

RELAÇÃO ENTRE A ORIGEM COSTEIRA DE *MACROBRACHIUM AMAZONICUM* E O NÍVEL DE SALINIDADE NA LARVICULTURA

Regiane Kelly Silva SOEIRO¹; Cristina Pantoja ROCHA², Murilo MACIEL¹; Fernando Araújo ABRUNHOSA³, Cristiana Ramalho MACIEL^{1*}

RESUMO

No cultivo das larvas de crustáceos maiores sobrevivências são observados nas salinidades ideais devido ao menor gasto energético com a osmorregulação. Em ótimas condições, é esperado maior longevidade destas sob completa inanição. No presente estudo, larvas foram obtidas de fêmeas ovígeras do camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum*, capturadas de duas regiões costeiras da Amazônia: várzea (Abaetetuba/PA) e estuarina (Bragança/PA). As larvas foram mantidas em inanição a partir de zoea I e zoea VII e foram submetidas às salinidades 0, 2, 5, 10, 20 e 30 ppt. Baseado nos resultados obtidos, as larvas (100 larvas/L) foram então cultivadas em sistema fechado dinâmico, em tanques com volume de 2L, nas salinidades: 5, 10, 20 ppt e alimentadas com náuplios de *Artemia*. Maiores longevidades foram observadas nas larvas de origem estuarina nas salinidade 10 (12,00 ± 0,79 dias) e menor em água doce (6,77 ± 3,47 dias). No entanto, melhores resultados foram registrados nas salinidades 2 (10,33 ± 1,97 dias), 5 (10,80 ± 2,07 dias) e 10 ppt (10,23 ± 1,07 dias) para as larvas de várzea. Relevante diferenças foram observadas quando comparados os dois cultivos: as larvas de estuário não chegam a PL em água doce e apresentam redução da produtividade na salinidade 5 ppt (43,2 ± 7,8 PL/L) enquanto que as larvas de várzea atingem normalmente pós-larvas em água doce podendo ser cultivadas em salinidade 5ppt sem perda de produtividade, reduzindo assim os custos do manejo.

Palavras Chave: Camarão de água doce; Eurialino; Várzea, Estuário

RELATIONSHIP BETWEEN THE COASTAL ORIGIN OF THE FRESHWATER PRAWN *MACROBRACHIUM AMAZONICUM* AND SALINITY LEVELS IN THE HATCHERY

ABSTRACT

In the culture of crustacean larvae, the best survival rates are observed at optimal salinity due to the lower expenditure of energy for osmoregulation. In optimal conditions, greater longevity is expected under conditions of complete starvation. In the present study, larvae were obtained from ovigerous females of the freshwater prawn *Macrobrachium amazonicum* captured in two distinct regions of the Amazon coast of Pará, representing Amazonian várzea (Abaetetuba) and estuarine (Bragança) habitats. The larvae were maintained under starvation conditions, and from the zoea I to the zoea VII stages, they were exposed to salinities of 0, 2, 5, 10, 20 and 30 ppt. Based on the results of these trials, the larvae (100 larvae/L) were then reared in a dynamic closed system in 2L tanks at salinities of 5, 10 and 20 ppt, being fed with *Artemia* nauplii. In the larvae captured in estuarine habitats, longevity was greatest at a salinity of 10 ppt (12.00±0.79 days) and lowest in freshwater (6.77±3.47 days). In the várzea larvae, longevity was greatest at salinities of 2 (10.33±1.97 days), 5 (10.80±2.07 days) and 10 ppt (10.23±1.07 days). Other important differences were observed between the two groups of larvae. None of the estuarine larvae molted to the PL stage in freshwater and productivity was greatly reduced (43.2±7.8 PL/L) at a salinity of 5 ppt. By contrast, the várzea larvae developed into post-larvae (PL) normally in freshwater and could be reared at salinity 5 ppt with no loss of productivity. This permitted the minimization of management costs.

Keywords: Freshwater prawn; euryhaline; Amazonian várzea, estuary

Artigo Científico: Recebido em 16/02/2016 – Aprovado em 01/08/2016

¹Universidade Federal do Para /IECOS, Campus de Bragança Al. Leandro Ribeiro S/Nº Aldeia, Bragança, PA, 68600-000, Brasil. E-mail: regianesoeiro@yahoo.com.br; macielufpa@gmail.com. *Autor correspondente: cmtmaciel@yahoo.com.br;

² Universidade Federal do Para /IECOS, E-mail: cprocha.bio@gmail.com;³ UFPA /IECOS, E-mail: faraujo@ufpa.br

INTRODUÇÃO

Macrobrachium amazonicum apresenta ampla distribuição na América do Sul em regiões tropicais e subtropicais (HOLTHUIS, 1952; MELO, 2003). A sua ocorrência abrange diversas bacias, desde o Caribe-Orinoco, Amazônia Central, bacia do Paraguai-Paraná, até áreas costeiras Atlânticas, incluindo a drenagem do Caribe (ANGER, 2013). Devido a essa ampla distribuição, a biologia reprodutiva da espécie é influenciada pelo habitat, em que as populações próximas a costa apresentam maior fecundidade em relação as populações continentais (MACIEL e VALENTI, 2009). ANGER (2013) levantou a hipótese de não ser uma única espécie e sim o complexo *M. amazonicum*, sugerindo a especiação desse grupo.

Um dos aspectos que sofre variação diante dos diferentes habitats que o camarão-da-amazônia ocupa é a capacidade de osmoregulação (CHARMANTIER e ANGER, 2011). Segundo ANGER (2013), *M. amazonicum* apresenta-se como uma espécie diádroma em áreas costeiras e hololimnética em regiões continentais. As populações do Pantanal e costeira da Amazônia apresentam hiper-regulação osmótica em baixas salinidades e apenas a população da Amazônia tem capacidade de hipo-regular em salinidades acima de 20 (CHARMANTIER e ANGER, 2011).

As populações costeiras apresentam animais com maior porte, sendo os mais indicados para o cultivo (MACIEL e VALENTI, 2009). No entanto, a Região Costeira da Amazônia caracteriza-se pelo grande aporte de água doce favorecendo áreas costeiras definidas como várzea de maré (PRANCE, 1980). É possível que *M. amazonicum* apresente plasticidade biológica para esses dois ambientes. Indícios desse processo biológico, ocorreu no rio Tocantins, após a construção da barragem da hidrelétrica de Tucuruí, que gerou uma fase inicial de mortalidade e escassez do camarão-da-amazônia na área (ODINETZ-COLLART, 1987; 1991). Esse isolamento restringiu a população a água doce, no entanto, em pouco tempo foi observada a recuperação da população do *M. amazonicum* evidenciando predominância de fêmeas na população, com reprodução contínua, menor porte e baixa fecundidade (MACIEL e VALENTI, 2009). Como o tempo de isolamento não justifica

especiação sugere processos de plasticidade biológica.

Nos últimos anos houve investimento no desenvolvimento tecnológico para o cultivo do camarão-da-amazônia e muitos avanços foram alcançados (MORAES-VALENTI e VALENTI, 2010). No entanto, essa atividade só poderá iniciar em escala comercial diante de larviculturas capazes de fornecer pós-larvas aos produtores. Além disso, a produção larval apresenta os maiores custos na alimentação (náuplios de *Artemia*) e na mão-de-obra (VETORELLI, 2008). Contudo, as áreas de cultivo afastadas da costa acarretam o aumento nos custos com transporte de água do mar ou uso de água salobra artificial (ARAUJO e VALENTI, 2010; MORAES-VALENTI e VALENTI, 2010).

ARAUJO e VALENTI (2010) realizam testes de inanição com larvas de *M. amazonicum* originadas de população costeira da Amazônia e constataram que elas podem tolerar salinidades baixas a partir de 1 ppt. Entretanto, segundo os autores, salinidades abaixo de 5 ppt não mantem vivos os náuplios de *Artemia* por muitas horas, dificultando o cultivo nessas condições. Além disso, a maioria dos dados de larvicultura do camarão-da-amazônia foram obtidos de animais descendentes de área tipicamente estuarina (MORAES-VALENTI e VALENTI, 2010). Até o momento não foram realizados estudos para áreas de várzea com influência de maré na Região Amazônica. Nessa área o aporte de água doce é abundante, com um ambiente tipicamente oligohalino, apresentando salinidade zero durante os meses de enchente (SILVA *et al.*, 2015). Diante de tais fatos, levanta-se a hipótese que a população do camarão-da-amazônia, do ambiente estuarino e de várzea, pode apresentar respostas distintas no desenvolvimento larval em relação as variações da salinidade. Assim, nosso estudo avaliou o efeito da salinidade no desenvolvimento larval de *M. amazonicum* proveniente de duas regiões costeiras existentes na Amazônia: várzea e estuarina.

MATERIAL E MÉTODOS

As larvas de *M. amazonicum* foram obtidas de fêmeas ovígeras oriundas de duas áreas distintas no Estado do Pará: área de várzea

no Município de Abaetetuba (Rio Maratauíra) e área estuarina - localizada no Município de Bragança (furo do Taici - Estuário do Rio Caeté). A área de várzea situa-se a oeste do município de Abaetetuba, na zona das ilhas, na qual a salinidade não ultrapassa o limite máximo de 0,5 ppt para corpos hídricos classificados como água

doce estabelecidos pelo CONAMA (SILVA *et al.*, 2015) (Fig. 1). O estuário do Rio Caeté apresenta regime de maré semidiurno, ocorrendo em períodos de 6,2 h, apresentando sistema de macromarés de 4-5 m de altura máxima e salinidade podendo variar de 5 a 35 ppt (SCHWENDENMANN, 1998).

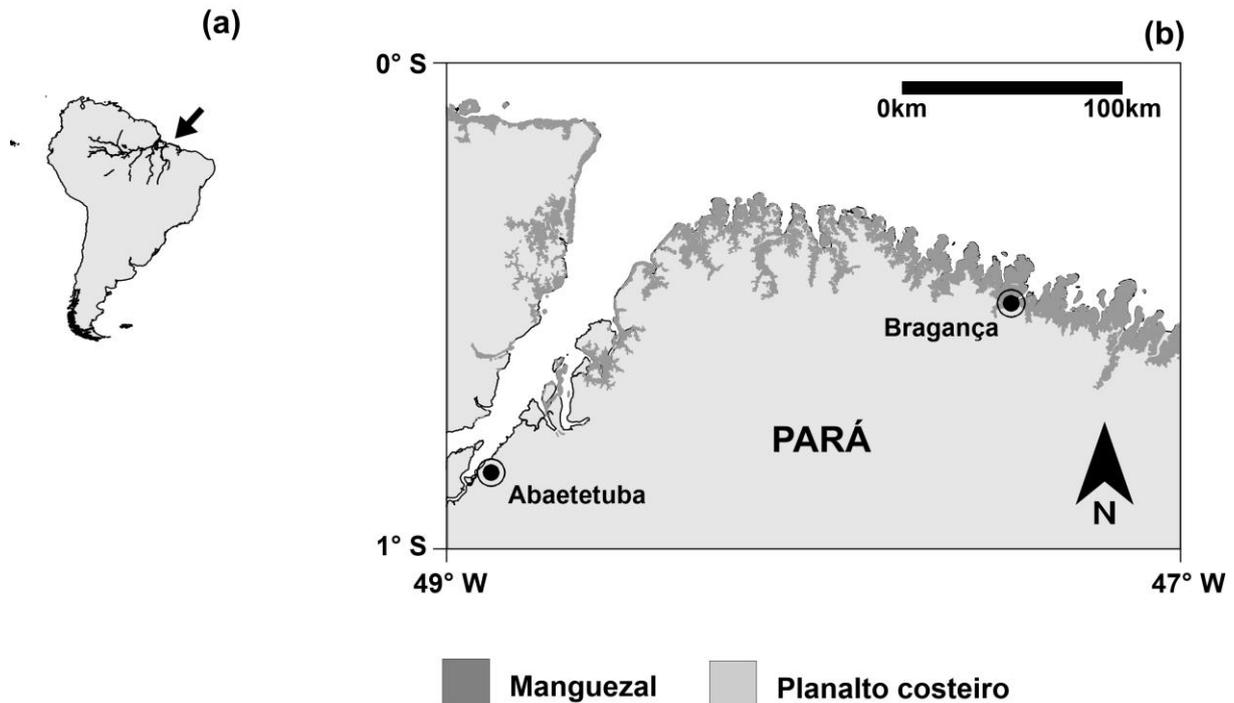


Figura 1 - Localização dos pontos de coleta utilizados para obter as matrizes de *M. amazonicum* dos municípios de Abaetetuba (várzea de maré) e Bragança (estuarino), Estado do Pará, Brasil.

As fêmeas ovígeras foram coletadas com a utilização de armadilhas do tipo “matapi” em ambas as áreas. Em seguida foram transportadas ao laboratório de Aquicultura, no *Campus* Universitário de Bragança - UFPA, em água do local da coleta e aeração constante. Em laboratório as fêmeas foram desinfetadas em solução de formaldeído 25 mg/L durante 30 minutos, seguida do acondicionamento individual em baldes contendo água com salinidade 5 ppt.

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial, contendo 2 etapas em paralelo. Foi avaliado o efeito da salinidade em larvas da originadas de área de várzea e estuarina. A etapa 1, consistiu de um teste em inanição, na qual as larvas foram privadas da alimentação e

submetidas a um amplo espectro de salinidade. Na etapa 2, as larvas foram cultivadas em sistema fechado dinâmico, em três salinidades, com oferta de alimento.

Etapa 1 - Teste em Inanição

Testes de inanição podem ser uma boa opção para verificar de modo rápido e reproduzível a salinidade ideal para larvas de crustáceos, pois é esperado o menor gasto energético para a regulação osmótica em condições ideais, aumentando a longevidade, o número de ecdises para os estágios subsequentes e a sobrevivência (COOPER e HEINEN, 1991; MALLASEN e VALENTI, 1998). Além disso, as larvas apresentam reservas energéticas nos estágios iniciais, devido as reservas vitelínicas e nos estágios finais decorrente da alimentação e

preparação para a metamorfose (ANGER, 2001). Nesse caso, é recomendado que os testes de inanição para avaliar a salinidade adequada para uma espécie sejam realizados nos estágios larvais iniciais e finais (COOPER e HEINEN, 1991).

Para a realização dos testes foram utilizadas larvas de três diferentes fêmeas de cada área (várzea e estuário), sendo conduzidas em duas etapas: larvas recém eclodidas (zoea I), e a partir de decapodito (zoea VII). As larvas foram submetidas a 6 tratamentos, correspondendo as salinidades: 0, 2, 5, 10, 20 e 30 ppt. Para cada localidade foram utilizadas três réplicas (uma por fêmea), representadas por 10 larvas cada.

Para o início dos experimentos, as larvas recém eclodidas, zoea I, foram aclimatadas à salinidade desejada, adicionando-se água do mar à água doce, oriunda do sistema de abastecimento local (após esterilização com uso de lâmpadas UV). O aumento gradual da salinidade foi feito na proporção de 0,5 ppt a cada 30 minutos. Em seguida, as larvas foram estocadas individualmente em recipientes de polietileno com 100 mL de água nas diferentes salinidades e privados de alimentação.

Para a obtenção das larvas na fase de decapodito foram mantidas seis larviculturas em sistema fechado dinâmico (três de cada localidade), em tanques de 15L com água em salinidade 10 ppt. Cada tanque foi povoado com as larvas restantes, provenientes das três diferentes fêmeas de cada área. Os tanques de cultivo foram mantidos em banho Maria, alocados em recipientes providos de aquecedores, acoplados a termostatos para a manutenção da temperatura (29 ± 1 °C). A aeração foi constante, o fotoperíodo adotado foi de 12 horas claro:escuro e as larvas foram alimentadas com náuplios de *Artemia* e dieta inerte foi ofertada a partir do estágio V.

Os valores médios de temperatura, pH, oxigênio dissolvido e saturado foram obtidos utilizando uma sonda multiparâmetro (YSI Professional Series Plus). A amônia e nitrito foram aferidos com o auxílio de kits colorimétricos (Alcom®) (Tabela 1).

Ao atingirem o estágio de decapodito (estágio VII) as larvas foram retiradas dos tanques de larvicultura, aclimatadas e estocadas

individualmente em recipientes de polietileno com 100mL de água em diferentes salinidades e mantidas em inanição, tal qual a metodologia utilizada para as larvas em estágio inicial.

A cada 48 horas foram realizadas trocas de água e diariamente foi aferida a salinidade pela manhã e à tarde. Quando necessário foi realizada a reposição com água doce em função da perda por evaporação.

Após a transferência das larvas para os recipientes de cultivo, seja em estágio inicial ou a partir de estágio VII, verificou-se a sobrevivência em períodos curtos: 1, 2, 4, 8, 12 e 24 horas. Posteriormente, as observações foram realizadas a cada 12 horas. As larvas mortas foram identificadas em microscópio óptico para verificar o estágio antes de serem descartadas. Em seguida a longevidade foi determinada a partir do número de dias que sobreviveram. O experimento encerrou-se quando todas as larvas e pós-larvas morreram. Etapa 2- Larvicultura em diferentes salinidades. Para o início dos experimentos, as larvas oriundas das fêmeas utilizadas no teste anterior obtidas das regiões de várzea e estuário, foram aclimatadas, seguindo o protocolo já descrito. Estas, foram submetidas a três tratamentos, correspondendo as salinidades: 5, 10, 20 ppt (três réplicas cada). Os cultivos foram desenvolvidos em sistema fechado dinâmico utilizando tanques com volume de 2L, em que foi adotada a densidade de 100 larvas/L. Os tanques de cultivo foram alocados em banho Maria, em recipientes providos de aquecedores, acoplados a termostatos para a manutenção da temperatura. Foi adotado o fotoperíodo de 12 horas claro:escuro e fornecida aeração constante. A salinidade foi monitorada pela manhã e à tarde, com reposição de água doce, em função da perda por evaporação. A temperatura foi monitorada diariamente, pela manhã e à tarde. Duas vezes por semana foram registrados os valores de pH, oxigênio dissolvido e saturado (sonda multiparâmetro YSI Professional Series Plus). Além disso, foram aferidos o teor de amônia total e nitrito (kits Alcom®) (Tabela 2). Os parâmetros adotados foram baseados em larviculturas experimentais realizados com *M. amazonicum* de acordo com MORAES-VALENTI e VALENTI (2010).

Tabela 1 - Parâmetros de controle de qualidade da água (média \pm desvio padrão), nos cultivos estoques com larvas de *M. amazonicum* oriundas dos ambientes de várzea e estuário. Em que: OD - Oxigênio dissolvido e OS - Oxigênio saturado.

Parâmetros	Várzea	Estuário
Temperatura (°C)	29,0 \pm 0,36	28,7 \pm 0,68
pH	8,2 \pm 0,04	8,2 \pm 0,04
OD (mg L ⁻¹)	5,1 \pm 0,63	5,0 \pm 0,47
OS (%)	67,1 \pm 4,04	69,4 \pm 3,81
Amônia Total (mg L ⁻¹)	0,23 \pm 0,51	0,04 \pm 0,09
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,10 \pm 0,17	0,02 \pm 0,07

Tabela 2 - Parâmetros de controle de qualidade da água (média \pm desvio padrão), nos tanques de cultivo com larvas *M. amazonicum* oriundas dos ambientes de várzea e estuário em salinidade: 5, 10 e 20 ppt. Em que: OD - Oxigênio dissolvido e OS - Oxigênio saturado.

Tratamento	Sal. 5		Sal. 10		Sal. 20	
	Várzea	Estuário	Várzea	Estuário	Várzea	Estuário
Temperatura (°C)	29,2 \pm 0,007	29,2 \pm 0,025	29,4 \pm 0,005	29,1 \pm 0,035	29,4 \pm 0,009	29,3 \pm 0,015
pH	8,37 \pm 0,11	8,33 \pm 0,07	8,31 \pm 0,14	8,28 \pm 0,04	8,28 \pm 0,14	8,26 \pm 0,06
OD (mg L ⁻¹)	5,03 \pm 0,34	5,22 \pm 0,37	4,89 \pm 0,31	4,53 \pm 0,27	4,33 \pm 0,60	4,53 \pm 0,49
OS (%)	67 \pm 5,60	69 \pm 5,35	65 \pm 6,12	64 \pm 2,39	63 \pm 8,50	68 \pm 7,57
Amônia Total (mg L ⁻¹)	0,05 \pm 0,10	0,02 \pm 0,07	0,03 \pm 0,08	0	0,15 \pm 0,24	0
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,27 \pm 0,58	0,18 \pm 0,53	0,15 \pm 0,32	0	0,18 \pm 0,33	0,11 \pm 0,30

A alimentação foi baseada na oferta de náuplios de *Artemia* recém eclodidos: iniciando com 4 náuplios/mL e ampliando para 8 a partir do estágio III. A dieta inerte foi adicionada quando as larvas alcançaram o estágio de zoea V.

Para verificar o efeito da salinidade durante o cultivo, foi determinado o índice de condição larval - ICL (adaptado de TAYAMEN e BROWN 1999), a cada dois dias. Foram analisadas 5 larvas por tanque, totalizando 15 larvas por

tratamento. Os parâmetros avaliados foram: condições do intestino, condições da glândula digestiva, estado dos cromatóforos, coloração do corpo, estado do rostro e cerdas, proporção da musculatura em relação ao intestino, aparência do

músculo do abdômen, melanização e presença de organismos infestantes. Cada item checado recebeu um valor de 0 a 2, sendo: 0 = pobre; 1 = satisfatório; 2 = excelente.

Os tanques foram despescados quando o número de pós-larvas era superior ao número de larvas. O número de larvas e pós-larvas foi determinado por contagem individual, com a determinação da taxa de sobrevivência e produtividade, considerada pela produção de pós-larvas/L.

Análise Estatística

Para a análise estatística dos resultados, foi verificada a normalidade e homocedasticidade por meio dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente. Como os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias foram atendidos, aplicou-se a análise de variância fatorial (ANOVA), em que foram verificados os efeitos da salinidade, local de origem das fêmeas e a interação entre estes fatores. Foram avaliadas a longevidade das larvas recém eclodidas (zoea I) e a partir de decapodito (zoea VII).

O mesmo procedimento estatístico foi conduzido para verificar os efeitos de salinidade, local de origem e interação entre os fatores, para os dados de sobrevivência e produtividade resultantes do teste de larvicultura em diferentes salinidades, providos de alimentação. Quando houve diferenças entre as médias, foi aplicado o teste de Tukey, considerando que as médias são diferentes quando $P < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Statística 8.0.

RESULTADOS

Teste em Inanição

Para larvas recém eclodidas (Zoea I) de *M. amazonicum* foi registrado diferenças significativas entre as médias de longevidade entre as salinidades e ocorreu interação entre os fatores salinidade e local de origem das fêmeas (Tabela 3). A partir de decapodito (zoea VII) a longevidade das larvas apresentou diferenças significativas entre as médias para os dois fatores: salinidade e local de origem, assim como houve interação entre estes fatores (Tabela 3). Larvas recém eclodidas (zoea I), originadas do ambiente de várzea, avançaram até o estágio de zoea IV em

todas as salinidades testadas. As maiores longevidades em dias foram registradas nas salinidades 2 ppt ($10,33 \pm 1,97$ dias), 5 ($10,80 \pm 2,07$) e 10 ppt ($10,23 \pm 1,07$), não havendo diferença entre as mesmas (Tabela 4). Além disso, não houve mortalidade em zoea I. Apenas nas salinidades 5 e 10 ppt não foi observada mortalidade em zoea II. A maior taxa de metamorfose para zoea IV ocorreu na salinidade 10 ppt, no entanto a maior longevidade para esse estágio ocorreu em água doce (Figura 2a).

Em contrapartida as larvas de origem estuarina foram afetadas negativamente pela água doce. Os melhores resultados de longevidade foram observados na salinidade 10 ppt ($12,00 \pm 0,79$ dias), enquanto que os menores valores ocorreram em água doce ($6,77 \pm 3,47$ dias) (Tabela 4). O primeiro registro de mortalidade em zoea I foi notificado 11,5 horas após a aclimação em água doce. Entretanto, para as demais salinidades não houve mortalidade nesse estágio. Apenas nas salinidades 10 e 30 ppt não houve mortes de larvas em zoea II. Exceto em água doce, todas as larvas conseguiram atingir o estágio de zoea IV, com maior taxa de ecdise na salinidade 30 ppt (Figura 2b). A partir de decapodito (zoea VII), as larvas de *M. amazonicum* do ambiente de várzea, mostraram-se tolerantes a ampla variação de salinidade, apresentando maior longevidade em dias, nas salinidades 10 ppt ($11,17 \pm 3,12$) e 20 ppt ($11,50 \pm 2,08$) (Tabela 4). Apenas nas salinidades 2 e 10 ppt não foram observadas mortes de larvas em zoea VII. Houve registro de pós-larvas em todos os tratamentos, com maior taxa de metamorfose na salinidade 10 ppt (Figura 3a). As larvas de ambiente estuarino, a partir de decapodito (zoea VII), também apresentaram maior longevidade em salinidade 10 ppt ($11,43 \pm 2,84$ dias). Por outro lado, mostraram-se vulneráveis à água doce, apresentando 93% de mortalidade e redução da longevidade ($3,13$ dias $\pm 1,63$ - Tabela 4). Em água doce ocorreu evolução até o estágio zoea IX, enquanto que nas demais salinidades foram registradas pós-larvas. O maior número de pós-larvas foi observado na salinidade 10 ppt (Figura 3b). As primeiras pós-larvas foram observadas no 5º dia após o povoamento dos decapoditos (zoea VII), tanto para os tratamentos com larvas originadas do ambiente de várzea quanto para o ambiente estuarino.

Tabela 3- Longevidade de larvas de *M. amazonicum*, submetidos a teste de inanição, originadas de ambiente de várzea e estuarino da Amazônia, cultivados em diferentes salinidades (0, 2, 5, 10, 20 e 30 ppt). Análise de variância dois fatores: salinidade, local de origem das larvas e interação entre os fatores.

Efeito e Interação	Zoea I		
	GL	F	P
Salinidade	5	25,832	0,000000
Local	1	1,978	0,160465
Salinidade X Local	5	6,155	0,000018
	Decapodito (Zoea VII)		
	GL	F	P
Salinidade	5	37,278	0,000000
Local	1	21,641	0,000005
Salinidade X Local	5	8,479	0,000000

Larvicultura em diferentes salinidades

As médias de sobrevivência e produtividade para larvas de *M. amazonicum* apresentaram diferenças significativas em relação ao local de origem das larvas (estuário e várzea) e houve interação entre os fatores local de origem e salinidade (ANOVA fatorial - Tabela 5).

As maiores sobrevivências para larvas do ambiente de várzea foram registrados na salinidade 10 ppt, enquanto que para os animais oriundos do estuário, foram registrados na salinidade 20 ppt (Tabela 6).

Na larvicultura dos animais de várzea a produtividade mostrou resultados similares, não

havendo diferenças significativas entre os tratamentos. Em contrapartida, a produtividade dos animais de origem estuarina foi afetada pela salinidade 5 ppt, com os melhores resultados obtidos nas salinidades 10 e 20 ppt (Tabela 6). O índice de condição larval mostrou-se próximo ao ideal (~ 2; excelente) em todos os cultivos avaliados, não havendo diferenças ao longo do desenvolvimento larval, tanto entre locais quanto entre as salinidades (Figura 4). Os cultivos tiveram duração de 20 dias para larvas originadas do ambiente de várzea e 21 dias para o estuarino. Os primeiros registros de pós-larvas ocorreram no 14º dia, em todos os tratamentos

Tabela 4 - Longevidade de larvas de *M. amazonicum* (em dias) oriundas de ambientes de várzea e estuário, submetidas à inanição em diferentes salinidade (0, 2, 5, 10, 20 e 30 ppt). Letras diferentes maiúsculas indicam que as diferenças entre as médias são significativas entre os locais (linhas) e as letras minúsculas indicam que as diferenças entre as médias são significativas entre as salinidades (colunas), ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Salinidade	Longevidade (Zoea I)	
	Várzea	Estuário
0	8,07 ± 3,64 ^{A b}	6,77 ± 3,47 ^{A c}
2	10,33 ± 1,97 ^{A a}	9,70 ± 2,65 ^{A b}
5	10,80 ± 2,07 ^{A a}	10,13 ± 2,50 ^{A b}
10	10,23 ± 1,07 ^{A a}	12,00 ± 0,79 ^{A a}
20	8,53 ± 1,43 ^{A ab}	9,70 ± 2,00 ^{A b}
30	7,10 ± 1,69 ^{A b}	8,93 ± 1,17 ^{A b}

Longevidade (Decapodito- Zoea VII)		
0	7,30 ± 2,72 ^{A b}	3,13 ± 1,63 ^{B c}
2	9,27 ± 2,43 ^{A ab}	7,80 ± 3,85 ^{A b}
5	8,33 ± 2,93 ^{A b}	7,37 ± 3,38 ^{A b}
10	11,17 ± 3,12 ^{A a}	11,43 ± 2,84 ^{A a}
20	11,50 ± 2,08 ^{A a}	9,30 ± 2,78 ^{A ab}
30	7,10 ± 1,24 ^{A b}	8,63 ± 2,34 ^{A b}

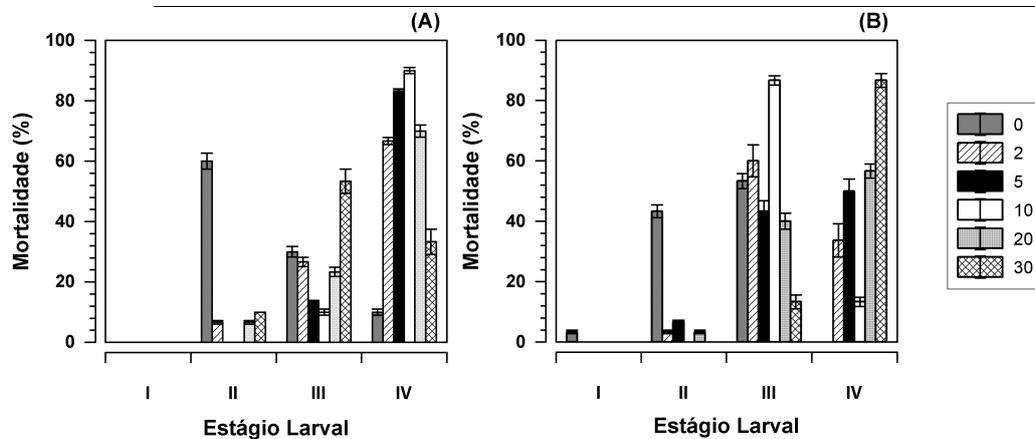


Figura 2 - Percentual de mortalidade (%) por estágio zoea, a partir de larvas recém eclodidas (zoea I) de *M. amazonicum* mantidas em inanição em diferentes salinidades (0, 2, 5, 10, 20 e 30 ppt): (A) larvas provenientes de várzea e (B) de estuário. Representados a média ± desvio padrão (barras).

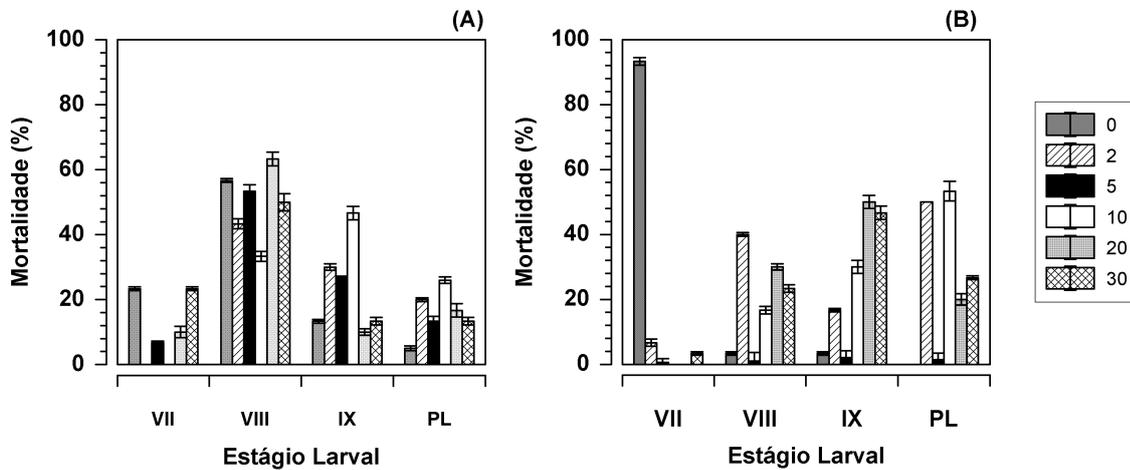


Figura 3 - Percentual de mortalidade (%) de larvas de *M. amazonicum*, mantidas em inanição em diferentes salinidades (0, 2, 5, 10, 20 e 30 ppt), a partir de decapodito (zoea VII): (A) larvas provenientes de várzea e (B) de estuário. Representados a média ± desvio padrão (barras).

Tabela 5 - Sobrevivência e produtividade de larvas de *M. amazonicum*, originadas de ambiente de várzea e estuarino da Amazônia, cultivados em diferentes salinidades: 5, 10 e 20 ppt. Análise de variância dois fatores: salinidade, local de origem das larvas e interação entre os fatores.

Efeito e Interação	Sobrevivência		
	GL	F	P
Salinidade	2	2,93	0,0919667
Local	1	9,45	0,009633
Salinidade X Local	2	45,38	0,000003
Efeito e Interação	Produtividade		
	GL	F	P
Salinidade	2	2,92	0,092318
Local	1	21,57	0,000566
Salinidade X Local	2	7,36	0,008187

Tabela 6 - Sobrevivência e produtividade de larvas de *M. amazonicum* oriundas de ambientes de várzea e estuário, submetidas a diferentes salinidade, cultivados em sistema fechado dinâmico. Letras diferentes maiúsculas indicam que as diferenças entre as médias são significativas entre os locais (linhas) e as letras minúsculas indicam que as diferenças entre as médias são significativas entre as salinidades (colunas), ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

Salinidade	Sobrevivência	
	Várzea	Estuário
5	78,7 ± 2,5 ^{A b}	73,0 ± 6,1 ^{A b}
10	90,17 ± 1,6 ^{A a}	69,50 ± 1,0 ^{B b}
20	70,0 ± 2,6 ^{B c}	83,0 ± 1,3 ^{A a}
Salinidade	Produtividade	
	Várzea	Estuário
5	76,7 ± 2,0 ^{A a}	43,2 ± 7,8 ^{A b}
10	79,7 ± 0,7 ^{A a}	61,3 ± 5,9 ^{B ab}
20	66,8 ± 2,6 ^{A a}	67,6 ± 16,0 ^{B a}

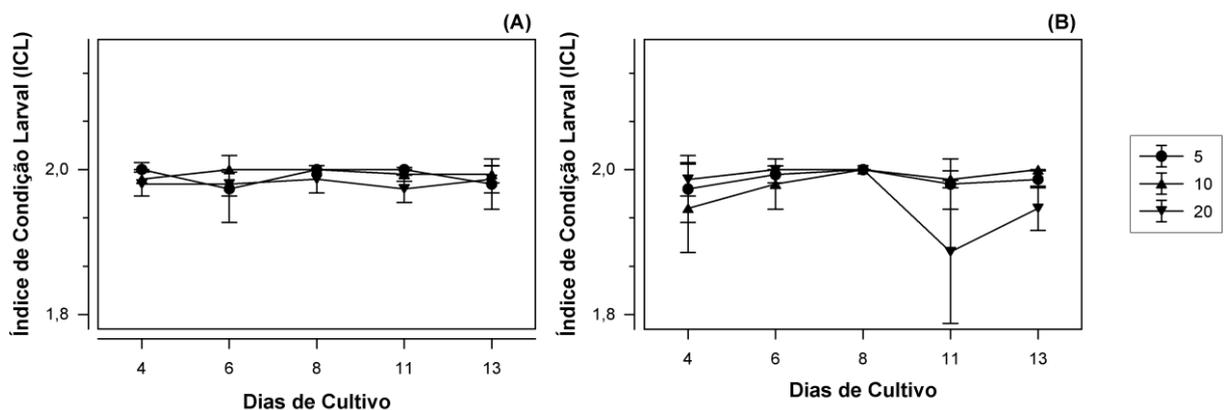


Figura 4 - Índice de condição Larval (ICL) de larvas de *M. amazonicum* submetidos à diferentes salinidades (5, 10 e 20 ppt): (A) larvas provenientes de várzea e (B) de estuário. Representados a média ± desvio padrão (barras).

DISCUSSÃO

Larvas de *M. amazonicum* apresentam grande plasticidade biológica, podendo tolerar ampla variação de salinidade. Na Região Amazônica essa característica foi evidenciada tanto para animais originados da área de várzea como de estuário, apresentando-se como uma espécie eurialina nessa fase. Essa plasticidade apresenta-se distinta em relação a fase do desenvolvimento

ontogenético, à salinidade e ao local de origem das larvas.

Segundo ARAUJO e VALENTI (2010), *M. amazonicum* tolerara água doce no estágio zoea I, no entanto, essa tolerância é fortemente diminuída em zoea II, corroborando o que foi observado no presente estudo. Essa adaptação é acompanhada de mudanças morfológicas nas brânquias e na expressão da bomba de sódio e potássio ATPase

(Na⁺, K⁺ ATPase - NKA) (BOUDOUR-BOUCHEKER *et al.*, 2013). A afinidade dessa enzima pelo sódio é 4 vezes menor em zoea I em relação a outros estágios (LEONE *et al.*, 2012). ITUARTE *et al.* (2016) registraram para a espécie eurialina *Palaemonetes argentinus* que os órgãos extrabranquiais constituem o principal sítio nos estágios embrionários pré-eclosão e zoea I. Provavelmente essa estratégia está presente em larvas de *M. amazonicum* com o propósito de migrarem até o estuário para completar seu desenvolvimento larval. Essas evidências foram corroboradas pelos experimentos de inanição no estágio zoea I, tanto para as larvas de origem de várzea, quanto as estuarinas.

As larvas de *M. amazonicum* toleram salinidades de 0 a 30 ppt, todavia partir de decapodito (zoea VII), apenas os animais de várzea fecham o ciclo em água doce. No entanto, observa-se uma equiparação de resultados com maior taxa de ecdise em pós-larvas, para ambos locais na salinidade 10 ppt. Esses resultados sugerem que as larvas podem se comportar facultativamente como hololimnéticas na região de várzea, embora prefiram salinidades intermediárias, enquanto que animais de origem estuarina apresentam-se como espécie diádroma típica (MCNAMARA *et al.*, 1983; MOREIRA *et al.*, 1986; CHARMANTIER e ANGER, 2011; LEONE *et al.*, 2012; BOUDOUR-BOUCHEKER *et al.*, 2013; BARBIERI *et al.*, 2014).

Devido as diferentes respostas a osmoregulação relacionadas a ampla distribuição, questionou-se tratar da mesma espécie ou do complexo *M. amazonicum* (ANGER, 2013). Contudo, no presente estudo os animais não apresentam um isolamento geográfico suficiente para haver distinção em espécies, sugerindo plasticidade biológica em resposta as variáveis ambientais. Desse modo, esse estudo demonstrou que existem diferentes respostas a salinidade, interferindo na longevidade e sobrevivência para animais de uma mesma população genética, oriundos de locais com características hídricas diferentes. As salinidades extremas (0 e 30 ppt) promoveram menor longevidade e menor frequência de ecdise para os estágios subsequentes para animais originados da várzea de maré. Todavia, larvas de origem estuarina, mantidas em inanição, apresentam as maiores

longevidades nas salinidades 10 e 20 ppt. Segundo AGARD (1999), é esperado que larvas mantidas em inanição, em condições inadequadas, devam esgotar suas reservas endógenas mais rapidamente, em função do estresse fisiológico e do aumento da energia para se manterem vivas. Nesse caso, as diferenças observadas no desenvolvimento larval foram atribuídas as adaptações relacionadas a origem das larvas.

As larvas originadas da várzea, alimentadas com náuplios de *Artemia*, apresentaram maior sobrevivência em salinidade 10 ppt, enquanto que para o estuário a salinidade 20 ppt promoveu melhor resultado. Entretanto, a produtividade foi maior que 60 PL/L, em animais originados da várzea, independente da salinidade testada (5, 10 e 20 ppt), enquanto que para o estuário a salinidade 5 ppt promoveu redução da produtividade (43,2 ± 7,8 PL/L). Os resultados aqui obtidos, para região estuarina, corroboram com os dados pré-existentes para o cultivo de larvas de *M. amazonicum*, que identifica a salinidade ótima entre 10 e 14 ppt (GUEST e DUROCHER, 1979; BARRETO e SOARES, 1982; VALENTI, 1985). O cultivo nessa faixa de salinidade resulta em altos valores de produtividade e redução do período de cultivo (VETORELLI, 2008; MORAES-VALENTI e VALENTI, 2010). A diminuição da sobrevivência e atraso no ciclo de muda para larvas dessa espécie, cultivadas em salinidade abaixo de 5 ppt, já havia sido reportado por VETORELLI (2008). Entretanto, até o momento não existia dados para animais provenientes da região de várzea da Amazônia, que mostraram-se mais adaptados a condições oligohalinas.

A tolerância das larvas originadas da várzea à baixas salinidades, com alta produtividade, permite sugerir o cultivo na salinidade 5 ppt, desde que utilize matrizes reprodutivas originadas desse tipo de ambiente. Esse manejo resulta na redução de custos na larvicultura do camarão-da-amazônia.

CONCLUSÕES

As larvas de *M. amazonicum* são eurialinas e apresentam tolerância a água doce no primeiro estágio larval como adaptação a migração para ambiente com influência salina, independente da

origem dos animais. A hipótese que a população do camarão-da-amazônia com origem estuarina e de várzea apresentam respostas distintas à variação de salinidade durante o desenvolvimento larval, foi confirmada. A produtividade de larvas oriundas de várzea, em salinidade 5 ppt foi superior a 60 PL/L, permitindo sugerir a viabilidade da larvicultura de *M. amazonicum* nesta salinidade. Em contrapartida, a resistência à salinidade, das larvas provenientes de ambiente estuarino permitem o seu cultivo em salinidades moderadas, quando houver restrição da disponibilidade de água doce. Para ambos casos, as informações obtidas aqui resultariam em ganho zootécnico, devido a economia com transporte de água salgada ou produção de água salobra artificial.

AGRADECIMENTOS:

Agradecemos o fomento do CNPq (Universal Processo 447954/2014), à Universidade Federal do Pará (UFPA), a FAPESPA, projeto REPAPAQ, aos estagiários do Laboratório de Aquicultura e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERENCIAS

- AGARD, J.B.R. 1999 A four-dimensional response surface analysis of the ontogeny of the palaemonid shrimp *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 236(2): 209-233.
- ANGER, K. 2013 Neotropical *Macrobrachium* (Caridea: Palaemonidae): On the biology, origin and radiation of freshwater-invading shrimp. *Journal of Crustacean Biology*, 33(2): 151-183.
- ARAUJO, M.C. e VALENTI, W.C. 2010 Efeito de baixas salinidades sobre larvas de *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae) submetidas à inanição. *Magistra*, 22(1): 191-197.
- BARBIERI, E.; BONDIOLI, A. C. V.; MELO, C. B.; BARBOSA H., M. 2014. Effects of low salinity on juvenile pink shrimp (Perez-Farfante 1967, Crustacea). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 47(1): 1-11.
- BARRETO, A. e SOARES, A.M.C. 1982 Produção de pós-larvas de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1962) (Decapoda: Palaemonidae), sob condições controladas de laboratório. *Revista Brasileira de Zoologia*, 1(1): 51-53.
- BOUDOUR-BOUCHEKER, N.; BOULO, V.; LORIN-NEBEL, C.; ELGUERO, C.; GROUSSET, E.; ANGER, K.; CHARMANTIER-DAURES, M.; CHARMANTIER, G. 2013 Adaptation to freshwater in the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum*: Comparative ontogeny of osmoregulatory organs. *Cell and Tissue Research*, 353(1): 87-98.
- CHARMANTIER, G. e ANGER, K. 2011 Ontogeny of osmoregulatory patterns in the South American shrimp *Macrobrachium amazonicum*: Loss of hypo-regulation in a land-locked population indicates phylogenetic separation from estuarine ancestors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 396(2): 89-98.
- COOPER, R. K., & HEIGEN, J. M. 1991 A starvation test to determine optimal salinities for larval freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 100A(3): 537-542.
- GUEST, W. C. e DUROCHER, P.P. 1979 Palaemonid Shrimp, *Macrobrachium Amazonicum*: Effects of Salinity and Temperature on Survival. *The Progressive Fish-Culturist*, 41(1): 14-18.
- HOLTHUIS, L. 1952 A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. Occasional Paper 12. Allan Hancock Foundations Publications. 396p.
- LEONE, F.A.; MASUI, D.C.; BEZERRA, T.M.S.; GARÇON, D.P.; VALENTI, W.C.; AUGUSTO, A.S.; MCNAMARA, J.C. 2012 Kinetic analysis of gill (Na⁺, K⁺)-ATPase activity in selected ontogenetic stages of the Amazon River shrimp, *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae): Interactions at ATP- and cation-binding sites. *Journal of Membrane Biology*, 245(4): 201-215.
- LIMA, J.F.; SILVA, L.M.A.; SILVA, C.T.; GARCIA, J.S.; PEREIRA, I.S.; AMARAL, K.D.S. 2014 Reproductive aspects of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) in the State of Amapá, Amazon River mouth. *Acta Amazonica*, 44(2): 245-254.

- MACIEL, C.R. e VALENTI, W.C. 2009 Biology, fisheries and aquaculture of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum*: A Review. *Nauplius*, 17(2): 61–79.
- MALLASEN, M. e VALENTI, W.C. 1998 Efeito da composição iônica da água do mar artificial no desenvolvimento de larvas de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) [Crustacea, Decapoda] no estágio II. *Acta Scientiarum*, 20(2): 195–200.
- MCNAMARA, J.C.; MOREIRA, G.S.; MOREIRA, P.S. 1983 The effect of salinity on respiratory metabolism, survival and moulting in the first zoea of *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Palaemonidae). *Hydrobiologia*, 101(3): 239–242.
- MELO, G.A.S. 2003 *Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil*. São Paulo: Edições Loyola: Centro Universitário São Camilo: Museu de zoologia, Universidade de São Paulo. 430p.
- MORAES-VALENTI, P. e VALENTI, W.C. 2010 Culture of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C.; TIDWELL, J.H.; D'ABRAMO, L.R.; KUTTY, M.N. *Freshwater prawns: biology and farming*. Wiley Blackwell, Oxford. p. 485-501.
- MOREIRA, G.; MCNAMARA, J.; MOREIRA, P. 1986 The effect of salinity on the upper thermal limits of survival and metamorphosis during larval development in *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*, 50(3): 231–238.
- ODINETZ-COLLART, O. 1987 La pêche crevettiere de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas- Tocantins, après la fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil). *Revista Hydrobiology Tropical*, 20: 131–144.
- ODINETZ-COLLART, O. 1991 Tucuruí dam and the populations of the prawn *Macrobrachium amazonicum* in the lower Tocantins (PA, Brasil): a four year study. *Archive für Hydrobiologie*, 122(2): 213–227.
- PRANCE, G. T. 1980 A terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundação. *Acta Amazonica*, 10(3): 495–504.
- SCHWENDENMANN, L. 1998 *Tidal and seasonal variations of soil and water properties in a Brazilian mangrove ecosystem*. 101 f. (Dissertação de Mestrado. University of Karlsruhe-Germany). Disponível em: <https://www.uni-goettingen.de/.../thesis_lschwen.pdf>. Acesso em 05 fev. 2016.
- SILVA, E.M.A. 2008 *Composição e variação nictimeral do ictioplâncton no estuário do Rio Amazonas - Amapá - Brasil*. 65 f. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará). Disponível em: <http://www.cienciaanimal.ufpa.br/pdfs/CA_Ciencia_Animal/CA_ELKE_MICHELINE_ANIJAR_DA_SILVA.pdf>. Acesso em 05 fev. 2016.
- SILVA, J.C.; VIÉGAS, D.R.; SOUZA, E.C.; BARBOSA, I.C.C.; SILVA, A.S. 2015 Avaliação de salinidade, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e potencial de oxidação/redução das águas superficiais do rio Marataúra-Abaetetuba-Pa. In: 114º Encontro de Profissionais de Química da Amazônia. Disponível em: <<http://www.14epqa.com.br/areas-tematicas/meio-ambiente/81-P544-549-avaliacao-de-salinidade-condutividade-eletrica-solidos-totais-dissolvidos.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2016.
- TAYAMEN, M. e BROWN, J.H.A 1999 condition index for evaluating larval quality of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). *Aquaculture*, 30: 917–22.
- VALENTI, W.C. 1985 *Cultivo de Camarões de água doce*. 2ª edição. ed. São Paulo: Editora Nobel. 82p.
- VETORELLI, M. P. 2008 *Salinidade e composição iônica da água na larvicultura do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum**. 123 f. (Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista). Disponível em: <http://www.caunesp.unesp.br/publicacoes/dissertacoes_teses/teses/Tese_Michelle_Pinheiro_Vetorelli.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2016.
- VIEIRA, I. M. e ARAÚJO-NETO, M.D. 2006 Aspectos da da socioeconomia dos pescadores de camarão da Ilha do Pará (PA) e Arquipélago do Bailique (AP). *Boletim do laboratório de Hidrobiologia*, 19: 85–94.