



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Oceanografia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

RAQUELINE CRISTINA PEREIRA MONTEIRO

DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DAS LARVAS DE *Neritina zebra* (BRUGUIÈRE, 1792)
(MOLLUSCA: GASTROPODA) DURANTE A MARÉ VAZANTE NA BAÍA DO
GUAJARÁ (PA)

BELÉM-PARÁ
DEZEMBRO - 2014

RAQUELINE CRISTINA PEREIRA MONTEIRO

DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DAS LARVAS DE *Neritina zebra* (BRUGUIÈRE, 1792)
(MOLLUSCA: GASTROPODA) DURANTE A MARÉ VAZANTE NA BAÍA DO
GUAJARÁ (PA)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências
da Universidade Federal do Pará em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de Bacharel em
Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. James Tony Lee.

BELÉM
2014

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/UFGA

Monteiro, Cristina Pereira Raqueline, 1991-
Distribuição vertical das larvas de *Neritina zebra*
(BRUGUIÈRE, 1792) (Mollusca: Gastropoda) durante a
maré vazante na baía do Guajará (PA) / Raqueline Cristina
Pereira Monteiro. – 2015.

29 f : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: James Tony Lee

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências,
Faculdade de Oceanografia, Belém, 2014.

1. Invertebrados – Comportamento. 2. Distribuição
vertical (Biologia aquática) – Baía do Guajará. 3. Dispersão -
Baía do Guajará. 4. Estuários – Rio Pará. I. Título.

CDD 22. ed. 594.3

RAQUELINE CRISTINA PEREIRA MONTEIRO


DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DAS LARVAS DE *Neritina zebra* (BRUGUIÈRE, 1792)
(MOLLUSCA: GASTROPODA) DURANTE A MARÉ VAZANTE NA BAÍA DO
GUAJARÁ (PA)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências
da Universidade Federal do Pará em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de Bacharel em
Oceanografia.

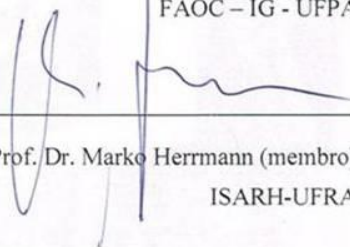
Data de aprovação: 22 / 12 / 14

Conceito: BOM

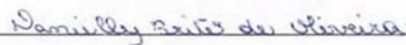
Banca examinadora:



Prof. Dr. James Tony Lee (orientador)
FAOC – IG - UFPA



Prof. Dr. Marko Herrmann (membro)
ISARH-UFRA



Profa. MSc. Danielly Brito de Oliveira (membro)
PPBA–IECOS-UFPA

À minha mãe, “o meu herói” que me ensinou a ser perseverante...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela oportunidade de estar neste planeta e por vir do ventre desta mulher, a minha Mãe... A minha maravilhosa mãe! Ela mais do que ninguém sempre me incentivou com a sua garra e determinação.

À minha família em especial ao meu Pai pela sua compreensão. À minha irmã Regiana, por ser a maior “cabeça dura” desse mundo, me ensinando a viver com as diferenças. Aos meus avós, dona Fátima e seu Raimundo e a minha tia Nazaré, pela compreensão e ajuda quando mais preciso. Obrigada por estarem comigo.

Ao Marcos que roubou meu coração (risos), meu amigo, meu cúmplice e agora colega de profissão. Muito obrigada por esses anos de Oceanografia, obrigada por mergulhar de cabeça comigo nesse amor e também pela força neste trabalho e em tantos outros.

Às minhas amigas de curso e de sobrevivência que tornaram os piores momentos nos melhores das nossas vidas. Paulinha, Kelly e Marina, obrigada por me aceitar do jeito que sou e pelas infinitas madrugadas de seminário, pelas pizzas no “pai velho” ou “pai preto” (kkk). E claro não poderia esquecer a Karina, estando sempre por perto para falar as suas “asneiras”.

À turma de 2011 pelos bons momentos de “bullying” e aprendizado. Égua da turma. Muitas brigas, mas também risos. Muitos castelinhos, mas também união. Aos ricos e famosos (Alyson, Tamyres e Juliana), em especial a Thay (ficou melhor assim né?). Lidiane, Abdul (vulgo “Rafael”) e John, obrigada pelas boas gargalhadas, pelas bolachas de maisena ou as “minixerox” (hehehe).

Aos meus amigos de laboratório (onde se incluem praticamente a mesma galera), Juliana, Paulinha, “Kelly e Karina” (agregadas)... E ao Rafael da biologia. Desculpas as brincadeiras. Obrigada pelos momentos de reflexão.

Ao prof. James Lee pela sua paciência e dedicação. Talvez eu não tenha sido a sua melhor escolha naquela seleção, mas para mim foi gratificante ter sido orientada pelo Senhor. Seus ensinamentos eu levarei para sempre.

À oceanografia, onde eu conheci muita gente boa (outras nem tanto \neg) e convivi EXC momentos no bar do Jorge, Combú, vadião, beira, solamar, pavulagem, casa do Kleper, sexta-feira 13 na casa do Frejat, viagens do PPZCA, enfim tantos momentos. É impossível citar todos os nomes, mas eu não poderia esquecer o Kleper, Fábio (Japa), Esther, Carlos, David, Alberto e Malandro (Marcos, meu thuthuco). E também aos professores Lucinice Belúcio, Marcelo Rollnic e Sury Monteiro.

Aos meus parceiros de quatro patas, Timão, Miminho, Spike e Nina pelo amor incondicional. As minhas filhas adotadas, Pretinha e Branquinha, por deixarem meus dias mais alegres na UFPA.

Aos prof. Alessandro Bérghamo e ao oceanógrafo Renan Peixoto pela ajuda no tratamento dos dados e nas dúvidas “sem noção”, obrigada pela paciência (hehehe). E ao Malandro, vulgo “Marcos”, obrigada pela ajuda no tratamento de dados.

E por fim...

Essa fase terminou e passou tão rápido que nem percebi,

Nossa sou oceanógrafa!!!

Que todos os meus aprendizados venham a valer na nova fase que inicia, pois agora a vida adulta começa com o surgimento de novos medos, mas também sonhos... Que daqui a alguns anos quando eu encontrar na gaveta o meu tcc em às lembranças guardadas no baú em meu quarto.

Venha a lembrar de que a batalha nunca cessará!

“Onde estava eu? Onde estaria eu? Fosse como Fosse, a que preço fosse, queria saber. Queria falar, queria arrancar aquela esfera de cobre que me aprisionava a cabeça. Mas o capitão Nemo veio em minha direção e pôs fim a minha angustia com um gesto. Baixou-se, apanhou um pedaço de pedra calcária, dirigiu-se a um rochedo de basalto e escreveu essa palavra: ATLÂNTIDA.

Um clarão atravessou o meu espírito...

Trecho do Livro “Vinte Mil Léguas Submarinas” de Júlio Verne.

RESUMO

Em estuários, as larvas apresentam diferentes estratégias de migração vertical para minimizar ou maximizar a exportação ou retenção de acordo com o seu desenvolvimento embrionário e larval. O presente estudo foi realizado na baía do Guajará com o objetivo de determinar um padrão de distribuição vertical na coluna d'água em relação à densidade (ind./m³) e tamanho médio (μm) das larvas de *Neritina zebra* durante a maré vazante. Dessa forma, as amostras de zooplâncton foram coletadas no mês de dezembro (2013), sendo definidas três fases durante a maré vazante, a fase inicial (após a preamar), fase de pico (máxima vazante) e fase final (próximo a baixamar); e duas profundidades: próximo à superfície (doravante referida como 'superfície') e meia-água (em profundidade aproximada de 4m). A velocidade média de corrente de maré na coluna d'água foi obtida através de um perfilador de corrente por efeito Doppler (ADCP). A maré e a profundidade foram fatores que influenciaram a distribuição e o comportamento dos indivíduos, as quais ao longo da vazante se observou a diminuição da densidade média devido à intensificação da velocidade média de corrente ao longo da maré vazante. Em relação à profundidade, na superfície foi observado larvas de menor tamanho médio, enquanto em profundidade de meia-água se localizavam os indivíduos de maior tamanho médio. Portanto, foi notório que provavelmente as larvas de *N. zebra* apresentaram migração descendente como medida a minimizar o efeito de exportação à jusante.

PALAVRAS-CHAVE: Migração Vertical, Comportamento larval, Estuário do rio Pará

ABSTRACT

In estuaries, the larvae have different vertical migration strategies to minimize or maximize their export or retention according to their embryonic and larval development. This study was carried out in the bay of Guajará and aimed to determine a pattern of vertical distribution in the water column in relation to the density and size of the larvae *Neritina zebra* during the ebb tide. Thus, samples of plankton were collected in December (2013) and three phases were defined during the ebb tide, initial (after high tide), peak phase (maximum ebb) and finals (near low tide); and two depths: near the surface (referred as 'surface') and mid-water (in approximate depth of 4m). The velocity of flow in the water column were obtained by a ADCP (acoustic Doppler current profile). The tide and the depth were factors that influenced the distribution and behavior of individuals. The variation of the average speed along the ebb interfered in the distribution of individuals; so were observed a decrease in the average density during the ebb tide. In addition, the average size of smaller larvae was located at the surface while the larger average size in the depth of half-water. So it was clear that all larvae showed downward migration as a mechanism to minimize the effect of export downstream.

KEY-WORDS: Vertical Migration, Larval Behavior, Pará River Estuary

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01. Localização da área de estudo e coleta na baía do Guajará (PA) em dezembro de 2013.	16
Figura 02. Perfilador de corrente por efeito Doppler (ADCP) utilizado para as medições de velocidade durante a maré vazante na baía do Guajará (PA) em dezembro de 2013.....	17
Figura 03. Perfilador de corrente (ADCP) acoplado a embarcação no estuário do rio Pará (PA).	17
Figura 04. Demonstração matemática para calcular a velocidade média obtida pelo perfilador de corrente durante a maré vazante para as três fases (inicial, pico e final) e profundidade (superfície e meia-água) na baía do Guajará (PA).	18
Figura 05. Desenho amostral utilizado na amostragem. Fase da maré vazante (inicial, pico e final) e profundidade (superfície e meia-água), réplicas R1, R2 e R3 realizadas, N = 18.	18
Figura 06. Demonstração matemática para o cálculo da densidade média às três fases (inicial, pico e final) em superfície e meia-água durante a maré vazante na baía do Guajará (PA).	19
Figura 07. Imagem fotografada durante da medição da larva com precisão de 15 µm.	19
Figura 08. Velocidade média de corrente de maré vazante (cm/s) por fase (inicial, pico e final) e profundidade (superfície e meia-água) na baía do Guajará (PA).	20
Figura 09. Densidade média (ind./m ³) das larvas de <i>N. zebra</i> nas três fases (inicial, pico e final) de maré vazante e em profundidade (superfície e fundo) na baía do Guajará (PA). Barras de erro padrão.	21
Figura 10. Regressão não-linear entre a densidade (ind./m ³) e a velocidade média de corrente (cm/s) para as larvas de <i>N. zebra</i> durante a maré vazante na baía do Guajará (PA) (N=18). ..	21
Figura 11. Tamanho médio das larvas de <i>N. zebra</i> nas três fases (inicial, pico e final) de maré vazante e em profundidade (superfície e fundo) na baía do Guajará (PA). Barras de erro padrão.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Valores correspondentes ao teste ANOVA para densidade média. (GL – graus de liberdade e QM – quadrado médio).....	20
Tabela 02. Valores correspondentes ao teste ANOVA para tamanho médio. (GL – graus de liberdade e QM – quadrado médio).....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 ÁREA DE ESTUDO	16
3.2 AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE DADOS	17
3.3.1 Medições de Velocidade de Corrente de Maré	17
3.3.2 Coleta de Zooplâncton.....	18
3.3.3 Estimativa da Densidade Média das Larvas	18
3.3.4 Estimativa do Tamanho Médio das Larvas	19
3.3.5 Análise Estatística.....	19
4 RESULTADOS	20
4.1 VELOCIDADE DE CORRENTE DE MARÉ	20
4.2 DENSIDADE MÉDIA	20
4.3 DENSIDADE MÉDIA vs VELOCIDADE MÉDIA DE CORRENTE	21
4.4 TAMANHO MÉDIO.....	22
5 DISCUSSÃO	23
6 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A maior parte dos organismos bentônicos possui um ciclo de vida complexo, no qual a fase larval é planctônica e são denominados meroplâncton (BURKE, 1983). Para estes organismos bentônicos, a principal vantagem da fase larval é a dispersão, e particularmente para as espécies sésseis ou de movimentos lentos, esta fase possibilita a exploração do meio antes do assentamento (LOPÉZ; COUTINHO, 2008). Dependendo do hábito alimentar, lecitotrófico ou planctotrófico, estas larvas podem se desenvolver na coluna d'água até o assentamento durante algumas horas até semanas ou desde vários meses a anos (YOUNG, 1995). A larva lecitotrófica do gastrópode *Tegula rustica* em experimentos de laboratório, por exemplo, teve o seu desenvolvimento completo até o assentamento em torno de sete dias (KULIKOVA; OMEL'YANENKO, 2000). Em estuários, os processos físico-químicos, geológicos e biológicos são peculiares devido à instabilidade dos mesmos (DYER, 1997), e muitas larvas são reconhecidas por passarem parte do ciclo de vida em estuários devido às condições ótimas proporcionadas ao seu desenvolvimento, por exemplo, a disponibilidade de alimento (LEVITON, 2008). Dessa forma, as larvas apresentam diferentes estratégias de migração vertical ou horizontal que podem estar atreladas ao seu estágio de desenvolvimento embrionário e larval (KINGSFORD et al. 2002).

Contudo, a questão crucial é entender como ocorre o comportamento e conseqüentemente a distribuição vertical na coluna d'água em relação à mistura vertical pelas correntes de maré. Desse modo, foram sugeridas três tipos de migração, para a qual também se observa a regulação de profundidade (superfície e fundo) sendo elas: a) ontogenética, quando as larvas em estágios iniciais estão na porção superior da coluna d'água em relação às larvas em estágios finais; b) diária, quando a densidade na porção superficial no período diurno é diferente do noturno; e por último c) de maré, quando as larvas forem mais abundantes durante a maré enchente do que a vazante (KUNZE; MORGAN; LWIZA, 2013). Além disso, existem as migrações que foram categorizadas em função da maré, as quais se denominam em migração de enchente, quando as larvas são exportadas à montante e migração de vazante, quando estas estão associadas ao transporte à jusante (QUEIROGA; BLANTON, 2005). As migrações verticais em estuários estão interligadas aos movimentos de maré, os quais induzem as variações de salinidade, temperatura, luminosidade e turbulência (QUEIROGA; BLANTON, 2005), pela disponibilidade de alimento na forma de fitoplâncton e material orgânico dissolvido (DROVETSOV; MIRON, 2001) ou a geotaxia e fototaxia

(METAXAS, 2001; KINGSFORD et al. 2002), sendo denominados como estímulos ambientais abióticos ou bióticos (KINGSFORD et al. 2002; QUEIROGA; BLANTON, 2005).

A distribuição e o comportamento larval frente a esses estímulos em estuários têm sido estudados tanto para larvas de vertebrados como peixes (ISLAM; HIBINO; TANAKA, 2007) e também para invertebrados como larvas de caranguejo (LEE; COLEMAM; JONES, 2005), esses autores reconheceram o comportamento definido como transporte seletivo de corrente de maré (em inglês, *selective tidal stream transport*), definido como a migração vertical conduzida de forma sincronizada com a direção das correntes de maré (EPIFANIO, 1988). No que se refere a estudos com larvas de gastrópodes, foi observada a migração descendente na coluna d'água de larvas em estágios finais devido aos diferentes fluxos turbulentos para as espécies *Ilyanassa obsoleta* em testes de laboratório (FUCHS et al. 2007; 2004) e *Nassarius obsoletus* na baía *Cape Cod*, Massachusetts – EUA (FUCHS et al. 2010), que segundo os mesmos podem ocasionar a retenção larval no estuário. De uma forma geral, esses estudos buscam compreender e determinar a distribuição e comportamento das larvas em função aos estímulos ambientais seja eles, bióticos ou abióticos, os quais influenciam a orientação e migração vertical na coluna d'água resultando na exportação ou retenção dos indivíduos no ambiente estuarino (NAYLOR, 2006; KINSFORD et al. 2002).

Para as larvas da espécie de gastrópode *Neritina zebra* são inexistentes trabalhos que envolvem a migração e transporte larval. Contudo, destaca-se a descrição do desenvolvimento intracapsular, em laboratório, até a liberação da larva véliger na água (BARROSO; MATTHENS-CASCON, 2009). Enquanto, para os indivíduos bentônicos se observa o acompanhamento do desenvolvimento anatômico (BARROSO; MATTHENS-CASCON; SIMONE, 2012). Para a região amazônica, foi analisado o crescimento e a distribuição vertical nas praias de Caruará e do Paraíso em Mosqueiro, e se observou que o recrutamento ocorreu durante o ano todo com aumento significativo no período chuvoso, concluindo que a espécie se reproduziu constantemente durante todo o ano (BORGES, 2010). É importante ressaltar que na ilha de Mosqueiro (PA) é o gastrópode mais comum na região entremarés (BORGES, 2010). Ainda, nas praias de Icoaraci e nas Ilhas de Mosqueiro e Colares, foi estudado a variação espaço temporal da densidade e a plasticidade das conchas de juvenis e adultos (CUNHA, 2012). Sendo assim, uma vez que a população bentônica ocorre no interior do estuário Guajarino onde as correntes são predominantemente vazantes (GREGÓRIO; MENDES, 2009), este estudo tem o objetivo de investigar se a distribuição vertical das larvas poderia auxiliar na retenção dos indivíduos no estuário durante as correntes vazantes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a distribuição das larvas de *Neritina zebra* (Bruguière, 1792) (Mollusca: Gastropoda) na baía do Guajará (PA) durante a maré vazante.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar a influência da velocidade da corrente vazante na densidade média de larvas na superfície e meia-água (4 m) da coluna d'água.

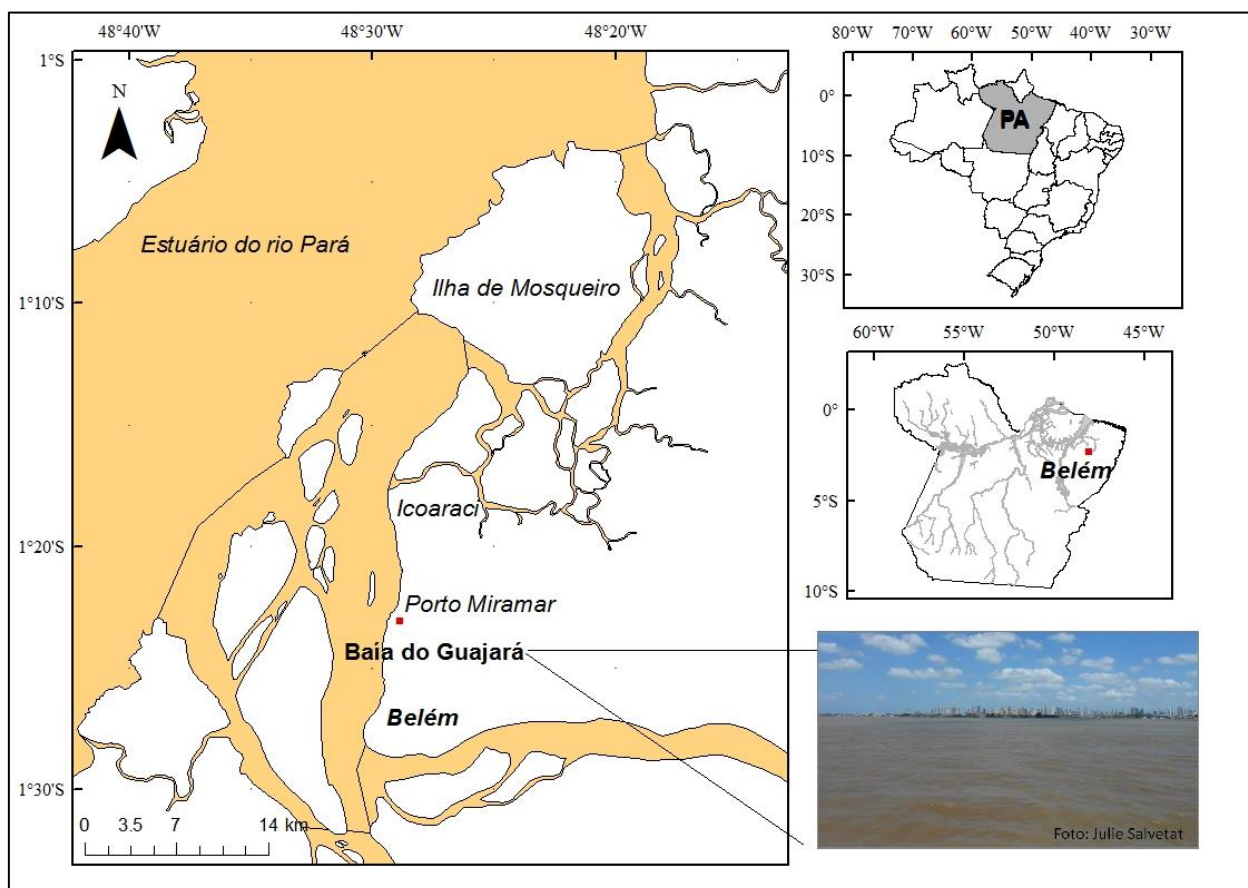
Determinar a composição em tamanho das larvas na coluna d'água ao longo da maré vazante.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A baía do Guajará (localizada entre as coordenadas $1^{\circ} 27' 21''$ S, $48^{\circ} 30' 16''$ W) está situada às margens da cidade de Belém, sendo formada pela foz dos rios Guamá, Acará e Moju (margem direita do estuário do rio Pará), e distante aproximadamente 100 km do oceano Atlântico (PAIVA et al. 2006). O clima é equatorial úmido caracterizado com média anual de $25,9^{\circ}\text{C}$, apresentando precipitação total média de 314 mm (INMET, 2013), onde o período chuvoso ocorre entre os meses de janeiro e junho e o período seco entre julho e dezembro (SALATI et al. 2007) A maré é semidiurna com amplitude média de 3,35 m (PINHEIRO, 1987) e velocidade de 1,35 m/s na enchente e 1,20 m/s na vazante (PORTOBRAS, 1980). Apesar do evidente força das mesomars, a dominância dos processos fluviais prevalece, devido à duração superior do fluxo de vazante em relação ao fluxo de enchente, intensificada na sizígia (GREGÓRIO; MENDES, 2009) (Figura 01).

Figura 01. Localização da área de estudo e coleta na baía do Guajará (PA) em dezembro de 2013.



Fonte: Da autora

3.2 AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE DADOS

A amostragem foi realizada próxima ao porto Miramar no período diurno com a utilização de uma embarcação. Realizou-se transectos transversais em intervalos de tempo (correspondente à coleta de zooplâncton) durante aproximadamente 7 horas referente à maré vazante na baía do Guajará (PA) no mês de dezembro de 2013. É importante ressaltar que a aquisição de velocidade de corrente e zooplâncton ocorreram simultaneamente.

3.3.1 Medições de Velocidade de Corrente de Maré

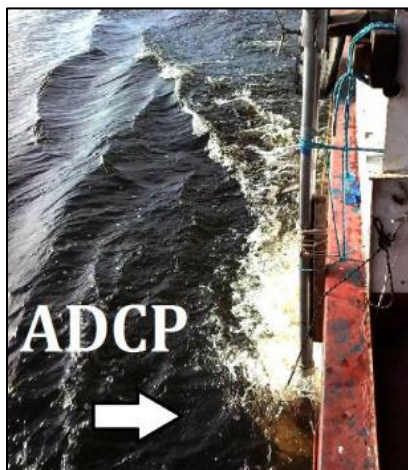
Para a aquisição de dados de corrente foi utilizado um perfilador de corrente por efeito Doppler (ADCP) da Teledyne RD Instruments®, modelo Workhorse Rio Grande, acoplado a lateral da embarcação (Figura 02 e 03).

Figura 02. Perfilador de corrente por efeito Doppler (ADCP) utilizado para as medições de velocidade durante a maré vazante na baía do Guajará (PA) em dezembro de 2013.



Fonte: Teledyne RD Instruments (2014).

Figura 03. Perfilador de corrente (ADCP) acoplado a embarcação no estuário do rio Pará (PA).

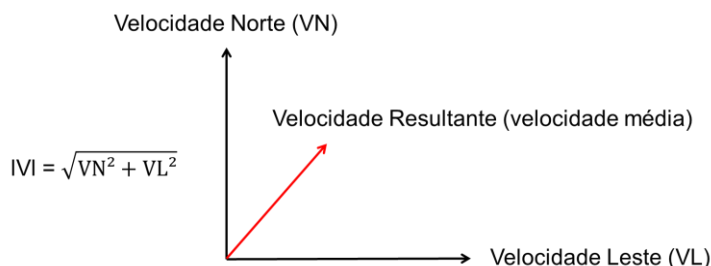


Fonte: Prestes (2013).

O tratamento dos dados ocorreu primeiramente com o *software* WinRiver 1.06©, específico para a visualização inicial dos dados. Nesse *software*, o arquivo foi exportado em formato “P” (‘nome_do_arquivo.000’) para posteriormente ser carregado no Matlab®. Para carregar o arquivo no programa Matlab, utilizou-se a denominação “rdpadcp(nome_do_arquivo)” (PAWLOWICZ, 1999). Em seguida, foram extraídos os

arquivos dispostos na “pasta data”, a qual se obteve a média da velocidade durante 10 minutos para as componentes dos vetores norte e leste, e a partir delas foi calculado a velocidade resultante, por meio da decomposição vetorial (Figura 04). Ressalta-se que para a direção da maré foram utilizados os devidos ajustes da declinação magnética local.

Figura 04. Demonstração matemática para calcular a velocidade média obtida pelo perfilador de corrente durante a maré vazante para as três fases (inicial, pico e final) e profundidade (superfície e meia-água) na baía do Guajará (PA).

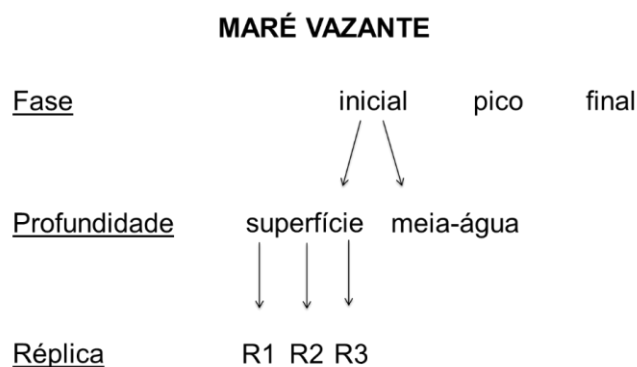


Fonte: Da autora

3.2.2 Coleta de Zooplâncton

Foi utilizada uma rede cônica com 37 cm de diâmetro de abertura, malha 200 μm , e um fluxômetro, marca General Oceanics, posicionado na abertura da rede. Dessa forma, foram definidas três fases durante a maré vazante, inicial (após a preamar), pico (máxima vazante) e final (próximo a baixamar); e duas profundidades: próximo a superfície (doravante referida como ‘superfície’) e meia-água (aproximadamente de 4 m). Assim, para cada tratamento experimental se obteve três réplicas com duração de 1 min. e 30 seg., sendo fixadas com formaldeído tamponado com bórax a 4% em potes de 250 ml (Figura 05).

Figura 05. Desenho amostral utilizado na amostragem. Fase da maré vazante (inicial, pico e final) e profundidade (superfície e meia-água), réplicas R1, R2 e R3 realizadas, N = 18.



Fonte: Da autora

3.2.3 Estimativa da Densidade Média das Larvas

Para estimar a densidade (ind./m³), as amostras foram quarteadas e extraída uma alíquota de $\frac{1}{2}$ volume para a contagem dos indivíduos e em seguida dividido pelo volume filtrado registrado pelo fluxômetro. Como apresentado a seguir na Figura 06:

Figura 06. Demonstração matemática para o cálculo da densidade média às três fases (inicial, pico e final) em superfície e meia-água durante a maré vazante na baía do Guajará (PA).

$$\text{Densidade} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de indivíduos}}{\text{volume filtrado}}$$

$$\text{volume filtrado} = \text{DM} \times \text{área de abertura da rede}$$

$$\text{DM} = \frac{\text{DC} \times \text{RC}}{999999}$$

$$\text{área de abertura da rede} = \pi r^2$$

DM = distância percorrida em metros
 DC = diferença entre o valor inicial e final do fluxômetro
 RC = constante do rotor

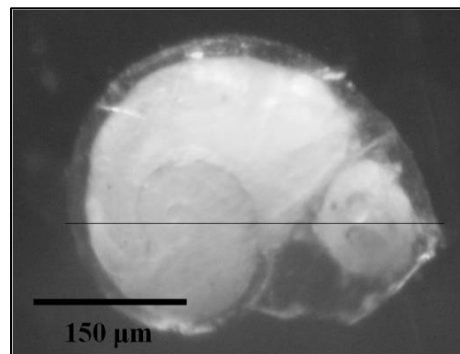
$\pi = 3,14$
 $r = \text{raio (0,185 m)}$

Fonte: Da autora

3.2.4 Estimativa do Tamanho Médio das Larvas

Como forma de estimar o estágio de desenvolvimento das larvas nas amostras foi obtido o maior comprimento das larvas. Para isso foi utilizado estabelecido um comprimento padrão da concha da larva, como indicado na Figura 07 pela listra, com o auxílio de microscópio estereoscópico de ocular 6,2x graduado com precisão 15 μm . Um total de 180 larvas distribuídas igualmente por fase de maré e profundidade foram medidas.

Figura 07. Imagem fotografada durante da medição da larva com precisão de 15 μm .



Fonte: Da autora

3.2.5 Análise Estatística

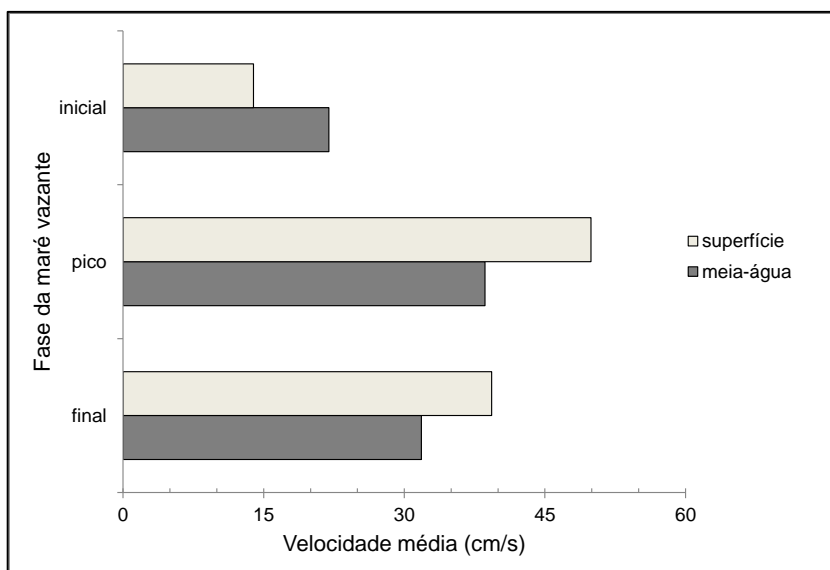
A relação entre densidade e a velocidade média foi analisada a partir de uma regressão não-linear ajustada à função potência. O efeito dos fatores: fase de maré e profundidade na densidade e no tamanho médio de larvas foram testados através uma análise de variância (ANOVA). O teste *a posteriori*, Student-Newman-Keuls (SNK) foi utilizado quando necessário.

4 RESULTADOS

4.1 VELOCIDADE DE CORRENTE DE MARÉ

Na baía do Guajará, se observou as menores velocidades médias durante a fase inicial, as quais foram mais intensas durante o pico e posteriormente a velocidade diminuiu à medida que se completava a curva de maré vazante (Figura 08).

Figura 08. Velocidade média de corrente de maré vazante (cm/s) por fase (inicial, pico e final) e profundidade (superfície e meia-água) na baía do Guajará (PA).



Fonte: Da autora

4.2 DENSIDADE MÉDIA

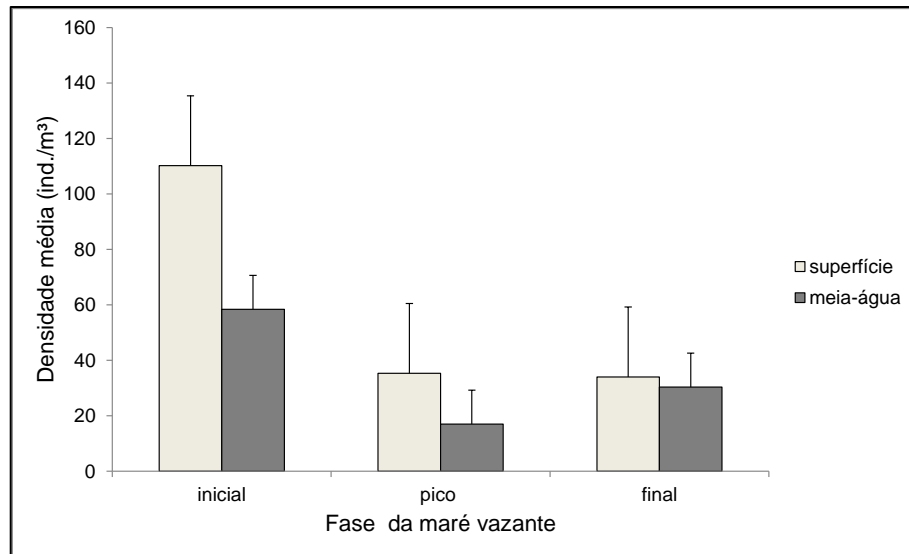
A análise de variância indicou que houve diferença da densidade média devido à fase de maré e profundidade. Entretanto, não foi detectada a interação entre os mesmos (Tabela 01). A densidade média na fase inicial foi maior quando comparada as fases de pico e final (Figura 09), enquanto entre o pico e final da maré vazante não foi detectada essa diferença. Em relação ao efeito da profundidade, a densidade média foi maior na superfície da coluna d'água.

Tabela 1. Valores correspondentes ao teste ANOVA para densidade média. (GL – graus de liberdade e QM – quadrado médio).

DENSIDADE MÉDIA				
Fatores	GL	QM	F	p
Fase de maré	2	6134,42	22,50	0,00008
Profundidade	1	2717,04	09,95	0,00827
Maré vs Profundidade	2	0913,96	03,35	0,06978

Fonte: Da autora

Figura 09. Densidade média (ind./m³) das larvas de *N. zebra* nas três fases (inicial, pico e final) de maré vazante e em profundidade (superfície e fundo) na baía do Guajará (PA). Barras de erro padrão.

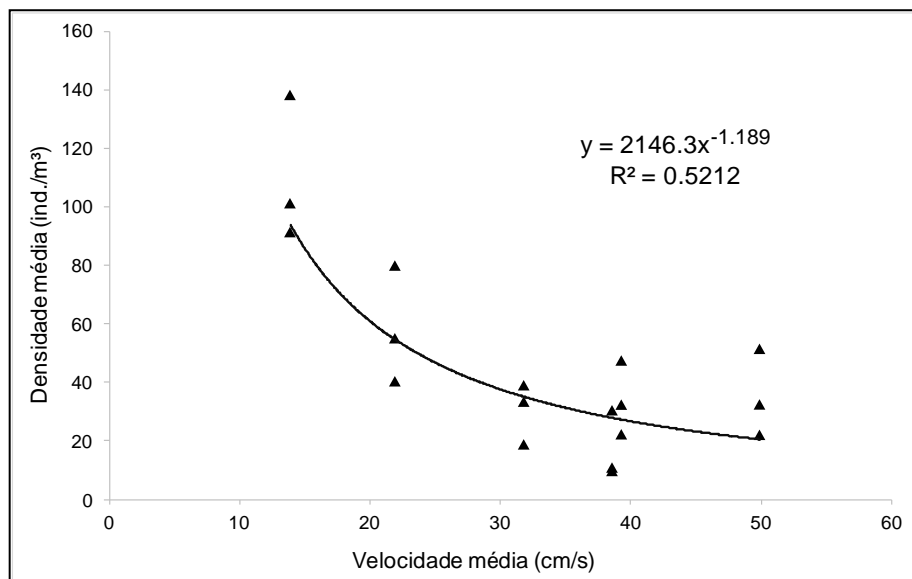


Fonte: Da autora

4.3 DENSIDADE MÉDIA vs VELOCIDADE MÉDIA DE CORRENTE

A curva de regressão não-linear indicou a relação entre densidade e velocidade média. Portanto, provavelmente devido as diferentes velocidades médias apresentadas, as larvas eram distribuídas na coluna d'água. E essa relação foi notória quando se observou a densidade média de aproximadamente 10 ind./m³ durante a fase de pico da maré, 38,6 cm/s ou 140 ind./m³ em velocidade média de 13 cm/s (Figura 10).

Figura 10. Regressão não-linear entre a densidade (ind./m³) e a velocidade média de corrente (cm/s) para as larvas de *N. zebra* durante a maré vazante na baía do Guajará (PA) (N=18).



Fonte: Da autora

4.4 TAMANHO MÉDIO

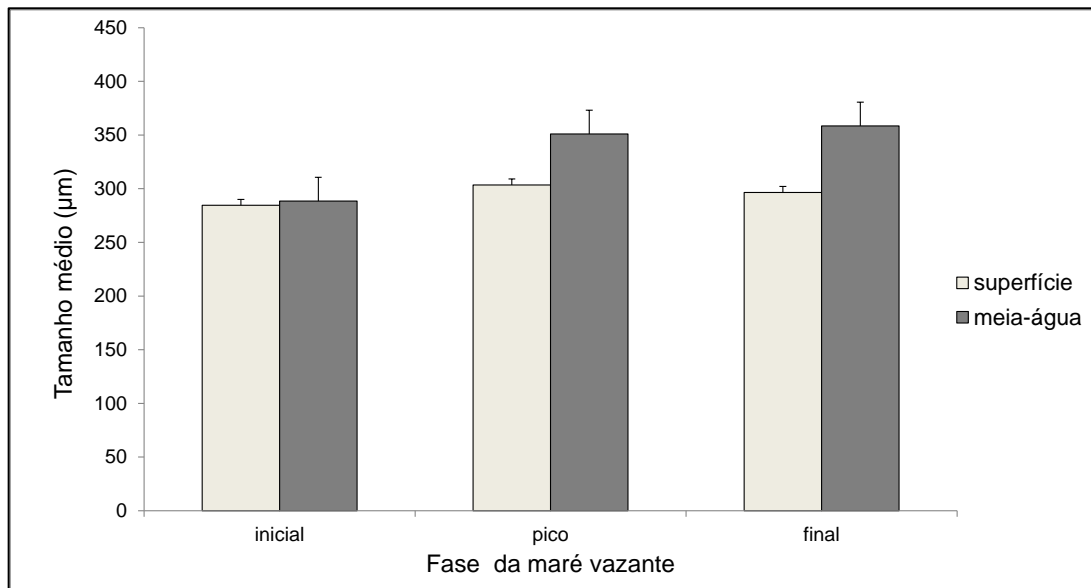
A análise de variância indicou que a diferença foi significativa para os fatores fase de maré e profundidade, mas a interação entre os mesmos não foi observada (Tabela 02). O tamanho médio foi menor na fase inicial se comparado ao pico de maré, enquanto entre as fases inicial-final e pico-final o tamanho médio foi semelhante (Figura 11). Em relação à profundidade, a porção superfície apresentou larvas de menor tamanho médio.

Tabela 1. Valores correspondentes ao teste ANOVA para tamanho médio. (GL – grau de liberdade e QM – quadrado médio).

TAMANHO MÉDIO				
Fatores	GL	QM	F	p
Fase de maré	2	33416	3,5767	0,0300
Profundidade	1	64411	6,8943	0,0094
Maré vs Profundidade	2	13666	1,4627	0,2344

Fonte: Da autora

Figura 11. Tamanho médio das larvas de *N. zebra* nas três fases (inicial, pico e final) de maré vazante e em profundidade (superfície e fundo) na baía do Guajará (PA). Barras de erro padrão.



Fonte: Da autora

5 DISCUSSÃO

Dentre os padrões de migração vertical propostos para o meroplâncton, as larvas de *N. zebra* apresentaram um padrão de migração descendente. Isto foi evidenciado pelo decréscimo da densidade média entre a fase inicial e as fases de pico e final da maré, o que sugere a retenção dos indivíduos no estuário. Esse comportamento migratório pode estar relacionado ao desenvolvimento larval, pois as larvas amostradas estavam no estágio véliger e possivelmente sendo estimuladas ao assentamento.

Para a espécie *Nassarius obsoletus*, um gastrópode marinho-estuarino, esse tipo de comportamento migratório pode ser notado, pois os indivíduos localizados na porção mais profunda na coluna d'água estariam em avançado estágio de desenvolvimento larval. Sendo estimulados pelos diferentes fluxos turbulentos de maré enchente e vazante a migrar para baixo aumentando a probabilidade de assentamento (FUCHS; SOLOW; MULLINEAUX, 2010). Em testes de laboratório, a larva véliger do gastrópode *Ilyanassa obsoleta* também apresentou esse tipo de migração, ressaltando também que esse tipo de migração reduziria o efeito de transporte e dispersão para fora do estuário, permanecendo assim próxima a população adulta (FUCHS et al. 2004; 2007). Portanto, para a *N. zebra* a retenção larval resultaria na permanência no interior do estuário do rio Pará, onde estão localizadas as populações bentônicas, por exemplo, na ilha de Mosqueiro (BORGES, 2010), Icoaraci e Colares (CUNHA, 2012).

A curva de regressão não-linear corrobora a hipótese de migração descendente na coluna d'água. Principalmente, para minimizar a exportação à jusante, pois nesse ambiente as larvas ficariam mais vulneráveis a processos físicos que resultariam no transporte e dispersão a longas distâncias causando a mortalidade ou o não retorno às áreas de assentamento (KUNZE; MORGAN; LWIZA, 2013). Além disso, se observou que as larvas de maior tamanho médio estavam em profundidade de meia-água. Podendo estar relacionado com a competência larval bem como apresentado para outras espécies, pois quando o organismo está chegando ao final do ciclo no plâncton, tende a apresentar fototaxia negativa e geotaxia positiva de modo a aumentar as chances de assentamento (METAXAS, 2001).

Em relação à distribuição das larvas de menor tamanho médio de *N. zebra*, sugere-se que estas tendem a ficar próximas da superfície devido a densidade média ser maior nessa profundidade, mas por causa do aumento da velocidade média, a turbulência gerada poderia ocasionar a desagregação dos indivíduos, estando dessa forma mais bem distribuídas na coluna d'água (não sendo coletadas). Observa-se ainda que essas possam ter a capacidade de

controlar a sua posição vertical em função do seu comportamento alimentar ou fototaxia (YOUNG, 1995; KINGSFORD et al. 2002). Por exemplo, às larvas ainda não competentes do mexilhão *Mytilus edulis* a densidade foi consideravelmente abundante em superfície provavelmente relacionado com as altas concentrações de fitoplâncton e material orgânico dissolvido (DROVETSOV; MIRON, 2001). Desse modo, para as larvas de *N. zebra* não seria estratégico migrar tão profundamente na coluna d'água devido a uma restrita zona fótica ocasionada pela elevada turbidez na baía do Guajará (PINHEIRO, 1987).

De uma forma geral, no estuário Guajarino, a variação da velocidade média durante a maré vazante pareceu influenciar a migração e distribuição das larvas de *N. zebra* na coluna d'água, as quais provavelmente tenderam a migrar para baixo com o intuito de minimizar a exportação à jusante e assim ficarem mais próximas das populações adultas. No entanto, o comportamento foi distinto entre os diferentes tamanhos larvais, as quais de menor tamanho médio, provavelmente permaneceram em superfície, contudo a turbulência gerada pela forte velocidade ocasionou a desagregação dos indivíduos. Enquanto, as de maior tamanho médio estiveram na porção mais profunda devido ao término do desenvolvimento larval.

O entendimento sobre a distribuição vertical das larvas em decorrência dos estímulos ambientais, ainda não foi esclarecido, principalmente no que se refere em como ocorre essa percepção. Isso dificulta o estabelecimento de padrões de distribuição, comportamento e migração (KINGSFORD et al. 2002; QUEIROGA; BLANTON, 2005). Contudo, para as larvas do gastrópode *Ilyanassa obsoleta* foi constatado que possuem a capacidade de retração do véluo por causa dos estatocistos quando expostos a diferentes fluxos turbulentos (DICKINSON, 2002) e outros autores também especularam essa hipótese devido a indiscutível resposta a turbulência (FUCHS et al. 2004; 2007). Para as larvas de *N. zebra*, a presença dos estatocistos ocorreu entre o 9º e 20º dia do desenvolvimento larval (BARROSO; MATTHEWS-CASCON, 2009). Dessa forma, talvez esse seja o mecanismo fisiológico receptor sensível às variações de velocidades durante os ciclos de maré.

Portanto, foi notório que as larvas da espécie em questão responderam a variação de velocidade média, assim como outras larvas de gastrópodes. Contudo, o nível de desenvolvimento larval da espécie pareceu também influenciar a distribuição na coluna d'água, já que houve diferença na localização entre os tamanhos médios. Entender o tipo de migração e como são distribuídas é fundamental para a proposta de um padrão, haja vista a conectividade entre as larvas meroplânctônicas e a população bentônica.

6 CONCLUSÃO

As larvas de *N. zebra* foram distribuídas de forma desigual na coluna d'água durante a maré vazante no estuário da baía do Guajará, provavelmente relacionado às diferenças de velocidade média de corrente e/ou tamanho médio entre as fases e profundidade. Desse modo, o reconhecimento da distribuição vertical em função da maré vazante somado ao comportamento da espécie, conclui-se que:

- I. As larvas de *N. zebra* tenderam a realizar migração descendente na coluna d'água com o intuito de minimizar a exportação a jusante e para ficarem próximas das populações adultas da espécie.
- II. Diferenças na distribuição de acordo com o nível de desenvolvimento larval, onde:

Larvas de menor tamanho médio estão localizadas na superfície, provavelmente devido à disponibilidade de alimento e/ou a fototaxia positiva.

Larvas de maior tamanho médio estão distribuídas na profundidade de meia-água, possivelmente relacionado à competência ao assentamento e/ou por apresentarem geotaxia positiva.

REFERÊNCIAS

- BARROSO, C. X.; MATTHEWS-CASCON, H. Spawning and intra-capsular development of *Neritina zebra* (Bruguière, 1792) (Mollusca: Gastropoda: Neritidae) under laboratory conditions. *Invertebrate Reproduction and Development*, v. 53, p. 137–143, 2009.
- BARROSO, C. X.; MATTHEWS-CASCON, H.; SIMONE, L. R. L. Anatomy of *Neritina zebra* from Guyana and Brazil (Mollusca: Gastropoda: Neritidae). *Journal of Conchology*, v.41, p. 49-64, 2012.
- BORGES, A. N de S. *Crescimento e Dinâmica Populacional de Neritina zebra (Bruguière, 1792) (Mollusca: Gastropoda) na Região do Entremarés da Ilha de Mosqueiro, Belém – PA*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Biologia). Instituto de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.
- BURKE, R. D. The induction of metamorphosis of marine invertebrate larvae: stimulus and response. *Canadian Journal of Zoology*, v. 61, p. 1701-1719, 1983.
- CUNHA, C. V. *Distribuição e Ecomorfologia de Neritina zebra (Bruguière, 1792) (Mollusca: Gastropoda: Neritidae), em um Estuário Amazônico, Pará, Brasil*. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca). Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
- DICKINSON, A. J. G. *Neural and muscular development in a gastropod larva*. Tese de Doutorado (Department of Physiology and Biophysics). Faculty of Graduate Studies. Dalhousie University Canada, Dalhousie, 2002.
- DROVETSOV, S.V.; MIRON, G. Larval and Post-larval Vertical Distribution of the Mussel *Mytilus edulis* in the White Sea. *Marine Ecology Progress Series*, v 218, p.179-187, 2001
- DYER, K. R. *Estuaries: A Physical Introduction*. 2. Ed. Nova York. John Wiley e Sons, 1967.
- EPIFANIO, C. E. Transport of invertebrate larvae between estuaries and the continental shelf. *Coastal-Offshore Ecosystem Interactions*, v. 22, p. 291-305, 1988.
- FUCHS, H. L.; L. MULLINEAUX, S.; SOLOW, A. R. Sinking behavior of gastropod larvae (*Ilyanassa obsoleta*) in turbulence. *Limnology and Oceanography*, v. 49, p. 1937-1948, 2004.

FUCHS, H. L.; NEUBERT, M. G.; MULLINEAUX, L. S. Effects of Turbulence-Mediated Larval Behavior on Larval Supply and Settlement in Tidal Currents. *Limnology and Oceanography*, v. 53, p. 1156-1165, 2007.

FUCHS, H. L.; SOLOW, A. R.; MULLINEAUX, L. S. Larval Responses to Turbulence and Temperature in a Tidal Inlet: Habitat Selection by Dispersing Gastropods? *Journal of Marine Research*, v. 68, p. 153-188, 2010.

GREGÓRIO, A. M. S.; MENDES, A. C. Batimetria e sedimentologia da baía de Guajará, Belém, Estado do Pará, Brasil. *Amazônia: Ciência e Desenvolvimento*, v. 5, p. 53-72, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em 01 dez 2014.

ISLAM, S.; HIBINO, M.; TANAKA, M. Tidal and diurnal variations in larval fish abundance in an estuarine inlet in Ariake Bay, Japan: implication for selective tidal stream transport. *Ecology Research*, v. 22, p. 165–171. 2007.

KINGSFORD, M. J.; LEIS, J.; SHANKS, A.; LINDEMAN, K.; MORGAN, S.; PINEDA, J. Sensory Environments, Larval Abilities and Local Self-Recruitment. *Bulletin Marine Science*, v. 70, p. 309-340, 2002.

KULIKOVA, V. A.; OMEL'YANENKO, V. A. Reproduction and Larval Development of the Gastropod Mollusk *Tegula rustica* in Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Russian Journal of Marine Biology*, v. 26, p. 128-130, 2000.

KUNZE, H. B.; MORGAN, S. G.; LWIZA, K. M. Field test of the behavioral regulation of larval transport. *Marine Ecology Progress Series*, v. 487, p. 71-78, 2013.

LEE, J. T.; COLEMAN, R. A.; JONES, M. B. Vertical Migration during Tidal Transport of Megalopae of *Necora Puber* in Coastal Shallow Waters during daytime. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. v. 65, p. 396-404. 2005.

LEVINTON, J.S. *Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology*. 3^a ed. Oxford University Press, 2008.

LÓPEZ, M. S.; COUTINHO, R. Acoplamento Plâncton-Bentos: O Papel do Suprimento Larval na Estrutura das Comunidades Bentônicas de Costões Rochosos. *Oecologia Brasiliensis*, v. 12, p. 575-601, 2008.

METAXAS, A. Behaviour in flow: perspectives on the distribution and dispersion of meroplanktonic larvae in the water column. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 58, p. 86-98, 2001.

NAYLOR, E. Orientation and navigation in coastal and estuarine zooplankton. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, v. 39, p. 13-24, 2006.

PAIVA, R. S.; LECA, E. E.; PASSAVENTE, J. Z. de O.; CUNHA, M. da G. G da S.; MELO, N. F. A. C. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá.(Pará, Brasil). *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi*, v. 2, p. 133-146, maio-agosto. 2006.

PAWLOWICZ, R. rdpadcp.m. 2004. Disponível em: <<http://www2.ocgy.ubc.ca/~rich>>. Acesso em 01 dez 2014.

PINHEIRO, R. V. L. *Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará - Belém (PA)*. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica). Universidade Federal do Pará, Belém, 1987.

PORTOBRAS. Medições de correntes e materiais em suspensão junto ao porto de Belém-Pará. Relatório Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias 82/80, código Belém 740/01. Rio de Janeiro. 162 p. 1980.

PRESTES, Y. O. *Transporte de volume na zona de maré do rio Pará*. Tese de Conclusão de Curso (Bacharelado em Oceanografia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

QUEIROGA, H.; BLANTON, J. Interactions between behaviour and physical forcing in the control of horizontal transport of decapods crustacean larvae. *Advances Marine Biology*, v. 47, p. 107-214, 2005.

RD INSTRUMENTS – RDI. Disponível em: <www.rdinstruments.com/rio.aspx>. Acesso em 01 dez 2014.

SALATI, E.; CAMPANHOL, T.; NOVA, N. V. Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI. 1ª edição, Rio de Janeiro, 2007.

SIOLLI, H., 1957. Valores de pH de Águas Amazônicas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Série avulso, Belém (1): 27-41.

YOUNG, C. M. Behavior and locomotion during the dispersal phase of larval life, In *Ecology of Marine Invertebrate Larvae*, CRC Press, 1995.