais em sistemas de cultivo é um dos fatores mais importantes para o controle do crescimento e reprodução (Prevedelli & Zunarelli Vandini, 1997; Safarik et al., 2006).

Estudos com poliquetas de regiões tropicais mostram que a densidade e a disponibilidade e/ou fonte alimentar são uma das condições mais importantes para estabelecer períodos reprodutivos (Santos et al., 2003; Zajac, 1986). Em contrapartida, a manipulação da luz no nereidídeo de região temperada *Hediste diversicolor*, uma das espécies mais cultivadas no mundo, é considerado um dos gatilhos mais importantes no desencadeamento do período reprodutivo (Olive et al., 1998; Olive, 1999). Neste caso, o controle da alimentação e densidade de reprodutores são considerados fatores secundários que interferem principalmente nas taxas de crescimento (Olive et al., 1998; Olive, 1999; Nesto et al., 2012).

Um dos grandes desafios na reprodução em cativeiro de poliquetas tem sido o manejo desses fatores ambientais, sendo que a gestão ineficiente dessas condições podem gerar organismos precocemente maduros e com um tamanho final abaixo do desejável (Olive, 1999; Batista et al., 2003; Nesto et al., 2012). Nesse contexto, o principal objetivo de nosso estudo foi avaliar os efeitos da luminosidade e presença de fotoperíodo, densidade de reprodutores e a dieta alimentar na capacidade reprodutiva de *L. culveri* em um sistema de recirculação fechada para fins comerciais.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1 Condições gerais dos experimentos**

As coletas dos animais foram feitas em manchas populacionais de *L. culveri* identificadas próximo a saída do rio Sucuriú, no interior da Baía de Paranaguá (25°30'31.24"S; 48°28'10.40"O). Amostras de sedimento contendo os poliquetas foram acondicionadas em recipientes térmicos e levados para o laboratório. Em laboratório, o sedimento com os animais foi imediatamente transferido para três tanques de acondicionamento (0,08 m<sup>3</sup>) onde foram mantidos de 24 a 48 horas até o povoamento dos experimentos. Os tanques de acondicionamento foram montados com água com salinidade ajustada ao local da coleta (15‰) e oxigenação mecânica através de pedras porosas.

Para a seleção dos indivíduos nos experimentos foi realizado uma pré triagem de 30 poliquetas em cada coleta identificados como adultos imaturos. Os critérios de seleção desses indivíduos foram a típica coloração avermelhada, organismos com até 30 setígeros e o corpo livre de ovócitos livres (Mazurkiewicz, 1975). Esta pré-seleção auxiliou na redução da

exposição do material vivo no momento do povoamento dos experimentos. Não foi possível distinguir o sexo dos organismos já que ainda não apresentavam dimorfismo sexual, típico do período de maturação.

O sistema de recirculação foi composto por doze caixas de polietileno (dimensões: 31 x 36 x 30 cm e vazão: 24 L h<sup>-1</sup>) ligadas a um biofiltro (0.12 m<sup>3</sup>) receptor dos efluentes (Figura 1). O volume do biofiltro foi composto por 20% de bioballs (Hi-density bio sphere com 43 mm de diâmetro), 40% de conchas de ostra e 40% de argila expandida. Cada caixa foi revestida na sua base por um fundo falso recoberto com manta bedim e uma camada de cinco centímetros de areia possibilitando o fluxo de água descendente nos tanques de cultivo. Foi mantida em todas as unidades experimentais uma coluna de água de cinco centímetros. No total foram realizados três experimentos independentes no sistema de recirculação, com duração de 60 dias cada um. O tempo dos experimentos foi baseado em trabalhos que contemplaram a biologia reprodutiva da espécie, principalmente na fase de maturação (Klesh, 1970; Mazurkiewicz, 1975). No “Experimento 1” foi testada a intensidade luminosa, no “Experimento 2” a densidade de reprodutores e no “Experimento 3” a dieta alimentar.



Figura 1. Desenho esquemático do sistema de recirculação

O fotoperíodo foi simulado com uma amplitude de 12:12 h e 24:0 h (luz:noite). A intensidade luminosa foi monitorada diariamente com luxímetro HMM-489. A temperatura da água, salinidade, oxigênio dissolvido e pH foram medidos diariamente. Amostras de água foram coletadas semanalmente para análise de N-amoniaco em espectrofotômetro UV-160 PC SHIMADZU (Tabela 1) conforme técnica descrita por Grasshoff et al. (1983). A salinidade da água foi de 15 ‰ e não houve necessidade de reposição ou trocas de água durante os períodos experimentais. Análises granulométricas foram realizadas através do

método de difração do laser pelo MICROTRAC Bluewave laser diffraction particle analyser. Os parâmetros foram estimados de acordo com o método de Folk & Ward (1957). O conteúdo de matéria orgânica foi calculado pela diferença entre o peso inicial e final de cada amostras após ataque químico, usando uma solução de ácido clorídrico e peróxido de hidrogênio (Gross, 1971).

**Tabela 1.** Parâmetros indicativos da qualidade da água no sistema de recirculação durante os três experimentos

	Temperatura	Salinidade	Oxigênio dissolvido (mg/l)	pH	n-Amoniacal
Experimento 1	24,6 ± 2,6	15 ± 1	5,5 ± 0,68	7,1 ± 0,67	0,083 ± 0,03
Experimento 2	24,3 ± 1,9	15 ± 1	5,1 ± 0,88	7,4 ± 0,71	0,12 ± 0,07
Experimento 3	22,1 ± 2,2	15 ± 1	5,4 ± 0,94	6,9 ± 0,86	0,091 ± 0,05

## 2.2 Condições específicas dos experimentos

**Experimento 1:** No experimento de intensidade luminosa foram aplicados três tratamentos cada um com quatro réplicas: a) fotoperíodo 12:12 h e intensidade luminosa 300 lux (LT); b) fotoperíodo 12:12 h e intensidade luminosa 150 lux (LP) e c) fotoperíodo 0:24 h e 0 lux (SL). Todos os animais foram alimentados diariamente no período da manhã com uma mistura de macroalgas do gênero *Enteromorpha* (60%) e ração comercial para camarões Potimar Active 40 PL Guabi© (40%), equivalente a 15% de sua biomassa inicial. A densidade foi fixa entre os níveis com 40 animais por unidade experimental (350 ind/m<sup>2</sup>). Foi utilizado como leito areia fina (148,3 µm ± 3,9) com teor de 1,22 % ± 0,15 de matéria orgânica.

**Experimento 2:** Para avaliar o efeito da densidade de estocagem foi montado um desenho experimental consistindo em dois níveis, cada um com três repetições. a) 40 animais por unidade correspondendo a 350 ind/m<sup>2</sup> (BD) e b) 80 animais por unidade correspondendo a

700 ind/m<sup>2</sup> (AD). Os animais foram alimentados com a mesma composição do primeiro experimento com a incorporação diária do alimento equivalendo a 15% da biomassa inicial das duas densidades testadas. O fotoperíodo com amplitude de 12:12 h e intensidade luminosa de 300 lux foi mantido constante entre os níveis. Foi utilizado como leito areia fina (146,5 µm ± 2,4) com teor de 1,42 % ± 0,18 de matéria orgânica.

**Experimento 3:** Para avaliar o efeito isolado da dieta alimentar foi conduzido um experimento com quatro réplicas para cada um dos seguintes níveis: a) macroalgas do gênero *Enteromorpha*, b) peixe moído *Stellifer rastrifer* proveniente do bycatch de pescadores locais; c) ração comercial para camarões Potimar Active 40 PL Guabi©. A incorporação diária do alimento na parte da manhã foi de 15 % da biomassa inicial média dos organismos. Foram introduzidos 40 animais em cada unidade experimental. Foi utilizado como leito areia fina (147,3 µm ± 1,5) com teor de 1,63 % ± 0,13 de matéria orgânica.

### 2.3 Processamento das amostras e tratamento dos dados

Ao final de cada um dos três experimentos, todos os organismos vivos foram suavemente peneirados, contados e pesados individualmente após secagem em lenço de papel. O crescimento foi estimado através da média inicial e final do peso fresco, número inicial e final de setígeros e como taxa específica de crescimento (% dia<sup>-1</sup>) através da fórmula  $100[\ln(W_f - W_i)]t^{-1}$ , onde  $W_i$  é o peso inicial,  $W_f$  é o peso final e  $t^{-1}$  é o intervalo de dias. Os percentuais de sobrevivência foram calculados pelo número de sobreviventes ao final do experimento em relação ao número inicial.

Para avaliação do desenvolvimento reprodutivo foram coletados aleatoriamente dez organismos por réplica de cada tratamento aos 30 dias experimentais e ao final dos experimentos (60 dias). Os organismos coletados foram anestesiados em solução de MgCl<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O com salinidade ajustada a do ambiente de cultivo. Após 20 minutos em solução, os ovócitos foram extraídos com auxílio de uma seringa hipodérmica causando a mortalidade dos organismos. Um pool com cerca de 200 ovócitos (20 ovócitos por indivíduo) foi plaqueado para mensuração em microscópio óptico Olympus CX-31 com aumento 20x.

O número de progênes por reprodutor (NPR) foi calculado pela razão entre o número de adultos no início do experimento e o número de progênes no final do experimento. Para tanto, ao final do experimento uma camada de até 3 centímetros do sedimento foi suavemente peneirada em peneiras de 250  $\mu\text{m}$  para a coleta das progênes. O sobrenadante foi peneirado em peneira de 60  $\mu\text{m}$  para a identificação e contagem de larvas menores que por ventura passaram pela primeira triagem. Trinta progênes por réplica foram fotografadas em lupa para contagem dos setígeros.

As análises estatísticas e gráficos foram realizados no software R com o auxílio dos pacotes dunn.test e sciplot. No experimento 1 e 3 foi realizado o teste de Kruskal-Wallis para avaliar diferenças das variáveis calculadas entre os tratamentos seguido pelo teste Dunn de comparações múltiplas. No experimento 2, onde foram testados dois níveis, foi utilizado o teste U de Mann-Whitney.

### 3. Resultados

#### 3.1 Experimento 1: Efeitos da intensidade luminosa no crescimento e reprodução de *L. culveri*

O peso final dos poliquetas no tratamento SL foi significativamente maior que os poliquetas do tratamento LT e LP (Tabela 2). O número de setígeros e SGR não diferiu significativamente ao final do experimento (Tabela 2).

**Tabela 2.** Peso (g), número médio de setígeros (NS) e taxa de crescimento específico (SGR) de *L. culveri* em três regimes de intensidade luminosa e fotoperíodo (LT= 300 lux e fotoperíodo 12:12 h, LP= 150 lux e fotoperíodo 12:12 h e SL= 0 lux e fotoperíodo 24:0 h).

Tratamento	Peso (g)		NS		SGR (% dia <sup>-1</sup> )
	Inicial	Final	Inicial	Final	
LT	0,009±0,0017	0,0206±0,004 <sup>c</sup>	37,8±3,2	81,8±7,3	1,52 ± 0,46
LP	0,0088±0,0016	0,0224±0,0047 <sup>c</sup>	37,4±2,2	78,7±8,4	1,55 ± 0,48
SL	0,0092±0,0019	0,0259± 0,0021 <sup>ab</sup>	36,9±3,4	82±6,4	1,71 ± 0,41

Nota: Média e  $\pm$  desvio padrão das amostras; dentro das colunas = médias com letras diferentes são significativamente diferentes ( $P < 0.05$ )

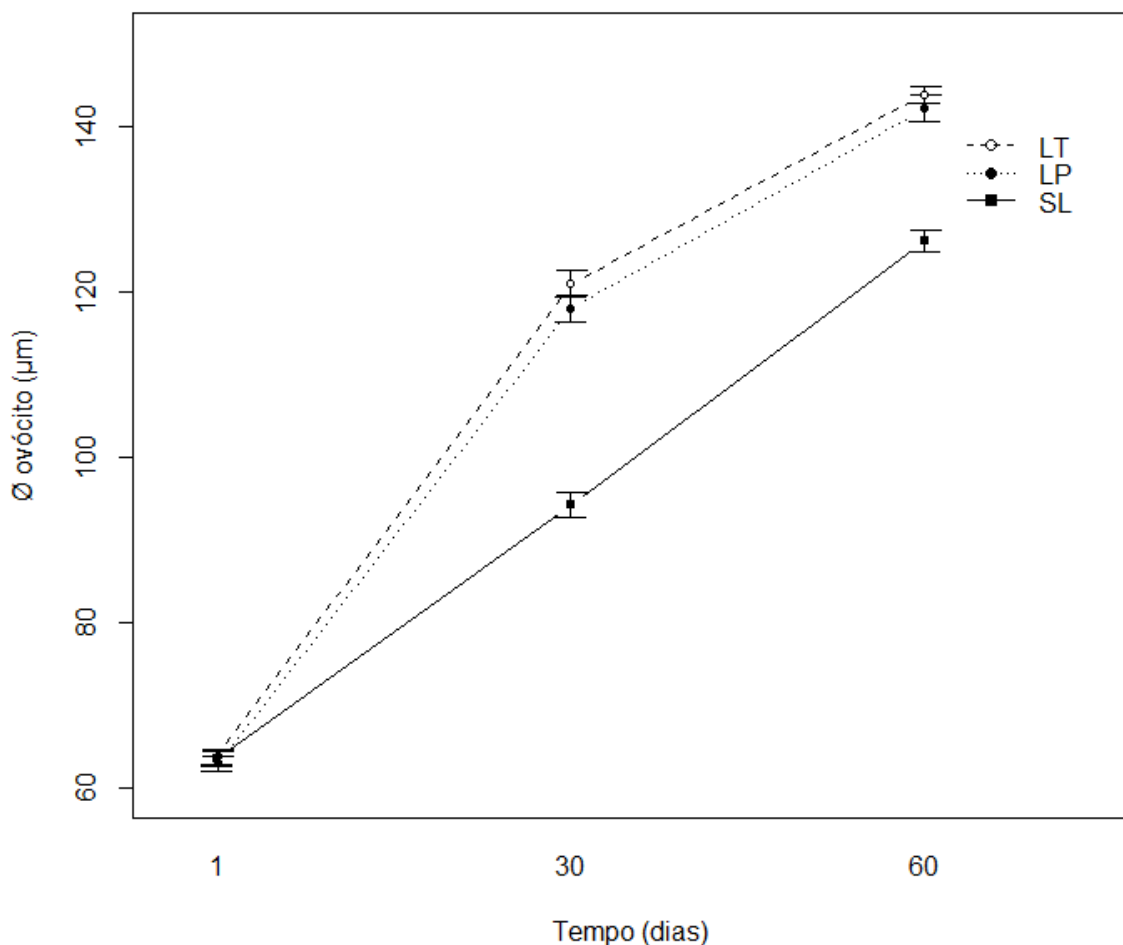
O tratamento sem luz (SL) mostrou a maior taxa de sobrevivência em comparação aos demais experimentos (Tabela 3). Apenas nos tratamentos com entrada de luz (LT e LP) foram encontrados progênies e ovócitos livres. O tamanho das progênies (NSP) do tratamento LT foi significativamente maior do que LP ao final do experimento (Tabela 3).

O diâmetro médio dos ovócitos foi significativamente menor em SL aos 30 e 60 dias de experimento. Na amostragem de 30 dias, os ovócitos no interior dos organismos foram significativamente maiores nos tratamentos LT e LP quando comparados ao tratamento SL ( $120,9 \pm 16,9$ ;  $117,9 \pm 16,2$  e  $94,2 \pm 15,3$ , respectivamente) ( $p = 0,001$ ). Ao final de 60 dias, os diâmetros de ovócitos do tratamento SL foram significativamente menores ( $p = 0,001$ ) do que os tratamentos LT e LP ( $126,4 \pm 26,5$ ;  $144,1 \pm 28,9$  e  $142,4 \pm 29,1$ , respectivamente) (Figura 2).

**Tabela 3.** Taxa de sobrevivência (%), número de progênies por reprodutor (NPR) e número de setígeros das progênies (NSP) de *L. culveri* em 3 regimes de intensidade luminosa (LT= 300 lux e fotoperíodo 12:12 h, LP= 150 lux e fotoperíodo 12:12 h e SL= 0 lux e fotoperíodo 24:0 h) .

<b>Tratamento</b>	<b>Sobrevivência(%)</b>	<b>NPR</b>	<b>NSP</b>
LT	$42,2 \pm 10,2^c$	$19,6 \pm 13,4^c$	$21,7 \pm 8,3^{bc}$
LP	$46,7 \pm 6,7^c$	$12,8 \pm 10,2^c$	$14,1 \pm 7,3^{ac}$
SL	$84,4 \pm 10,2^{ab}$	$0^{ab}$	$0^{ab}$

Nota: Média e  $\pm$  desvio padrão das amostras; dentro das colunas = médias com letras diferentes são significativamente diferentes ( $P < 0.05$ )



**Fig. 2.** Média e desvio padrão do diâmetro médio dos ovócitos ( $\mu\text{m}$ ) dos indivíduos de *L. culveri* cultivados sobre 3 regimes de intensidade luminosa (LT= 300 lux e fotoperíodo 12:12 h, LP= 150 lux e fotoperíodo 12:12 h e SL= 0 lux e fotoperíodo 24:0 h) durante 60 dias.

### 3.2 Experimento 2: Efeitos da densidade no crescimento e reprodução de *L. culveri*

O crescimento medido pelo peso, número de setígeros (NS) e SGR dos poliquetas cultivados em baixa densidade (BD) foi significativamente maior (Tabela 4). Em ambos os tratamentos foram encontrados ovócitos livres e progênes ao final do experimento. O número de progênes por reprodutor (NSP) e número médio de setígeros das progênes (NPR) foi significativamente maior no tratamento BD, no entanto, a sobrevivência não mostrou a mesma tendência (Tabela 5).

**Tabela 4.** Peso, número de setígeros (NS) e taxa de crescimento específico (SGR) de *L. culveri* em baixa e alta densidade (BD = 350 ind/m<sup>2</sup>; AD = 700 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente).

Tratamento	Peso (g)		NS		SGR (% dia <sup>-1</sup> )
	Inicial	Final	Inicial	Final	
BD	0,0072±0,0016	0,023±0,005 <sup>b</sup>	34,5±5	82,8±4,8 <sup>b</sup>	1,95 ± 0,47 <sup>b</sup>
AD	0,0070±0,0014	0,019±0,006 <sup>a</sup>	32,7±4,6	77,9±7,4 <sup>a</sup>	1,62 ± 0,5 <sup>a</sup>

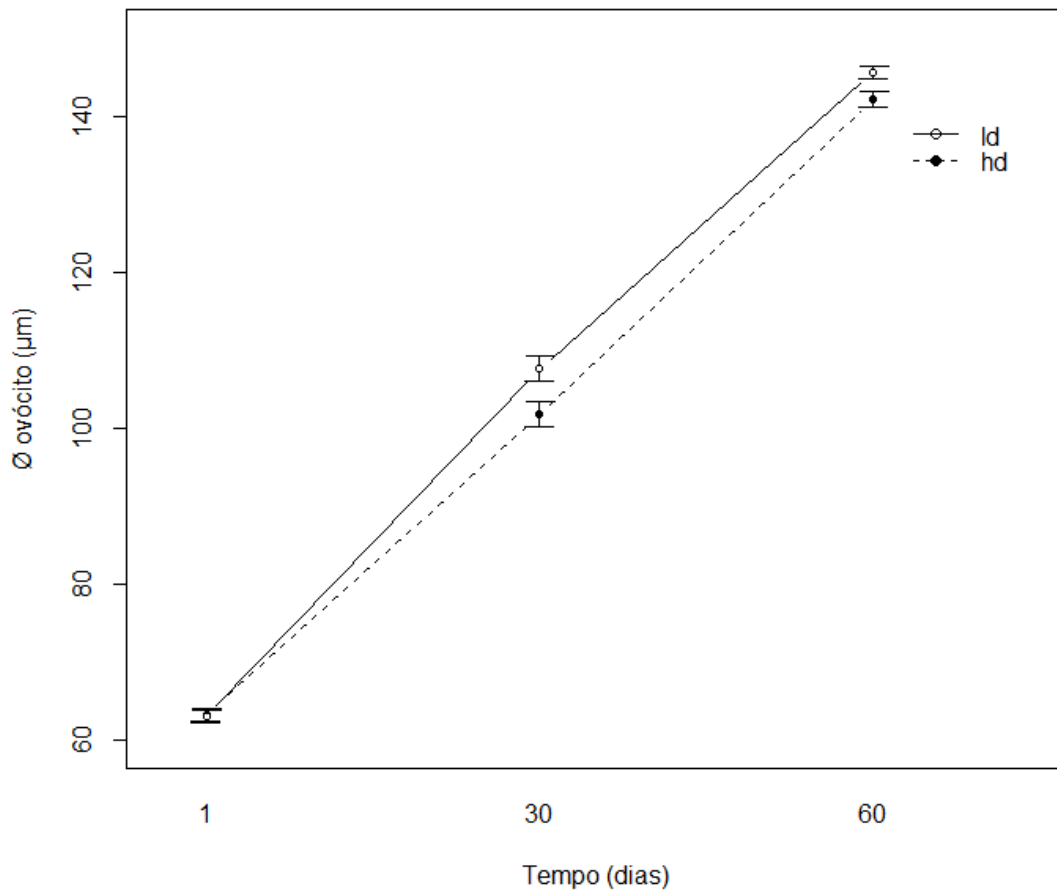
Nota: Média e ± desvio padrão das amostras; dentro das colunas = médias com letras diferentes são significativamente diferentes (P < 0.05)

**Tabela 5.** Taxa de sobrevivência (%), número de progênies por reprodutor (NPR) e número médio de setígeros das progênies (NSP) de *L. culveri* cultivado em baixa e alta densidade (BD = 350 ind/m<sup>2</sup>; AD = 700 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente)

Tratamento	Sobrevivência	NPR	NSP
BD	53,3 ± 11,5 <sup>ns</sup>	18,6 ± 10,8 <sup>b</sup>	22,5 ± 9,1 <sup>b</sup>
AD	41,5 ± 8,4 <sup>ns</sup>	7,1 ± 5,7 <sup>a</sup>	13,1 ± 7,8 <sup>a</sup>

Nota: Média e ± desvio padrão das amostras; dentro das colunas = médias com letras diferentes são significativamente diferentes (P < 0.05)

O diâmetro médio dos ovócitos diferiu significativamente aos 30 e 60 dias de experimento. Aos 30 dias, os ovócitos medidos no tratamento BD foram significativamente maiores do que os encontrados no tratamento AD (107,6 ± 21,7 e 101,7 ± 20,4, respectivamente). Aos 60 dias, a tendência de maior tamanho no tratamento BD se manteve (145,6 ± 10,1 e 142 ± 12,5, respectivamente) (Figura 2).



**Fig. 3** Média e desvio padrão do diâmetro médio dos ovócitos ( $\mu\text{m}$ ) dos indivíduos de *L. culveri* cultivados sobre diferentes densidades de estocagem (BD = 350 ind/m<sup>2</sup> e AD = 700 ind/m<sup>2</sup>) durante 60 dias.

### 3.3 Experimento 3: Efeitos da dieta no crescimento e produção de progênes de *L. culveri*

Não foram observadas diferenças significativas no crescimento dos poliquetas entre as três dietas testadas. A taxa de sobrevivência foi baixa ao final dos 60 dias, com o menor valor médio no tratamento ração (33%) (Tabela 6).

Em todas as unidades experimentais foram encontradas progênes, indicando o sucesso da reprodução em cativeiro independentemente da dieta oferecida. A maior relação entre reprodutores e progênes (NPR) foi observada na dieta de macroalgas e a menor com o uso de ração (Tabela 7). Em geral, os poliquetas alimentados com ração produziram juvenis (NSP) significativamente maiores do que os tratamentos macroalga e peixe (Tabela 7). A sobrevivência dos reprodutores foi significativamente diferente entre as dietas macroalga e ração (Tabela 7).

**Tabela 6.** Peso, número de setígeros (NS) e taxa de crescimento específico (SGR) de *L. culveri* alimentado a partir de três dietas distintas (Macroalga, Peixe e Ração).

Tratamento	Peso (g)		NS		SGR (% dia <sup>-1</sup> )
	Inicial	Final	Inicial	Final	
Macroalga	0,0089±0,0016	0,021±0,003	35,3±4	81±5	1,43 ± 0,44
Peixe	0,0086±0,0018	0,019±0,004	33,5±5	78,5±7	1,45 ± 0,55
Ração	0,009±0,0016	0,021± 0,003	35,6±4	80±5	1,32 ± 0,33

Nota: Média e ± desvio padrão das amostras; dentro das colunas = médias com letras diferentes são significativamente diferentes (P < 0.05)

**Tabela 7.** Taxa de sobrevivência (%), número de progênes por reprodutor (NPR) e número de setígeros das progênes (NSP) de *L. culveri* alimentado a partir de três dietas distintas (Macroalga, Peixe e Ração)

Tratamento	Sobrevivência(%)	NPR	NSP
Macroalga	45 ± 12,2 <sup>c</sup>	19,1 ± 12,2 <sup>bc</sup>	19,5 ± 5,1 <sup>bc</sup>
Peixe	40,6 ± 8,9	11,4 ± 11,9 <sup>ac</sup>	25,7 ± 8 <sup>ac</sup>
Ração	33,3 ± 4,9 <sup>a</sup>	3,7 ± 2,3 <sup>ab</sup>	30,5 ± 6,2 <sup>ab</sup>

Nota: Média e ± desvio padrão das amostras; dentro das colunas = médias com letras diferentes são significativamente diferentes (P < 0.05)

#### 4. Discussão

Os resultados dos experimentais do cultivo de *L. culveri* sugerem que a ausência de luminosidade favoreceu o retardo da maturação ovariana confirmada pela ausência de progênes ou ovócitos livres e a maior taxa de sobrevivência. Esse resultado reforça outros estudos que consideraram que o atual desafio da produção de poliquetas em cativeiro é o controle dos fatores ambientais de modo a evitar a maturação precoce dos organismos e um tamanho final abaixo do desejável (Olive, 1999; Batista et al., 2003; Nesto et al., 2012). Por outro lado, a densidade de reprodutores e a dieta também podem alterar de diferentes formas a capacidade reprodutiva de *L. culveri*.

O fator ausência de luminosidade relacionado a ausência de progênes e ovócitos livres assemelham aos padrões observados para outros nereidídeos de regiões temperadas, onde a presença de luz é considerado um gatilho importante para a reprodução (Olive et al.,

1997). Alterações na proporção de horas de luz podem causar mudanças na produção hormonal responsável pelo crescimento, maturação e senescência em organismos semélparos (Bentley & Pacey, 1992; Lawrence & Soame, 2009).—Durante o período reprodutivo, o nereidídeo *Hediste diversicolor* apresenta uma menor atividade de locomoção e alimentação (Last & Olive, 2004). Por outro lado, essas atividades tendem a ser intensificadas em um ciclo diário durante o período noturno (Last & Olive, 2004). Tais informações são condizentes com as respostas de *L. culveri* ao bloqueio total da luz (0 lux e fotoperíodo 24:0 h), tratamento que apresentou organismos com maior peso final, maior taxa de sobrevivência e nenhum indício de desova.

A presença do fotoperíodo com 12:12 foi importante para a indução da desova e maturação gonadal. Em *Hediste diversicolor* e *Nereis limnicola* são relatados um maior crescimento de ovócitos sob fotoperíodo 8:16, mas o desencadeamento do processo de desova é associado apenas ao aumento do fotoperíodo para períodos críticos entre 12 e 13 horas de luz, próximo ao valor utilizado em nosso estudo (Fong & Pearse, 1992; Olive et al., 1998).

Em nosso experimento, indícios de desova (ovócitos livres encontrados nos tubos) foram observados apenas após 30 dias a partir de adultos imaturos. O tamanho das progênes triadas ao final do experimento (60 dias) variou entre 7 a 30 setígeros, dependendo da intensidade luminosa. Mazurkiewicz (1975) relatou que, em condições de cultivo com temperatura de 22° C, salinidade de 30‰ e sem manipulação do fotoperíodo, juvenis de *L. culveri* chegam a alcançar os 30 setígeros 51 dias após a fertilização. Em nosso experimento, os juvenis do tratamento com fotoperíodo 12:12 h e 300 lux com no máximo 30 dias de vida foram maiores. Em outros invertebrados, como no camarão *Fenneropenaeus chinensis*, valores aproximados aos 300 lux são considerados ótimos para aumentar a eficiência de conversão do alimento ingerido em energia, resultando em um maior peso médio final após 35 dias de cultivo (Shuanglin Dong et al., 2004). No entanto, tal fato pode ser explicado pelas diferentes condições de cultivo aos quais os organismos foram submetidos e/ou pelas diferenças genéticas entre as populações estudadas

O conhecimento gerado a respeito das taxas de crescimento de *L. culveri* em condições de cativeiros são importantes para projetar e suprir a demanda por material vivo em laboratórios que fazem ensaios ecotóxicológicos, assim como fornecer subsídios em avaliações de efeitos subletais (Moore & Dillon, 1993; García-Alonso et al., 2013). Na maioria dos invertebrados, estas taxas variam de acordo com o investimento do organismo em crescimento somático ou gametogênico (Moore & Dillon, 1993). Em *Nereis arenaceodentata* por exemplo são utilizados juvenis com uma idade máxima de seis semanas após eclosão (Moore & Dillon, 1993; García-Alonso et al., 2013), pois com o início da fase gametogênica há um maior desvio nas taxas de crescimento afetando assim a precisão nas análises ecotoxicológicas (Moore & Dillon, 1993). Em nossos experimentos, muitos organismos nascidos em cativeiro alcançaram a forma adulta, com cerca de 35 setígeros, em até 4 semanas de vida. Dessa forma, é recomendada a utilização de organismos em fase mais jovem nesses tipos de estudos, já que é possível que organismos com mais de 30 dias possam já ter iniciado o processo de gametogênese.

A menor densidade de reprodutores (350 ind/m<sup>2</sup>) produziu efeitos positivos no crescimento dos reprodutores, maturação dos ovócitos e no tamanho final das progênies (NSP). A razão entre progênies e reprodutores (NPR) em baixa densidade chegou a ultrapassar o dobro do valor observado quando as matrizes foram cultivadas em alta densidade (700 ind/m<sup>2</sup>), indicando que a taxa de produção de progênies pode ser otimizada utilizando uma menor densidade de reprodutores. Isto implicaria um menor esforço de captura dos adultos no ambiente natural para o processo de indução da desova em laboratório, assim como em uma melhoria na produção de progênies provenientes de organismos criados em laboratório. Estudos realizados com *N. arenaceodentata* sugerem que maiores densidades podem, de fato, atrasar o desenvolvimento reprodutivo em organismos adultos (Pesch et al., 1987; Bridges et al., 1996; Nesto et al., 2012). Efeitos negativos da densidade também foram observados sobre o ganho de peso de pré-adultos de *L. culveri*. Esta tendência pode ser observada em outros trabalhos que utilizaram juvenis de *H. diversicolor* e *Diopatra aciculata* (Scaps et al., 1998; Safarik et al., 2006).

O conhecimento das diferentes estratégias de vida adotadas por poliquetas é importante para avaliar os efeitos da densidade e disponibilidade de alimento. No geral, os efeitos da densidade na reprodução e crescimento de *L. culveri* foram mais marcantes do que os efeitos da alimentação. Esse padrão está de acordo com o encontrado por Zajac et al. (1986) em organismos oportunistas. A manipulação do alimento não resultou em diferenças quanto ao crescimento final, embora a utilização de ração tenha produzido um menor número e maior tamanho final de progênies ao final de 60 dias. Tal fato pode estar relacionado ao alto valor protéico do alimento, responsável por induzir a maturação precoce e/ou um maior crescimento inicial da prole (Fidalgo et al., 2000). Nesto et al (2012) também observaram maiores índices no crescimento e reprodução a partir do uso de rações comerciais em *H. diversicolor*.

O reaproveitamento de resíduos dos cultivos de espécies comerciais como peixes e crustáceos (Batista et al., 2003; Brown et al., 2011) e a incorporação de alimentos de baixo custo (como macroalgas ou algumas espécies da fauna acompanhante local) podem ser uma boa alternativa para a reprodução da espécie alvo em cativeiro. Outra alternativa para estudos futuros seria a utilização do poliqueta em camas filtradoras de efluentes, tanto de sistemas de policultivos quanto no cultivo de camarões (Bischoff et al., 2009; Palmer, 2010). *L. culveri* pode ser considerado um candidato em potencial para uso em sistemas de filtragem de efluentes, visto que apresentou bons resultados de adaptação as diversas condições testadas de alimentação no sistemas de recirculação.

O crescimento e biomassa final alcançado no sistema foi menor do que o registrado no meio natural no baixio dos Papagaios e Sucuriú (0,09 ± 0,02 g) e na literatura para as espécies *H. diversicolor* e *Perinereis nuntia* que são produzidas comercialmente (Nesto et al., 2012; Poltana et al., 2006). Acredita-se que o crescimento somático em nereidídeos fique limitado em fases avançadas de desenvolvimento por causa das mudanças hormonais neurológicas que causam um aumento dos hormônios gametotróficos (Lawrence & Soame, 2009).

As diferenças observadas no tamanho das progênes de nosso estudo fornecem indícios que a manipulação dos fatores ambientais em fases mais jovens pode favorecer um maior crescimento dos animais, sugerindo a importância de estudos futuros que envolvam o cultivo da espécie a partir de progênes nascidas em cativeiro. Da mesma forma, a engorda de organismos nascidos em cativeiro e análises bioquímicas do conteúdo nutricional poderão fornecer informações adicionais para a seleção de *L. culveri* como espécie potencial para a aquicultura.

## 5. Referências Bibliográficas

- Batista, F.M., Fidalgo e Costa, P., Ramos, A., Passos, A.M., Ferreira, P.P., Cancela da Fonseca, L. 2003 Production of the ragworm *Nereis diversicolor* (O.F. Müller, 1776), fed with a diet for gilthead seabream *Sparus auratus* L., 1758: survival, growth, feed utilization and oogenesis. Bol Inst. Esp. Oceanogr. 19(1-4): 447-451.
- Bischoff, A.A., Fink, P., Waller, U. 2012 The fatty acid composition of *Nereis diversicolor* cultured in an integrated recirculated system: Possible implications for aquaculture. Aquaculture 296: 271-276.
- Bridges, T.S., Farrar, J.D., Gamble, E.V., Dillon, T.M. 1996. Intraspecific density effects in *Nereis (Neanthes) arenaceodentata* Moore (Polychaeta: Nereidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 195: 221-235.
- Brown, N., Eddy, S., Plaud, S. 2011 Utilization of waste from a marine recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm, *Nereis virens*. Aquaculture 322-323: 177-183.
- Bentley, M.G., Pacey, A.A. 1992. Physiological and environmental control of reproduction in polychaetes. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 30: 443-481.
- Costa, P.F., Narciso, L., Cancela da Fonseca, L. 2000. Growth, survival and fatty acid profile of *Nereis diversicolor* (O.F. Muller, 1776) fed on six different diets. Bulletin of Marine Science 67(1): 337-343.
- Dean, H.K. 2008. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. Rev. Biol. Trop. 56: 11-38.
- Fidalgo e Costa, P., Gil, J., Passos, A.M., Ferreira, P., Melo, P., Batista, F., Fonseca, L.C. 2006. Market features of imported non-indigenous polychaetes in Portugal and consequent ecological concerns. Scientia Marina 70S3: 287-292.
- Folk, R. L. & Ward, W. C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. J. sedim. Petrology, 27(1):3-27.

- Fong, P.P., Pearse, J.S. 1992. Evidence for a programmed circaannual life cycle modulated by increasing day-lengths in *Neanthes limnicola* (Polychaeta: Nereidae) from central California. *Biol. Bull.* 182: 289-297.
- García-Alonso, J., Smith, B.D., Rainbow, P.S. 2013. A compacted culture system for a marine model polychaete (*Platynereis dumerilii*). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences.* 8(2): 142-146.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M. e Kremling, F., 1983. *Methods of Seawater Analysis.* Verlag Chemie, Weinheim, 2<sup>a</sup> ed., 410 pp.
- Gross, M.G. 1971. Carbon determination. Carver, R.E. (ed.) *Procedure in sedimentary petrology* New York: Wiley-Interscience. 1971. Cap. 25, p. 573-596.
- Hardege, J. D. 1999. Nereidid polychaetes as model organisms for marine chemical ecology. *Hydrobiologia* 402: 145-161.
- Hutchings, P.A., Wilson, R.S., Glasby, C.J., Paxton, H., Watson Russell, C. 2000. Polychaetes and Allies: the Southern Synthesis 242-243.
- Jumars, P.A., Dorgan, K.M., Lindsay, S.M. 2015. Diet of worms emended: An update of polychaete feeding guilds. *Annual Review of Marine Science* 7: 497-520.
- Lawrence, A.J., Soame, J.M. 2009. The endocrine control of reproduction in Nereidae: a new multi-hormonal model with implications for their functional role in a changing environment. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 364: 3363-3376.
- Last, K.S., Olive. P.J. 2004. Interaction between photoperiod and na endogenous seasonal factor in influencing the diel locomotor activity of the benthic polychaete *Nereis virens* Sars. *Biol. Bull.* 206(2): 103-12.
- Lytle, J.S., Lytle, T.F., Ogle, J.T. 1990. Polyunsaturated fatty acid profiles as a comparative tool in assessing maturation diets of *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 89: 287-299.
- Luis, O.J., Passos, A.M. 1995. Seasonal changes in lipid content and composition of the polychaete *Nereis (Hediste) diversicolor*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 111: 579-586.
- Martin, J.P., Bastida, R. 2006. Population structure, growth and production of *Laeonereis culveri* (Nereididae: Polychaeta) in tidal flats of Rio de La Plata estuary, Argentina. *J. Mar. Biol. Ass. U.K* 86: 235-244.
- Mazurkiewicz, M. 1975. Larval development and habits of *Laeonereis culveri* (Webster)(Polychaeta: Nereidae). *Biol. Bull.* 149: 186-204.
- Middleditch, B.S., Missler, R. S., Hines, H.B., Chang, E.S., McVey, J.P., Brown, A., Lawrence, A.L. 1980. Maturation of penaeid shrimp: Lipids in the marine food web. *Proc. World Mariculture Society* 11: 463-470.

- Moore, D.W., Dillon, T.M. 1993. The relationship between growth and reproduction in the marine polychaete *Nereis (Neanthes) arenaceodentata*; implications for chronic sublethal sediment bioassays. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 173: 231-246.
- Nesto, N., Simonini, R., Prevedelli, D., Da Ros, L. 2012. Effects of diet and density on growth survival and gametogenesis of *Hediste diversicolor* (O.F. Muller, 1776) (Nereididae, Polychaeta). *Aquaculture* 1-9: 362-363.
- Olive, P.J.W., Porter, J.S., Sandeman, N.J., Wright, N.H., Bentley, M.G. 1997. Variable spawning successo of *Nephtys hombergi* (Annelida: Polychaeta) in response to environmental variation a life history homeostasis? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 215: 247-268.
- Olive, P.J.W., Rees, S.W., Djunaedi, A. 1998. Influence of photoperiod and temperature on oocyte growth in the semelparous polychaete *Nereis (Neanthes) virens*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 172: 169-183.
- Olive, P.J.W. 1999. Polychaete aquaculture and polychaete science: a mutual synergism. *Hydrobiologia* 402: 175-183.
- Omena, E.P., Amaral, A.C.Z. 2000. Population dynamics and secondary production of *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) (Nereididae: Polychaete). *Bulletin of Marine Science* 67: 421-431.
- Otoshi, C.A., Arce, S.M., Moss, S.M. 2003. Growth and reproductive performance of broodstock shrimp reared in a biosecure recirculating aquaculture system versus a flow-through pond. *Aquacultural Engineering* 29: 93-107.
- Pagliosa, P.R., Barbosa, F.A.R. 2006. Assessing the environment-benthic fauna coupling in protected and urban areas of southern Brazil. *Biological Conversation* 29: 408-417.
- Palmer, P.J. 2010 Polychaete assisted sand-filters. *Aquaculture* 306: 369-377.
- Palomo, G., Botto, F., Navarro, D., Escapa, M., Iribarne, O. 2003. The predator-prey interaction between migratory shorebirds and the polychaete *Laeonereis acuta* is modified by burrowing crabs. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 290: 211-228.
- Pesch, C.E., Zajac, R.N., Whitlatch, R.B., Balboni, M.A. 1987. Effect of intraspecific density on life history traits and population growth rate of *Neanthes arenaceodentata* (Polychaeta: Nereidae) in the laboratory. *Marine Biology* 96: 545-554.
- Poltana, P., Thanompong, L., Pattira, P.T., Asuvapongpattana, S., Wongprasert, K., Chavadej, S.S., Sobhon, P., Olive, P.J, Withyachumnarnkul, B. 2006. Culture and development of the polychaete *Perinereis* cf. *nuntia*. *Invertebrate Reproduction and Development* 50(1): 13-20.
- Prevedelli, D., Zunarelli Vandini, R. 1997. Survival and growth rate of *Perinereis rullieri* (Polychaeta, Nereididae) under different salinities and diets. *Italian Journal of Zoology* 64: 135-139.

- Safarik, M., Redden, A.M., Schreider, M.J. 2006. Density-dependent growth of the polychaete *Diopatra aciculata*. *Scientia Marina* 70S3: 337-341.
- Santos, C.S.G., Lana, P. 2000. Nereididae (Annelida, Polychaeta) da costa Nordeste do Brasil. I. Padrões regionais e zoogeográficos de distribuição. *Iheringia, Ser. Zool.* 88: 181-188.
- Santos, P.J.P, Florêncio, M.P.S., Florêncio, M.A.P. 2003 Environmental control of the reproductive cycle of *Laeonereis acuta* (Annelida: Polychaeta) on a tropical intertidal sandy beach. *Journal of Coastal Research* 35: 378-384.
- Scaps, P., Brenot, C.R., Desrosiers, G. 1998. Space occupation by the polychaetous annelid *Perinereis cultrifera*: Influence of substratum heterogeneity and intraspecific interactions on burrow structure. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 78(2): 435-449.
- Shuanglin Dong, F.W., Dong, S., Huang, G., Zhu, C., Yingchun, M. 2004. The effect of light intensity on the growth of chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. *Aquaculture* 234: 475-483.
- Vijayan, K.K., Stalin Raj, V., Balasubramanian, C.P., Alavandi, S.V., Thillai Sekhar, V., Santiago, T.C. 2005. Polychaete worms – a vector for white spot syndrome virus (WSSV). *Diseases of aquatic organisms.* 63: 107-111.
- Wouters, R., Lavens, P., Nieto, J., Sorgeloos, P. 2001. Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. *Aquaculture* 202: 1-21.
- Zajac, R.N. 1986. The effects of intra-specific density and food supply on growth and reproduction in an infaunal polychaete, *Polydora ligni* Webster. *J. Mar. Res.* 44: 339-359.