



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

BRENO RICHARD MONTEIRO SILVA

Efeito dos ambientes estuário e reservatório na fecundidade de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) (Heller, 1862)

Belém
2019

BRENO RICHARD MONTEIRO SILVA

Efeito dos ambientes estuário e reservatório na fecundidade de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) (Heller, 1862)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.
Área de concentração: Biodiversidade.
Linha de Pesquisa: Ecologia de Organismos e populações.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira.

Belém
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com
ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

S586e Silva, Breno Richard Monteiro.
Efeito dos ambientes estuário e reservatório na fecundidade de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) (Heller, 1862) / Breno Richard Monteiro Silva, . — 2019.
42 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. fecundidade. 2. crustáceos. 3. efeito do ambiente. 4. estuário. 5. reservatório. I.
Título.

CDD 574.524

BRENO RICHARD MONTEIRO SILVA

Efeito dos ambientes estuário e reservatório na fecundidade de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonidae) (Heller, 1862)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do convênio da Universidade Federal do Pará e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof^a.Dr^a. Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira
Universidade Federal do Pará (Presidente)

Prof. Dr. Felipe Leon Contrera
(Membro Interno Titular)

Prof^a. Dr^a. Simone do Socorro Damasceno Santos
(Membro Externo Titular)

Prof^a. Dr^a. Rossineide Martins da Rocha
(Membro Externo Titular)

Prof^a. Dr^a. Diva Anelie Guimarães
(Membro Externo Suplente)

Local de defesa: Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará.
Data: 27/02/2019 às 14:00h.

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais,
Flor Monteiro e José Silva, que sempre me
incentivaram, me amaram incondicionalmente e
acreditam em mim, mesmo quando não está fácil.
Sou mais feliz por ter vocês na minha vida.

Aos queridos familiares que torcem por mim, em
especial a família Campos, que participa de forma
direta na minha vida me dando o apoio e carinho
necessário as rotinas de estudos cansativas e
estressantes.

Amo a vida de vocês!

AGRADECIMENTOS

Palavra alguma pode demonstrar o tamanho da minha gratidão por cada momento dessa caminhada até chegar aqui. Realmente não foram nada fáceis os dois anos que se passaram para a conclusão deste trabalho, houve algumas dificuldades, entretanto muitos momentos agradáveis. Infelizmente nem todos os momentos serão lembrados, mas deixarei meus agradecimentos aos que de alguma forma contribuíram ou tiveram participação essencial no decorrer deste percurso.

Primeiramente agradeço a Deus pela vida que me deu e pelo cuidado. Obrigado por não me permitir desanimar, em meio às lutas diárias, por não deixar de ter fé em meio a tantas dificuldades impostas ao longo desses dois anos. Sou eternamente grato a Ti, pois de fato És o dono dos meus dias e que sempre está comigo.

À minha querida e amada orientadora Prof^a. Dra. Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira. A senhora tem sido uma mãe de fato na minha carreira acadêmica, o que só faz o meu respeito e admiração pela pessoa que senhora é crescer a cada ano. Agradeço muito por ter me ajudado tanto nesses dois anos e pela confiança no meu trabalho. Obrigado pela disposição, dedicação, cumplicidade, paciência em todos os momentos, demonstrando toda sua atenção e cuidado. Mas quero agradecer principalmente pela excelente orientação, ensinamentos e conhecimentos transmitidos. Muito Obrigado!

À Profa. Dra. Rossineide Rocha, pelos conselhos e por compartilhar comigo seus conhecimentos e experiências de vida. Agradeço pelos puxões de orelha, e por me mostrar que somos capazes de nos superar a cada dia. Sua ajuda foi muito importante para o desenvolvimento deste trabalho. Gratidão!

À “Família Histologia”, meus amigos/companheiros de laboratório, pelas conversas e pelos vários momentos de descontração. Agradeço todo o auxílio, experiências compartilhadas, troca de conhecimentos e cada momento feliz durante esses anos ao qual eu faço parte dessa família científica. Muito obrigado!

À um grupo muito especial chamado “Los Forasteiros”, que compreende os amigos companheiros de turma do PPGECO e também do PPGZOO. Tivemos vários momentos de tensão, principalmente nos seminários, não foram poucos, ou quando sofremos nas disciplinas de estatística. Porém com a cumplicidade, parceria e muita descontração, nós sobrevivemos. Tivemos vários momentos bons que serão lembrados carinhosamente como parte da nossa caminhada. Obrigado amigos!

Ao Rodrigo Lozano, vulgo “Colombiano”, vulgo “Safado”, por ter sido tão gentil em me ajudar com a análise de dados da Estatística Multivariada. Jamais me esquecerei daquele café amargo que tomei na tua casa, café colombiano, você tem um grande coração mano além de ser um ótimo pesquisador, espero poder fazer um tour no teu país na sua companhia. Gratidão por tudo meu amigo!

As minhas amigas companheiras de laboratório Gicele e Liziane, por me ajudarem com as coletas de campo em Tucuruí, e principalmente ao Luciano Queiroz que recebeu a gente em sua casa e nos ajudou com a logística da coleta. Sem a ajuda de vocês não seria possível a realização dessa pesquisa. Obrigado!

Aos melhores amigos que a UFPA me deu nesses 7 anos, Juliana Pantoja, Renata Silva, Yanne Mendes e Fernando Oliveira. Amigos, vocês fazem parte da minha história acadêmica, compartilhando cada momento da minha trajetória até então. Muito obrigado por aguentarem todas as minhas chatices e estresses nesses anos, a cada ano que passa “*Cão nosso de cada dia*” só alegre e descontraí os momentos tensos que passamos. Agradeço pelos incontáveis momentos maravilhosos que vivemos. Vocês são amigos, confidentes e companheiros que sei que posso contar, o apoio de vocês foi e é, essencial, e serei eternamente grato por isso, amo vocês.

Aos meus pais José Silva e Flor Monteiro, por tudo. Não foram anos fáceis, muitas vezes estive abatido, com as preocupações e frustrações até pensei em desistir desse mestrado, porém como sempre vocês me incentivaram a continuar a não desistir. Obrigado pelo cuidado, ensinamentos, confiança e amor dedicado a mim ao longo desses anos. Principalmente por me darem força nesses momentos cruciais de tomadas de decisão, por acreditarem em mim sempre, sem o apoio de vocês eu não seria e não sou nada, sou muito agradecido a Deus por me agraciar com a vida de vocês. Eu os amo de uma forma incondicional. Gratidão Eterna!

Aos meus familiares pela força e ajuda que sempre estiveram dispostos a oferecer. Especialmente a minha avó Floriza que sempre me amou de um jeito único, lhe amo muito;

Aos membros da banca examinadora, pela revisão do texto e sugestões valiosas.

À Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de permanecer em suas dependências durante todos esses anos, me proporcionando momentos inesquecíveis ao lado de pessoas maravilhosas que sempre estarão em meu coração.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia (PPGECO), pela oportunidade de fazer parte do curso de mestrado, e a todo corpo técnico pelo auxílio nos assuntos acadêmicos.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

E a todos de direta ou indiretamente colaboraram para concretização do meu trabalho e a finalização dessa jornada, meu muito obrigado.

*“I was just guessing at numbers and figures,
pulling the puzzles apart, questions of science,
science and progress, do not speak as loud as my
heart”*

(The scientist – Coldplay, 2002)

Efeito dos ambientes estuário e reservatório na fecundidade de *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda: Palaemonida) (Heller, 1862)

RESUMO

Estudos apontam que as atividades antropogênicas e alterações climáticas influenciam diretamente as condições ambientais da região amazônica, nos crustáceos essas mudanças podem influenciar o crescimento e a reprodução. Entre os parâmetros reprodutivos a fecundidade é utilizada para estimar o potencial reprodutivo e o tamanho do estoque de uma população natural. *Macrobrachium amazonicum* é uma espécie de importância socioeconômica na região amazônica, que apresenta ampla distribuição geográfica, plasticidade ecológica e morfológica. Desse modo, o objetivo do estudo foi determinar a influência dos fatores físicos e químicos sobre a fecundidade relativa de populações de *M. amazonicum* em estuário e reservatório. Baseado na hipótese que as diferentes condições do ambiente (estuário e reservatório) influenciam na estratégia de reprodução adotadas pela espécie. Para isso, os parâmetros físicos e químicos da água foram obtidos com auxílio de sonda multiparâmetro e os dados de precipitação foram fornecidos pelo INMET, com o estabelecimento de quatro períodos sazonais: estiagem, transicional estiagem-chuvoso, chuvoso, transicional chuvoso-estiagem. Foram capturadas um total de 255 fêmeas ovígeras, 181 provenientes de estuário e 75 de reservatório. Os espécimes foram destinados a análises biométricas, morfometria dos ovos e fecundidade ao longo do ano. As análises morfométricas foram realizadas em ovos de acordo com as fases de desenvolvimento embrionários. Ao avaliar o efeito das variáveis ambientais sobre as fêmeas ovígeras turbidez e precipitação foram as que mais influenciaram somente no estuário. A relação massa-comprimento das fêmeas foi representada pelas seguintes equações, $Mt=0.017 \times Ct^{2.630}$ ($R^2 = 0.880$) para o estuário e $Mt = 0.021 \times Ct^{2.441}$ ($R^2 = 0.810$) para o reservatório. A análise evidenciou que no estuário as fêmeas ovígeras eram maiores e apresentaram maior massa corporal quando comparadas às de reservatório. A relação entre fecundidade e biometria do animal, de ambos os locais, apresentou correlação positiva alta, entre o comprimento ($r=0.788$), o peso ($r=0.843$) das fêmeas ovígeras, e na relação morfométrica dos ovos. O ambiente de estuário apresentou fêmeas com a maior quantidade de ovos, nos períodos estiagem-chuvoso e chuvoso em relação às fêmeas oriundas do reservatório que apresentou maior fecundidade nos períodos chuvoso-estiagem e estiagem. Em nossos dados observamos quatro estágios de desenvolvimento levando em consideração a presença e o aspecto do olho, e os ovos do reservatório apesar de serem em menor número apresentaram maiores tamanhos em relação ao estuário. A correlação observada se os fatores físicos e químicos influenciam na fecundidade de *M. amazonicum* oriundos do estuário foi confirmada, sendo a precipitação e turbidez os fatores que mais contribuíram para o melhor desempenho reprodutivo da espécie no estuário. No reservatório, o comportamento reprodutivo da espécie sugere que há uma combinação entre os fatores ambientais, promovendo assim a adaptação do animal ao ambiente para manter o seu ciclo de vida.

Palavras-Chaves: Crustáceos, efeito do ambiente, estuário, fecundidade, reservatório.

Effect of Coastal and continental environments on the fecundity of *Macrobrachium amazonicum* (HELLER, 1862)

ABSTRACT

Studies reveal that the Amazon region is suffering a strong anthropogenic and climatic influence which interferes in the environmental conditions. In crustaceans, climate change can influence growth and reproduction, and as life history patterns is influenced by environmental factors, the fertility is an important factor to estimate the reproductive potential and natural population stock. The specie *Macrobrachium amazonicum* has a wide geographical distribution and ecological and morphological plasticity. Based on the hypothesis that the physical and chemical conditions different of the environment influence on populations of *M. amazonicum*, we have the following question: What are the main environmental factors that will influence *M. Amazonicum* fecundity between populations of different places? Thus, the aim of present study is to determine the influence of physical and chemical factors on the relative fecundity of populations of *M. amazonicum* in estuary and reservoir. In the period of study, temperature, pH, salinity, turbidity and dissolved oxygen concentration in the water were obtained *in situ*. Precipitation was obtained from INMET, 2018 with establishment of four seasonal periods: dry, transitional dry-rainy, rainy, transitional rainy-dry. A total of 255 ovigerous females, 181 from the estuary environment and 75 from the reservoir were collected for analysis of biometrics, number and size of eggs throughout the year. Embryonated eggs were measured according to the developmental stages. In the relationship effect of the environmental variables on the ovigerous females, turbidity and precipitation were the main factor on estuary. The mass-length relationship of females was represented by the following equations, $Mt = 0.017 \times Ct^{2.630}$ ($R^2 = 0.880$) for the estuary and $Mt = 0.021 \times Ct^{2.441}$ ($R^2 = 0.810$) for the reservoir, where ovigerous females in the estuary were larger and larger mass in comparison to the reservoir. In the relationship between fecundity and biometry of the animal, from both sites, there was a high positive correlation, between the length ($r = 0.788$) and the weight ($r = 0.843$) of the ovigerous females, as well as the relation with the morphometry of the eggs. The estuarine environment presented females with the highest amount of eggs in the dry-rainy and rainy periods in relation to the females from the reservoir that presented the highest fecundity in the rainy-dry and dry season. In our results observed four stages of development considering the presence and the appearance of the eye, and the eggs of the females reservoir, although in smaller numbers, presented larger sizes in relation to the estuary. The correlation observed if the physical and chemical factors influence the fecundity of *M. amazonicum* from the estuary was confirmed, with precipitation and turbidity being the factors that contributed the best reproductive performance of the species in the estuary. When it comes to the reservoir, we believe that there is a combination of all the environmental factors involved promoting the tolerance of the animal to maintain its life cycle.

Key words: Crustaceans, environmental effect, estuary, fecundity, reservoir.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Áreas de coleta das fêmeas ovígeras de <i>Macrobrachium amazonicum</i> . Belém (Estuário), Tucuruí (Reservatório).....	18
Figura 2 – Biometria das fêmeas ovígeras de <i>Macrobrachium amazonicum</i> . A: Medidas do comprimento total (CT); comprimento do cefalotórax (C_{ct}) e comprimento da Carapaça (C_{ca}). B: Imagem da câmara incubadora com ovos; destaque para os ovos (seta).....	19
Figura 3 –Variação dos fatores ambientais ordenada de acordo com a área de coleta (Est: Estuário; Res: Reservatório). Análise de Coordenadas Principais (PCoA).	20
Figura 4 - Relação de massa-comprimento de fêmeas ovígeras de <i>Macrobrachium amazonicum</i> nas áreas de estudo.	22
Figura 5 – Media da precipitação nos períodos hidrológicos em relação ao comprimento (cm) (A) e peso (g) (B) nos ambientes. CT :Comprimento; P: Peso; Prec: Precipitação.....	23
Figura 6 – Variação dos parâmetros biométricos das fêmeas ovígeras de <i>Macrobrachium amazonicum</i> ordenada de acordo com a área de coleta. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) e análise de permutação (Permanova).	24
Figura 7 – Correlação de Pearson (r_s) da fecundidade com as variáveis biométricas . A: Fecundidade x Comprimento; B: Fecundidade x Peso.	25
Figura 8 – Relação da fecundidade com a precipitação (A) e turbidez (B) no período hidrológico nas áreas estudadas. F: Fecundidade; Prec: Precipitação; Turb: Turbidez	26
Figura 9– Classificação das fases de desenvolvimento dos ovos de <i>Macrobrachium amazonicum</i> nas áreas de estudo com média dos eixos por estágio. A-D: Estuário;E-H: Reservatório. A e E: estágio I; B e F: estágio II; C e G: estágio III; D e H: estágio IV.....	27
Figura 10 – Variação do tamanho dos ovos de <i>Macrabrachium amazonicum</i> ordenada de acordo	

com o estágio de desenvolvimento nos ambientes. E: Estuário, R: Reservatório. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) e análise de permutação (Permanova).28

Figura 11 – Fecundidade e morfometria dos ovos de *Macrobrachium amazonicum* ordenada de acordo com a área de coleta (estuário e reservatório). Análise de Coordenadas Principais (PCoA) e análise de permutação (Permanova).29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fecundidade (\pm desvio padrão) da fecundidade de <i>Macrobrachium amazonicum</i> nas áreas de estudo	24
Tabela 2 – Classificação do desenvolvimento dos ovos pelo diâmetro (\pm desvio padrão), de <i>Macrobrachium amazonicum</i> nas áreas de estudo	28
Tabela 3 - Efeito das variáveis ambientais sobre a fecundidade de <i>Macrobrachium amazonicum</i> no estuário	30
Tabela 4 - Efeito das variáveis ambientais sobre a fecundidade de <i>Macrobrachium amazonicum</i> no reservatório	30

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
OBJETIVOS.....	17
Objetivo geral	17
Objetivos específicos	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
A) Áreas de coleta	18
B) Análises Físico-Química da água	19
C) Coletas dos animais.....	19
D) Taxa de fecundidade.....	19
E) Análises estatísticas	20
RESULTADOS.....	21
DISCUSSÃO.....	30
CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

INTRODUÇÃO

A região amazônica é considerada um dos ambientes mais ricos e diversificado biologicamente no planeta devido sua extensão geográfica e sua diversidade de habitats que incluem rios, igarapés, igapós, manguezais, várzeas, savanas, terra firme entre outros (Pimentel, 2003, MMA, 2010). A heterogeneidade ambientais, de tempo, espaço e padrões climáticos podem afetar o momento ideal do esforço reprodutivo de espécies aquáticas (Winemiller, 1989).

Na região amazônica, o regime de chuvas pode estabelecer diferenças na concentração da salinidade que flutua no período hidrológico nos estuários ao longo do ano, principalmente no período seco, onde ocorre diminuição de aporte de água doce com entrada de águas oceânicas adjacentes (Berrêdo et al., 2008). Os fatores de qualidade da água dos rios, como turbidez, oxigênio dissolvido, pH e temperatura também conferem condições para que os organismos vivam e se reproduzam de maneiras mais adequadas (Mendes et al., 2018; Pantaleão et al., 2018; Oliveira et al., 2018), estas condições influenciam na distribuição e abundância de organismos dentro dos ambientes aquáticos.

Nos crustáceos as mudanças climáticas podem influenciar o crescimento e o sucesso reprodutivo, pois os padrões da historia de vida são influenciados por fatores ambientais (Costa & Negreiros-Fransozo, 1998; Pantaleão et al., 2018). Por representarem importante fonte protéica de alta qualidade, atividade social e econômico, iniciativas no cultivo vem apresentando um crescimento significativo (FAO, 2009; 2014; 2016).

A região amazônica vem sofrendo forte influência antropogênica e climática que interfere nas condições ambientais e conseqüentemente na manutenção e reprodução das espécies (Fearnside, 2006; Scarano, 2008; Jeppesen et al., 2015). Como exemplo a construção de usinas hidrelétricas que causam mudanças ao ecossistema, em que o barramento formado e os reservatórios são os principais motivos de ameaça para os organismos (Lees et al., 2016; Winemiller et al., 2016). No Estado do Pará o barramento do rio Tocantins resultou em vários impactos ao ecossistema aquático principalmente no declínio da abundância e diversidade de algumas populações de peixes e crustáceos (Mérona et al., 2010; Araújo et al., 2014). Uma das formas de avaliar a interferência do ambiente sobre a estrutura populacional de determinada espécie é conhecer o efeito que a espécie sofre mediante a heterogeneidade ambiental (Silva et al., 2017).

A espécie *Macrobrachium amazonicum* é endêmica da América do Sul e apresenta uma ampla distribuição geográfica, sendo encontrada nas bacias dos rios Orinoco, Amazonas e Paraguai

(Melo, 2003; Anger, 2013), predominando nos lagos de várzea da Amazônia Central. Essa espécie é conhecido como camarão regional no estado do Pará (Moraes-Riodades et al., 1999), camarão da Amazônia (Moraes-Valenti & Valenti, 2010; Araujo et al., 2014), camarão canela e camarão de sossego nas demais regiões do Brasil (Moraes-Riodades & Valenti, 2002). No Brasil, cerca de 85% de camarões de água doce pertencem a espécie *M. amazonicum* (New, 2005), que apresenta o maior potencial para o cultivo comercial (Moraes-Riodades & Valenti, 2002; Silva et al., 2009; Moraes-Valenti & Valenti, 2010). É uma espécie que possui rápido crescimento, rusticidade e fácil manutenção em cativeiro (Guest, 1979; Barreto & Soares, 1982), favorece o cultivo sustentável em empresas que usam mão-de obra familiar, serve como base protéica de alimento para as populações ribeirinhas e como fonte de renda para essas famílias (New et al., 2000).

M. amazonicum apresenta ampla plasticidade ecológica e morfológica (Porto, 2004; Pileggi & Mantelatto, 2010; Vergamini et al., 2011; Soeiro et al., 2016; Freire et al., 2017) habitando desde ambientes continentais, estuarinos e costeiros, com diferentes gradientes de salinidade (Guest & Durocher, 1979; Rodriguez, 1982), sendo comum nos grandes rios de águas turvas, ricos em sedimentos e sais dissolvidos, como os rios de águas brancas da bacia amazônica (Magalhães, 1985; Odinetz-Collart, 1993). As populações de *M. amazonicum* são caracterizadas por uma atividade reprodutiva contínua, podendo encontrar fêmeas em diferentes estágios de maturação gonadal em todos os meses do ano, porém intensificado nos períodos chuvosos (Odinetz-Collart, 1993; Bialetzki et al., 1997; Sampaio et al., 2007; Freire et al., 2012). Essa característica garante uma elevada fecundidade (Silva et al., 2002; Silva et al., 2005; Sampaio et al., 2007; Bentes et al., 2011). De uma forma geral possui um ciclo de vida que consiste em quatro fases: ovo, larva, juvenil e adulto (Odinetz-Collart, 1991; Maciel & Valenti 2009).

Em se tratando da ecologia reprodutiva a fecundidade é um fator importante para a avaliação da espécie a fim de estimar o potencial reprodutivo e o tamanho do estoque em ambiente natural (Vazzoler, 1963; Holden & Raitt, 1975; Santos, 1978). A fecundidade é definida pelo número de ovos colocados por incubação aderidos aos pleópodos de uma única fêmea (Bond & Buckup, 1982). Nos crustáceos de forma geral a fecundidade apresenta uma ampla variação, refletindo suas estratégias reprodutivas e ecológicas diferenciadas (Lobão, et al., 1986; Da Silva et al., 2004).

Há relatos que a quantidade de ovos para *M. amazonicum* pode variar de 500 a 7.000 ovos (Maciel & Valenti, 2009), 33 a 389 ovos em reservatório do sudeste brasileiro (Silva et al., 2017), 6000 a 7000 em tanques de aquicultura (Ribeiro et al., 2012) e media de 2237 de ovos por fêmea no rio Amazonas (Meireles et al., 2013). Um dado relevante é que o tempo de incubação pode variar de

12 a 18 dias (Guest, 1979; Gamba, 1984; Magalhães, 1985), e o tamanho do ovo pode sofrer influência em relação à distância do oceano, maior distância, maior tamanho do ovo (Odinetz-Collart & Rabelo, 1996, Silva et al., 2017). O tamanho máximo alcançado pelos adultos difere entre populações de rios e lagos, sabendo que o tamanho do animal pode influenciar a fecundidade, verificar o crescimento das fêmeas nos ambientes diferentes pode ser um parâmetro para entender o quanto o ambiente favorece o crescimento, sobrevivência e reprodução desse animal (Odinetz-Collart & Moreira, 1993; Odinetz-Collart & Magalhães, 1994).

Nesse contexto em virtude da variação nos ambientes é importante conhecer quanto a fecundidade da espécie pode sofrer alteração, dentro de um gradiente ambiental com condições e recursos mais limitados. Ressaltando que *M. amazonicum* exibe plasticidade na alocação do esforço reprodutivo para se adaptar às mudanças sazonais em fatores ambientais, como temperatura, precipitação e disponibilidade de alimento tendo em vista o cenário atual com as mudanças climáticas e alterações antropicas na região amazônica (De Kerk et al., 2016; Fearnside, 2006). Utilizando de análises de similaridade para a fecundidade entre ambientes reservatório e estuarino, o entendimento dessas dinâmicas pode informar estratégias de manejo mais abrangentes para espécies que tem uma importância econômica para a região.

Baseado na hipótese que as diferentes condições físicas e químicas do ambiente influenciam na plasticidade ecológica de populações de *M. amazonicum*, a espécie desencadeia estratégia reprodutiva que provoca a seguinte questão: Quais os principais fatores do ambiente que irão influenciar na fecundidade de *M. amazonicum* entre as populações? Mediante o exposto o presente estudo tem objetivo de determinar a influência dos fatores físicos e químicos sobre a fecundidade relativa de populações de *M. amazonicum* em estuário e reservatório, estabelecendo relações entre a fecundidade, comprimento e peso dos animais, quanto tamanho, peso e quantidade dos ovos.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar o efeito dos fatores físicos e químicos de ambientes de estuário e continental sobre a fecundidade de populações de *M. amazonicum*, no Estado do Pará.

Objetivos específicos

- Avaliar e comparar os fatores físicos e químicos dos ambientes estuário e reservatório;
- Determinar a fecundidade relativa de *M. amazonicum* nos ambientes de estudo;
- Avaliar a relação da fecundidade de *M. amazonicum* com os fatores físicos e químicos dos ambientes de estudo;
- Avaliar a relação da fecundidade de *M. amazonicum* com biometria dos animais nos ambientes de estudo;
- Comparar a morfometria dos ovos de *M. amazonicum* nos ambientes de estudo;
- Estabelecer a relação de massa-comprimento das fêmeas ovígeras dos dois ambientes.

MATERIAL E MÉTODOS

A) Áreas de coleta:

Estuário – na costa do Rio Pará, Baía do Marajó no Distrito de Mosqueiro ($1^{\circ}10'25.5''S$, $48^{\circ}19'25.8''W$). Mosqueiro é uma ilha fluvial localizada na costa oriental do Rio Pará, um braço sul do rio Amazonas em frente à Baía do Marajó, com área de aproximadamente 212 km^2 . A região das ilhas do furo das Marinhas estão localizadas no Distrito Administrativo do Mosqueiro-PA, fazendo parte da Região Metropolitana de Belém entre a ponte Belém – Mosqueiro e a Baía do Sol.

Reservatório - no rio Tocantins, a montante da Usina Hidrelétrica de Tucuruí ($03^{\circ}52'17.1''S$ e $49^{\circ}46'45.8''W$), na Amazônia Oriental (Brasil) município de Tucuruí, (Pará), localiza-se na Mesorregião do Sudeste Paraense. A Usina Hidrelétrica de Tucuruí está situada no rio Tocantins, no Estado do Pará, logo a montante da cidade de Tucuruí, distante aproximadamente 300 km em linha reta, da cidade de Belém. A construção da barragem envolve a formação de um grande reservatório de cerca de 2.160 km^2 , com um volume de água acumulado da ordem de $43,0 \times 10^9 \text{ m}^3$. O imenso lago artificial formado ao se barrar o rio Tocantins criou um novo ecossistema na região, sendo toda esta área, até 200 metros em seu entorno, pertencente à Eletronorte-Governo Federal (Figura 1).



Figura 1 – Áreas de coleta das fêmeas ovígeras de *Macrobrachium amazonicum*. Belém (Estuário), Tucuruí (Reservatório).

B) Análise Físico-Química da água:

Durante os períodos de coleta, no reservatório e estuário, em dois pontos a uma distancia de 10 km entre eles as variáveis físico-químicas da água (temperatura, turbidez, salinidade, pH e Oxigênio dissolvido) foram mensuradas *in situ*, utilizando uma sonda multiparâmetros (Horiba U-50 Multiparameter Water Quality Checker). Os dados de precipitação foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018). De acordo com a precipitação, foram estabelecidos quatro períodos sazonais: 1. Estiagem (julho a setembro de 2017); 2. Transicional estiagem-chuvoso (outubro a dezembro de 2017); 3. Chuvoso (janeiro a março de 2018); 4. Transicional chuvoso-estiagem (abril a junho de 2018).

C) Coleta dos animais:

As fêmeas ovígeras de *M. amazonicum* foram coletadas mensalmente no período de julho de 2017 a junho de 2018, utilizando uma armadilha artesanal de pesca chamada Matapi. Essas armadilhas foram colocadas em dois pontos distintos (10 matapis em cada ponto) do rio, a uma distancia aproximada de 10 km entre os pontos. Os exemplares foram identificados com o auxílio de chaves específicas e fêmeas ovígeras foram coletadas. Em seguida foram realizadas as medidas biométricas das fêmeas: comprimento total (CT), comprimento do cefalotórax (C_{ct}) e comprimento da Carapaça (C_{ca}) (figura 2A). A partir das fêmeas ovígeras os ovos embrionados foram coletados (figura 2B) e submetidos à biometria (comprimento e largura) e peso total.



Figura 2 – Biometria das fêmeas ovígeras de *Macrobrachium amazonicum*. A: Medidas do comprimento total (CT); comprimento do cefalotórax (C_{ct}) e comprimento da Carapaça (C_{ca}). B: Imagem da câmara incubadora com ovos; destaque para os ovos (seta).

D) Taxa de fecundidade:

De um total de fêmeas ovígeras provenientes de cada ambiente (estuário e reservatório) foi retirado os ovos presentes na câmara incubadora na altura do pleópodos e contados utilizando um estereomicroscópio. Esses ovos ainda foram mensurados em dois eixos (X/Y) e ainda os embriões

foram classificados de acordo com a fase de desenvolvimento. O modelo foi adaptado de Wehrtmann (1990), García-Guerrero & Hendrickx (2009). Essas análises foram realizadas com auxílio de um fotomicroscópio Nikon (NIKON Eclipse Ci-E) conectado a uma câmera digital DS-Ri1 (NIKON, Japan). A avaliação da fecundidade foi baseada conforme descrito por Anger & Moreira (1998), ao qual emprega-se o conceito de fecundidade realizada (número de ovos presos sob o abdômen).

E) Análises estatísticas:

Para os dados individuais referentes à biometria foi determinada a relação de massa-comprimento das fêmeas ovígeras entre os ambientes, seguindo o modelo modificado proposto por Huxley (1924) $Mt = \alpha \cdot Ct^b$ onde Mt é a massa total do animal (g); Ct é o comprimento do animal (cm); α é o coeficiente de proporcionalidade e b é o coeficiente alométrico. A equação foi ajustada usando a rotina de Solver, onde os resíduos proporcionais foram plotados contra o comprimento padrão para os ambientes.

Para verificar se os conjuntos de dados selecionados ficariam ordenados de forma separada no gráfico, foi utilizada a Análise de Coordenadas Principais (PCoA) (Legendre & Legendre, 2012). Os conjuntos de dados testados foram: biometria das fêmeas ovígeras entre as áreas, fecundidade e biometria dos ovos nas áreas, a variação das variáveis ambientais no estuário e reservatório, variação do tamanho dos ovos ordenado pelo estágio de desenvolvimento nas áreas de estudo. Para testar se a variação observada no gráfico era significativa foi utilizada a análise de Permutação (Permanova) (Anderson, 2001).

Para avaliar a relação da fecundidade do *M. amazonicum* com o comprimento e ao peso das fêmeas foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r_s). Para avaliar o efeito das variáveis físico e químico sobre a fecundidade foi utilizado o teste de regressões múltiplas, utilizando a seleção de modelo forward stepwise (Sokal and Rohlf, 1995). Esse modelo selecionou as variáveis independentes no modelo de regressão de acordo com a quantidade de variação da variável dependente que foi explicada; a primeira variável independente introduzida no modelo explicará a maior parte da variação, a segunda variável independente explicará a maior parte da variação restante e assim por diante. O acréscimo de variável no modelo terminará quando a próxima variável a constar no modelo não tenha uma correlação parcial significativa (ou seja, quando $p > 0,05$). Todas as análises foram desenvolvidas no programa R (R Development Core Team 2016), PAST (PAleontological STatistics 2001) e Microsoft Office Excel®2007.

RESULTADOS

Durante o período de estudo no reservatório a precipitação variou de 0.9 a 340 mm. O pH variou de 7.33 à 8.75 e o oxigênio dissolvido 9.31 à 13.1 mg/L. A temperatura variou de 29.16°C à 30.1°C e a turbidez 3.5 à 24.4 NTU. A salinidade no reservatório foi de 0 ppt durante todo o período de estudo. Na área de estuário a precipitação variou de 35.8 à 671.6 mm. O pH variou de 7.49 à 8.69 e o oxigênio dissolvido 7.92 a 14.55 mg/L. A temperatura variou de 28.22°C à 30.1°C e turbidez de 43.6 à 129 NTU. A salinidade não variou de forma muito acentuada foi de 0 à 2.8 ppt.

Ao avaliar o efeito das variáveis ambientais houve diferenças entre as áreas de estudo, a PCoA em seus dois primeiros eixos explicou 67.37% da variação. O primeiro eixo explicou 41.86% da variação, e as variáveis que mais contribuíram para sua formação foi turbidez e precipitação negativamente. O segundo eixo explicou 25.51% da variação restante, e a salinidade foi variável que mais contribuiu para sua formação. Resultado confirmado pela análise de Permanova que observou na ordenação diferenças significativas (PseudoF= 4.1893; P=0.003) (figura 3).

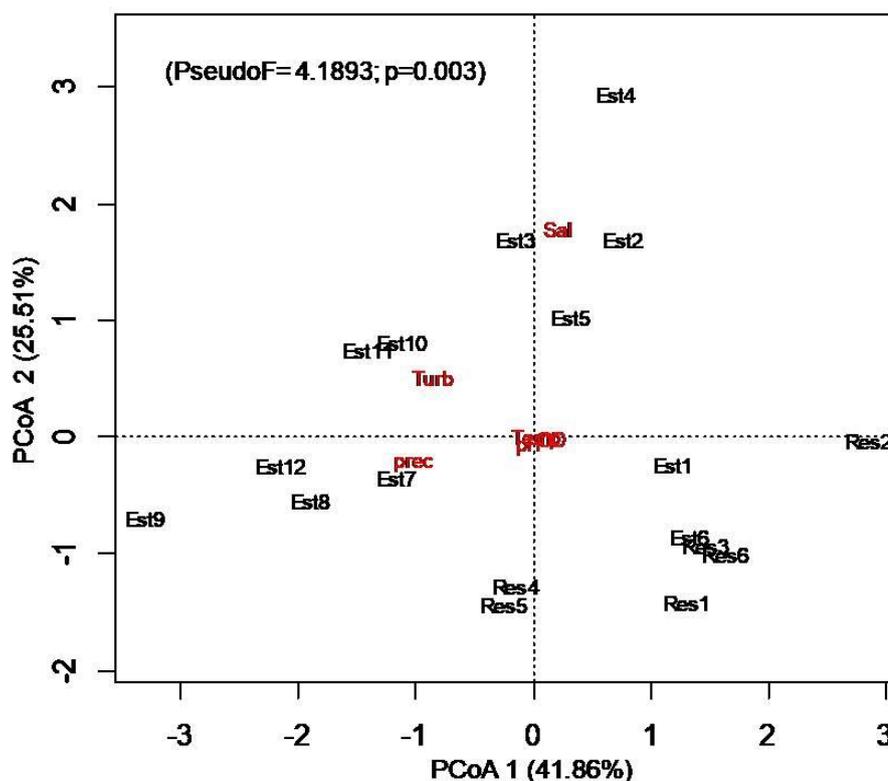


Figura 3 –Variação dos fatores ambientais ordenada de acordo com a área de coleta (Est: Estuário; Res: Reservatório). Análise de Coordenadas Principais (PCoA).

No período de estudo foram coletadas um total de 255 fêmeas ovígeras provenientes de ambiente estuário (181) e reservatório (75). Os espécimes estuarinos apresentaram média (\pm DP) de comprimento total de 8.4 (\pm 1.20) cm, carapaça 2.09 (\pm 0.67) cm, cefalotórax de 3.8 (\pm 0.84) cm e peso total 5.06 (\pm 2.02) g. Os espécimes analisados do ambiente continental apresentaram média (\pm DP) de comprimento total de 5.32 (\pm 0.70) cm, carapaça 1.18 (\pm 0.27) cm, cefalotórax de 2.30 (\pm 0.36) cm e peso total de 1.31 (\pm 0.47) g. A relação massa-comprimento entre as áreas em estudo, foi representada pelas seguintes equações, $Mt=0.017 \times Ct^{2.630}$ ($R^2 = 0.880$), $Mt = 0.021 \times Ct^{2.441}$ ($R^2 = 0.810$), respectivamente (figura 4).

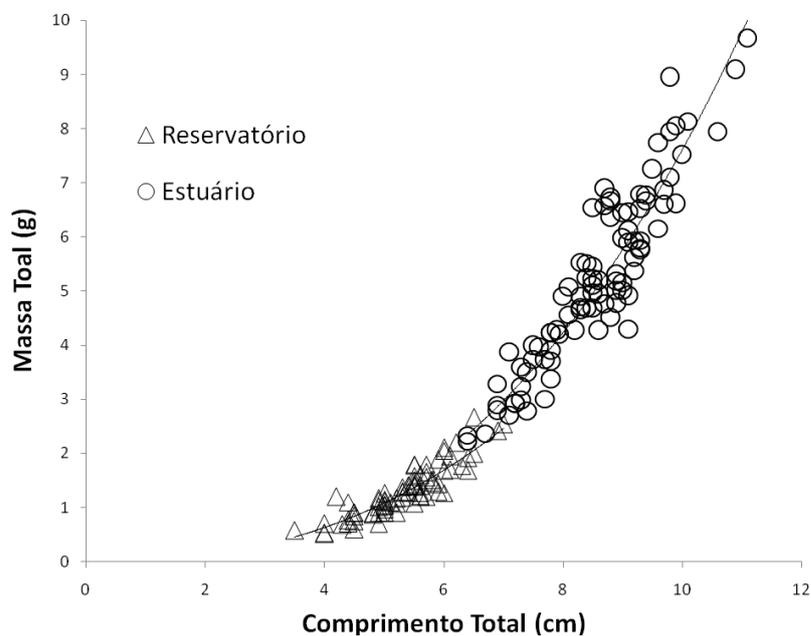


Figura 4 - Relação de massa-comprimento de fêmeas ovígeras de *Macrobrachium amazonicum* nas áreas de estudo.

Ao relacionar a precipitação no período hidrológico com o comprimento e peso das fêmeas ovígeras, os maiores valores de precipitação foram encontrados no estuário, onde as fêmeas ovígeras maiores e de maior massa são encontradas no período transicional Chuvoso-estiagem. Diferentemente do estuário, o comprimento e peso no reservatório não está relacionadas diretamente ao período hidrológico, as fêmeas maiores são encontradas no período de estiagem e as de maior massa são encontradas no período de transição chuvoso-estiagem (figura 5A-B).

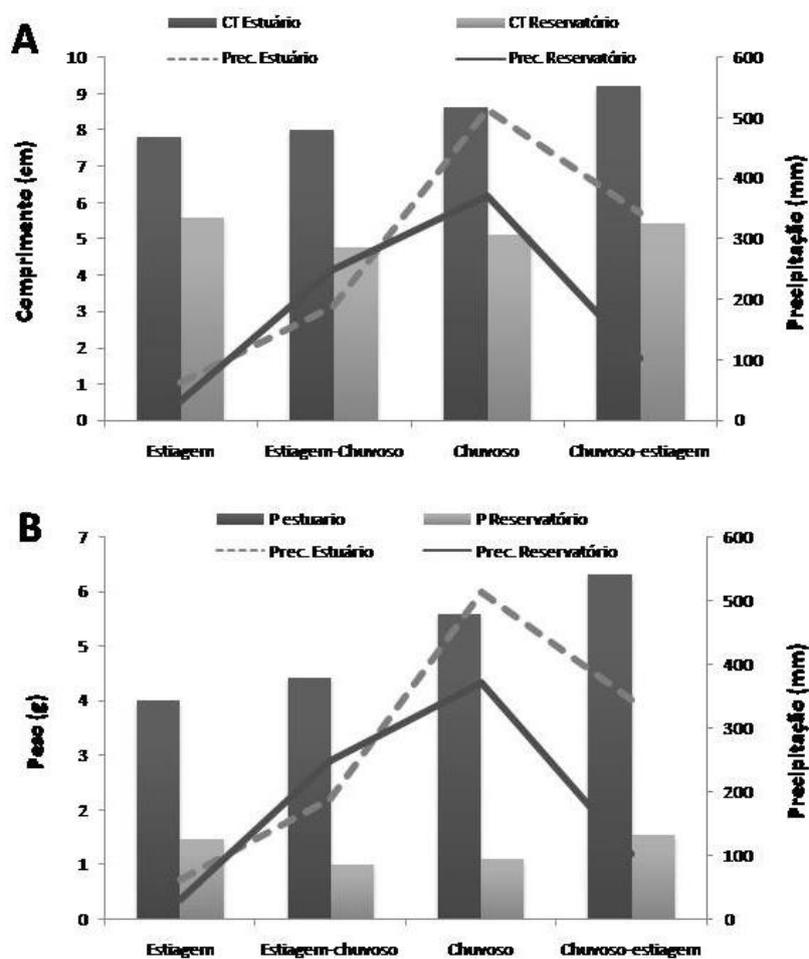


Figura 5 – Media da precipitação nos períodos hidrológicos em relação ao comprimento (cm) (A) e peso (g) (B) nos ambientes. CT :Comprimento; P: Peso; Prec: Precipitação.

Ao avaliar a biometria das fêmeas ovígeras entre as áreas de coleta, a PCoA explicou 97,97% da variação. A hipótese de que há diferentes parâmetros morfológicos das fêmeas entre as áreas foi confirmada uma vez que *M. amazonicum* ovígeras do estuário ficaram ordenadas separadamente das amostras do reservatório. Resultado confirmado pela análise de Permanova que observou na ordenação diferenças significativas (PseudoF= 255.47; P=0.001) (figura 6).

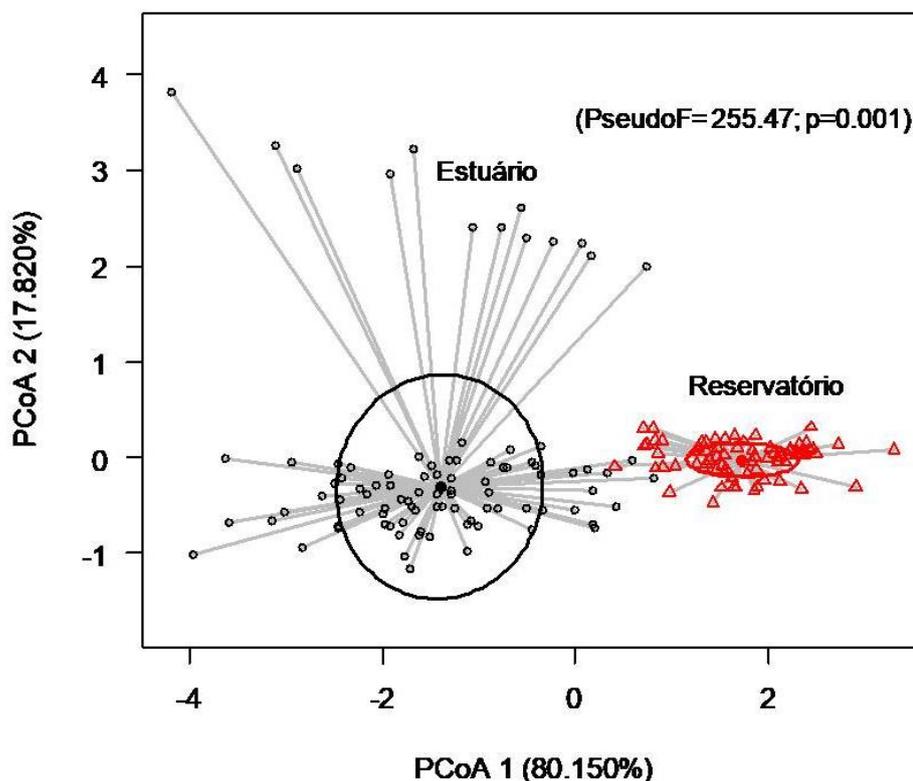


Figura 6 – Variação dos parâmetros biométricos das fêmeas ovígeras de *Macrobrachium amazonicum* ordenada de acordo com a área de coleta. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) e análise de permutação (Permanova).

Ao analisar a fecundidade nas áreas estudadas, o ambiente de estuário apresentou fêmeas com a maior quantidade de ovos na câmara incubadora em relação às fêmeas oriundas do reservatório (Tabela 1).

Tabela 1 – Fecundidade (\pm desvio padrão) da fecundidade de *Macrobrachium amazonicum* nas áreas de estudo

Fecundidade	Reservatório	Estuário
Máxima	821	6118
Mínima	132	225
Media (\pm desvio padrão)	373 (\pm 180,43)	1656 (\pm 1098,10)
Valor t - test	T= 15.56; p < 0, 0001	

Estabelecendo uma relação entre fecundidade e biometria do animal, de ambos os locais, houve uma correlação positiva alta, tanto entre o comprimento ($r=0.788$) (figura 7A), quanto ao peso ($r=0.843$) (figura 7B) das fêmeas ovígeras.

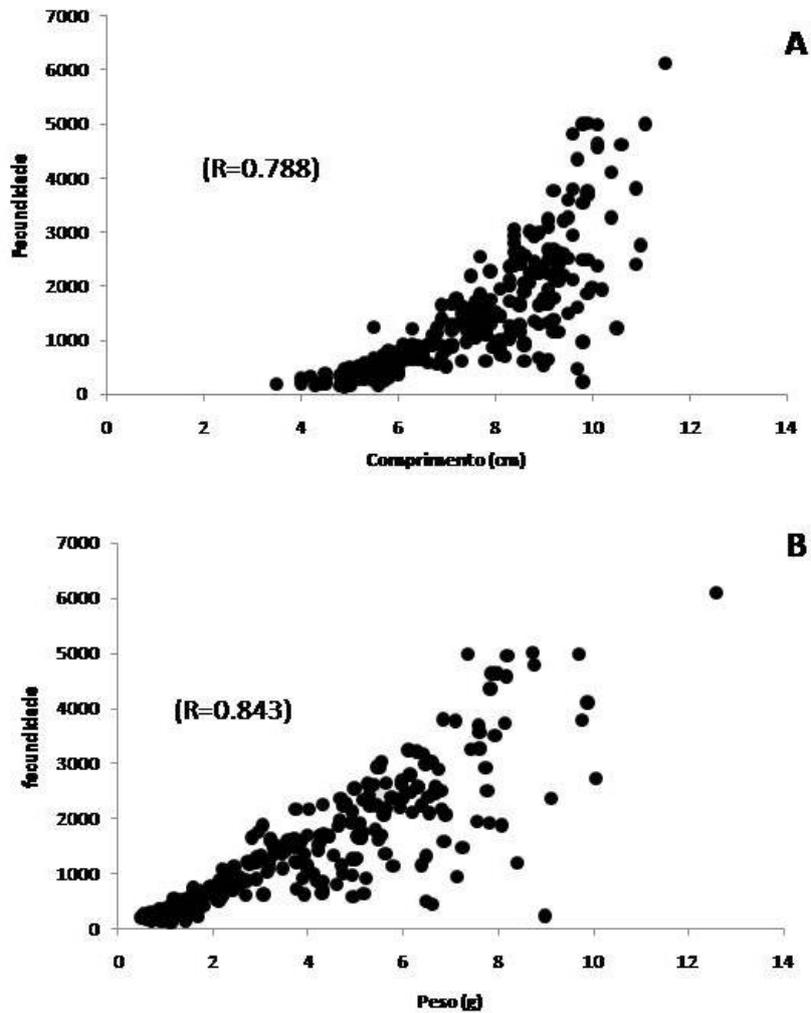


Figura 7 – Correlação de Pearson (r_s) da fecundidade com as variáveis biométricas . A: Fecundidade x Comprimento; B: Fecundidade x Peso.

Ao relacionar fecundidade com as variáveis no período hidrológico, no estuário a maior fecundidade ocorreu nos períodos maior precipitação e turbidez (Chuvoso e Estigem-Chuvoso). Porém no reservatório destacam-se os períodos Chuvoso-Estiagem e Estiagem com a maior fecundidade, não estabelecendo uma relação direta com a variável de precipitação (figura 8A-B).

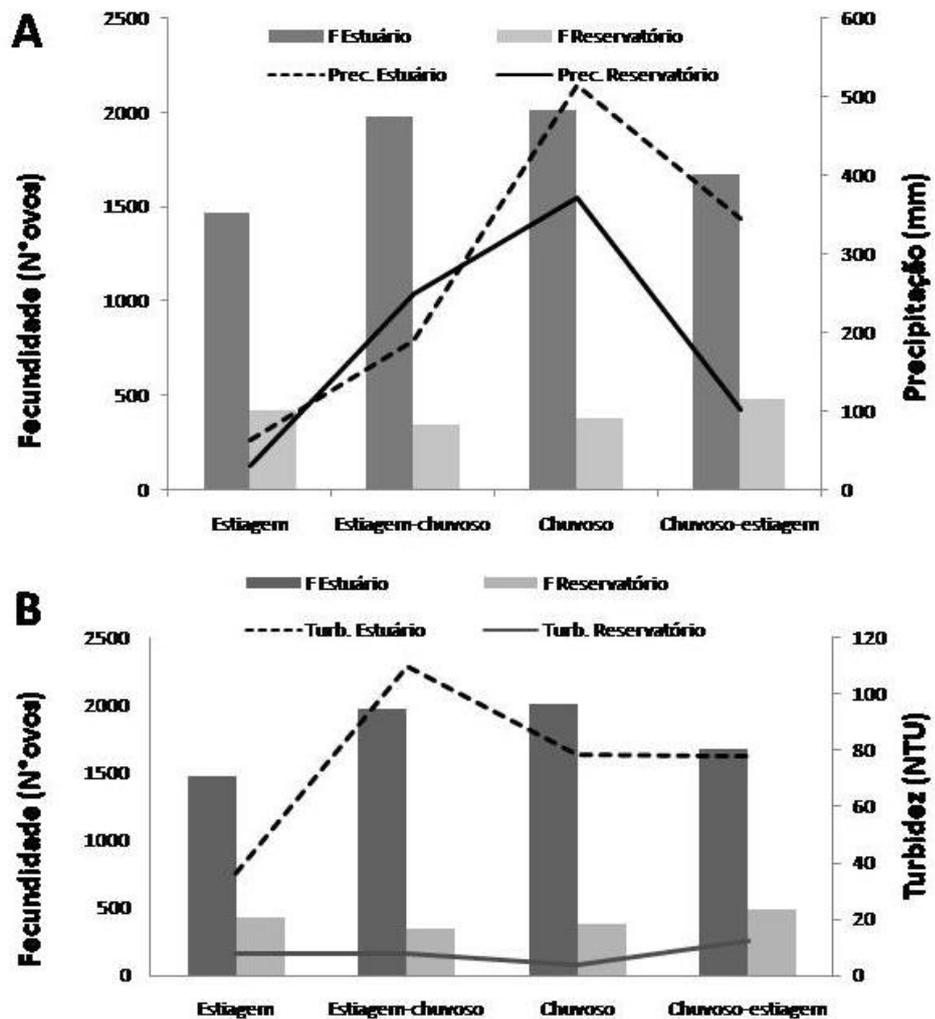


Figura 8 – Relação da fecundidade com a precipitação (A) e turbidez (B) no período hidrológico nas áreas estudadas. F: Fecundidade; Prec: Precipitação; Turb: Turbidez.

Em nossos dados observamos quatro estágios de desenvolvimento levando em consideração a presença e o aspecto do olho. Os estágios foram classificados em: Estágio I, cor homogênea dentro do ovo, nenhum pigmento do olho visível (Figura 9 A e E); Estágio II, pigmentos dos olhos pouco visíveis (Figura 9 B e F); Estágio III, pigmentos dos olhos desenvolvidos (Figura 9 C e G), Estágio IV, olhos totalmente desenvolvidos e pouco vitelo (Figura 9 D e H) (Tabela 2). A classificação das fases de desenvolvimento revelou ovos do reservatório maiores em relação ao de estuário, com exceção ao estágio III.

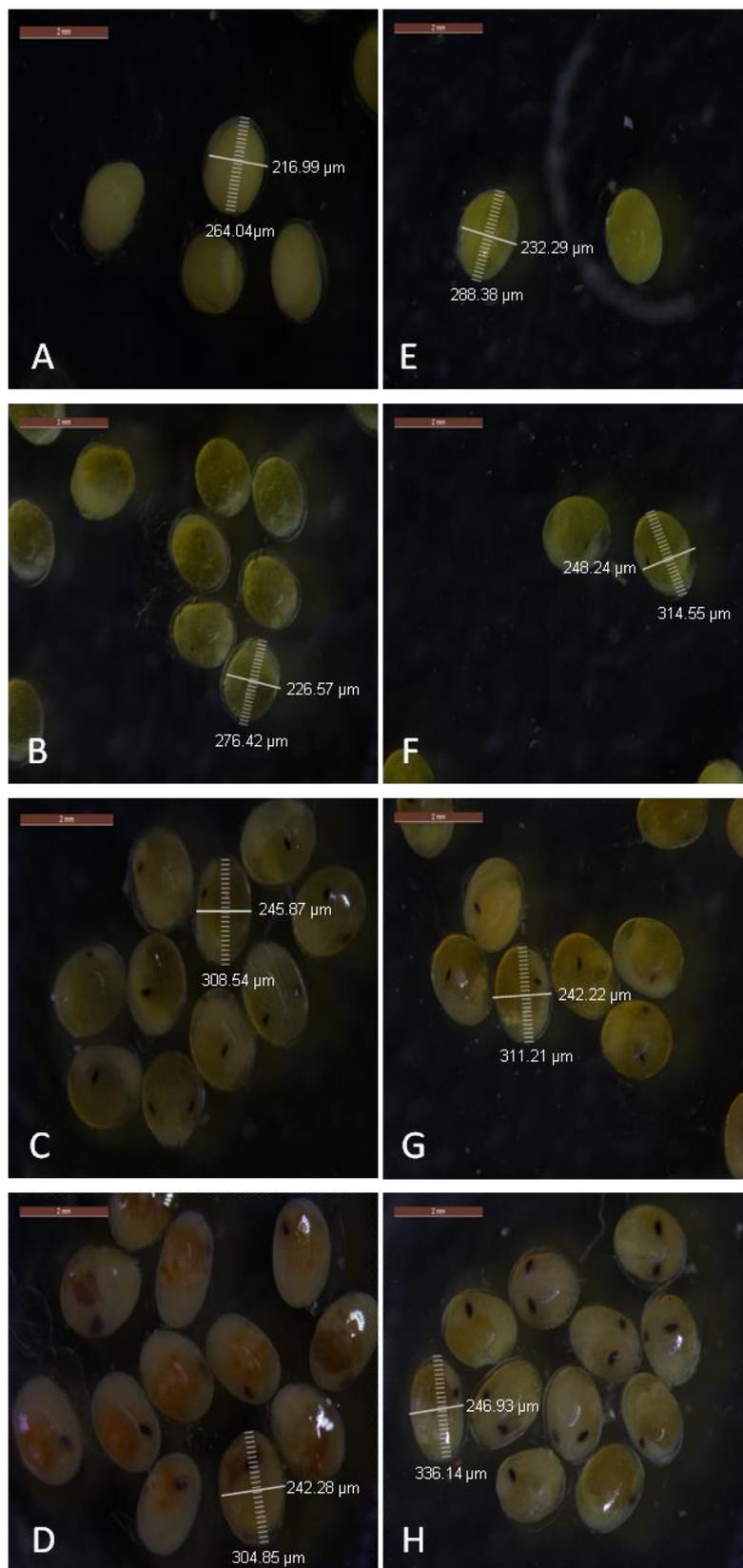


Figura 9– Classificação das fases de desenvolvimento dos ovos de *Macrobrachium amazonicum* nas áreas de estudo com média dos eixos por estágio. A-D: Estuário;E-H: Reservatório. A e E: estágio I; B e F: estágio II; C e G: estágio III; D e H: estágio IV.

Tabela 2 – Classificação do desenvolvimento dos ovos pelo diâmetro (\pm desvio padrão), de *Macrobrachium amazonicum* nas áreas de estudo

	Continental	Estuário	Valor P
Estágio 1	404.53(\pm 17.57)	372.53(\pm 10.67)	p < 0.0001
Estágio 2	438.69(\pm 24.12)	389.70(\pm 9.28)	p = 0.0014
Estágio 3	432.32(\pm 16.90)	431.47(\pm 21.93)	p = 0.4736
Estágio 4	459.60(\pm 26.08)	425.99(\pm 42.06)	p = 0.0228

Ao estabelecer a relação das fases entre as áreas, a PCoA explicou 99% da variação. A hipótese de que há diferença entre os estágios de *M. amazonicum* por área foi confirmada, face as amostras do reservatório estarem ordenadas separadamente quando comparada com as de estuário, apesar de haver uma sobreposição alta do estágio III e uma leve sobreposição do estágio I. Resultado confirmado pela análise de Permanova que observou na ordenação diferenças significativas (PseudoF= 10.197; P=0.001) (Figura 10).

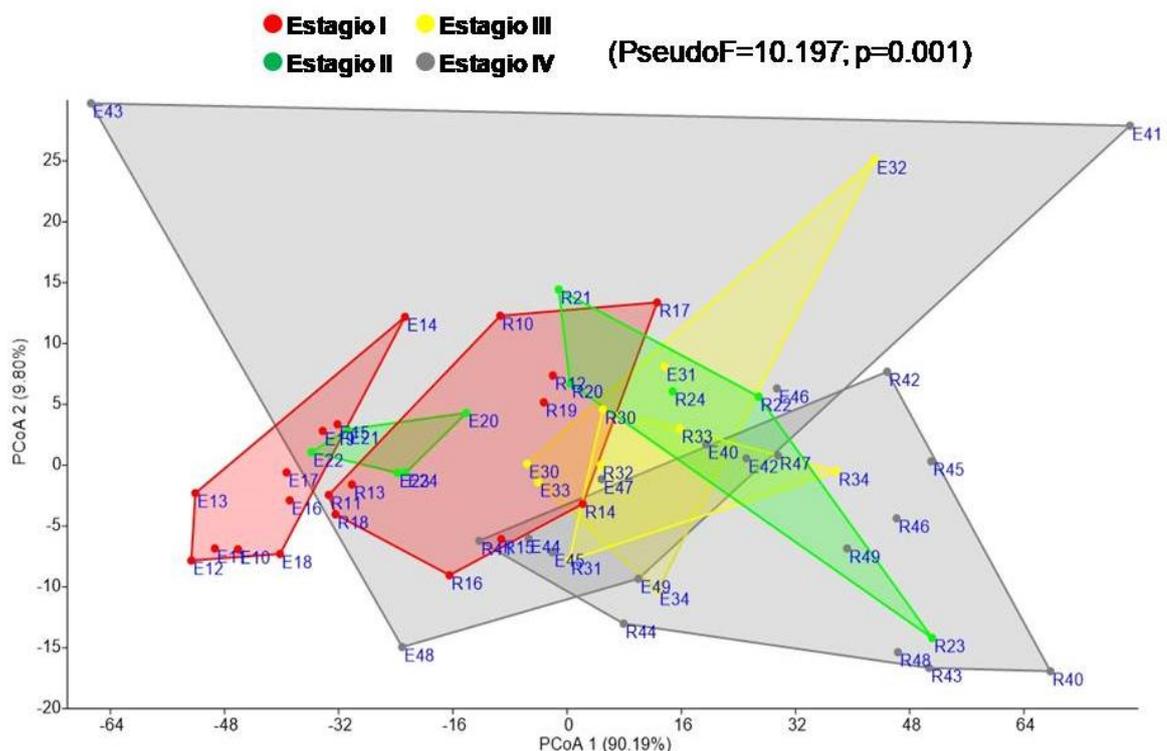


Figura 10 – Variação do tamanho dos ovos de *Macrobrachium amazonicum* ordenada de acordo com o estágio de desenvolvimento nos ambientes. E: Estuário, R: Reservatório. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) e análise de permutação (Permanova).

Quando foram avaliadas a fecundidade e morfometria dos ovos entre as áreas de coleta

houve diferenças significativas. A PCoA explicou 90,62% da variação. A hipótese de que há diferença na morfometria dos ovos das fêmeas entre as áreas foi confirmada, uma vez que as amostras da área de estuário ficaram ordenadas separadamente das amostras do reservatório. Esse resultado também foi confirmado pela análise de Permanova que observou na ordenação diferenças significativas (PseudoF= 58.831; P=0.001) (figura 11).

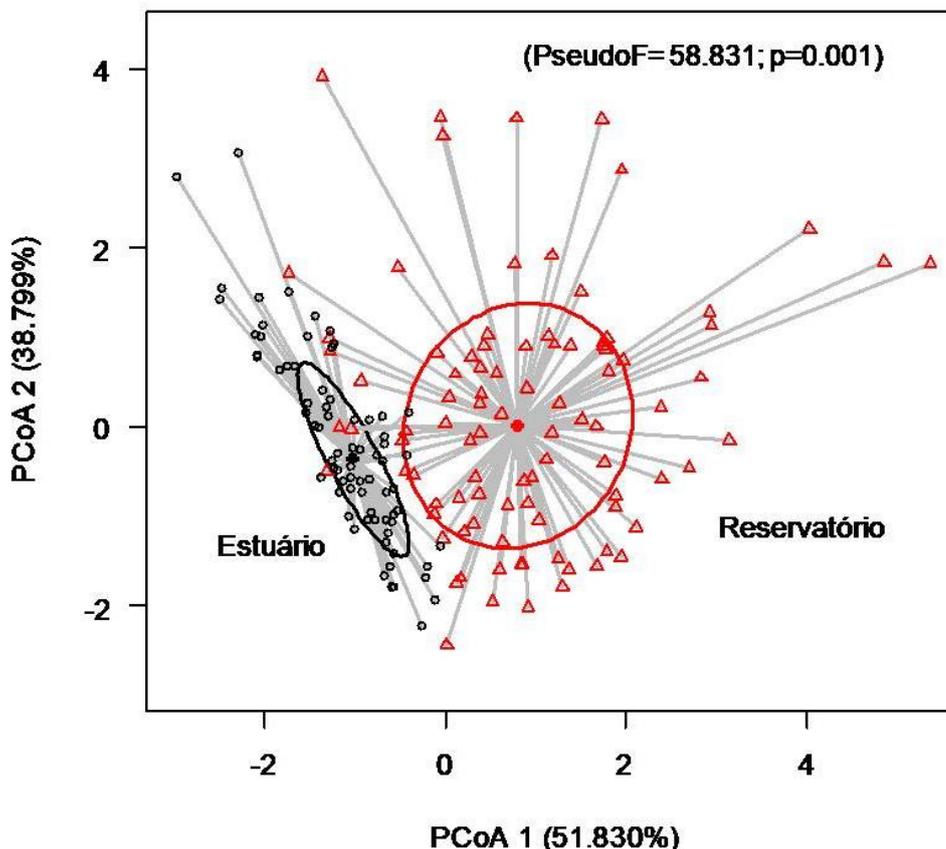


Figura 11 – Fecundidade e morfometria dos ovos de *Macrobrachium amazonicum* ordenada de acordo com a área de coleta (estuário e reservatório). Análise de Coordenadas Principais (PCoA) e análise de permutação (Permanova).

Ao avaliar o efeito das variáveis ambientais sobre os dados de fecundidade de *M. amazonicum* nas áreas de estudo houve efeito significativo para o ambiente de estuário ($R^2= 0.2244$ $F(5,175)=10.12$ $p=0.001$) e não houve efeito significativo no reservatório ($R^2= 0.0531$ $F(4,69)=0.9673$ $p=0.4311$) com modelo formado pelas variáveis pH, Oxigênio dissolvido (OD), salinidade, turbidez e precipitação. Na avaliação dos coeficientes parciais de ambiente estuarino houve efeito significativo somente para OD e precipitação, nas demais variáveis não houve efeito (tabela 3). Por outro lado, nos coeficientes parciais do reservatório não houve efeito de nenhuma das variáveis (tabela 4).

Tabela 3 - Efeito das variáveis ambientais sobre a fecundidade de *Macrobrachium amazonicum* no estuário

	b*	Std.Err.	t- valor	p-level
(Intercept)	2581.397	1932.36	1.336	0.18332
pH	34.757	204.899	0.17	0.8655
OD (%)	-148.095	48.041	-3.083	0.00238*
Salinidade	27.679	142.13	0.195	0.84582
Turbidez	-2.008	3.732	-0.538	0.5913
Precipitação (mm)	2.46	0.842	2.922	0.00394*

Tabela 4 - Efeito das variáveis ambientais sobre a fecundidade de *Macrobrachium amazonicum* no reservatório

	b*	Std.Err.	t- valor	p-level
(Intercept)	-883.905	1188.09	-0.744	0.459
pH	136.5574	146.5393	0.932	0.355
OD (%)	17.73767	19.92422	0.89	0.376
Salinidade				
Turbidez	-0.77312	6.9749	-0.111	0.912
Precipitação (mm)	-0.05417	0.39422	-0.137	0.891

DISCUSSÃO

Nesse estudo avaliamos o efeito dos parâmetros ambientais sobre a fecundidade de *M. amazonicum* e encontramos que esses parâmetros variaram significativamente, em especial no estuário. Sabe-se que os estuários são considerados ambientes de alta produtividade em função da mistura da água doce dos rios com a água salgada do mar (Amilov, 2007; Telesh & Khlebovich, 2010). O resultado dessa organização é formação de um gradiente com condições ambientais específicas, no qual a salinidade exerce um papel fundamental na formação e definição das características estruturais e funcionais da biota aquática presente.

M. amazonicum apresentou-se como uma espécie flexível ao ambiente capaz de suportar flutuações nos parâmetros ambientais (Maciel & Valente, 2009; Pantaleão et al., 2018). O estuário apresentou maiores valores de precipitação e turbidez. Segundo Medeiros et al. (2015) a precipitação está relacionada a maior produção de sedimentos e material em suspensão, resultando em um escoamento mais intenso e numa maior erosão dentro dos rios. Soeiro et al. (2016), destaca a importância salina na osmoregulação e desenvolvimento do embrião até a fase larval e embora não fosse registrado grandes variações de salinidade em nosso estudo, o ambiente estuarino

favorece a formação de um gradiente salino e uma diversidade de espécies animal e vegetal proporcionando fluxo contínuo de matéria orgânica alóctone (Telesh & Khlebovich, 2010). Essa situação pode garantir maior turbidez da água, confirmada pela regressão, fato não encontrado no reservatório.

Por outro lado, esse aumento da precipitação promove a maior entrada de água doce dos rios, reduz a salinidade e aumenta a quantidade de material orgânico particulado em suspensão no rio (Dittmar & Lara, 2001) aumentando produtividade no ambiente refletindo na maior disponibilidade de alimento para os animais (Ramos et al., 2013). A turbidez pode ser descrita como a medida de sua capacidade de dispersar a radiação, sendo um parâmetro chave no monitoramento da qualidade de águas, devido à sua relação com a concentração de material em suspensão e sua influência na ecologia do ambiente aquático (Göransson et al., 2013). Portanto as características físicas e químicas encontradas no estuário, em comparação ao reservatório são mais favoráveis as fêmeas de *M. amazonicum*, tanto no seu crescimento quanto na fecundidade (Odinetz-Collart, 1988; Odinetz-Collart, 1993; Odinetz-Collart & Magalhães, 1994; Silva et al., 2002; Flexa et al., 2005; Bentes, 2011; Freire et al., 2012; Freire et al., 2017).

A biometria das fêmeas ovígeras no estudo diferiu entre as áreas, apresentando no estuário os maiores tamanhos em relação ao reservatório. Resultados similares também foram encontrados nos estudos realizados por Freire et al. (2017) e Pantaleão (2011). Acreditamos que a precipitação é um fator importante no estuário porque otimiza o crescimento e ganho de peso desses animais e oferece mais recursos alimentares e áreas de refúgio impedindo o estresse frente a predadores. Ainda, a maior quantidade de chuvas promove a intensificação da presença de micro habitat com alta produtividade e há uma maior oferta de alimento propiciando um crescimento mais rápido dos indivíduos (Silva et al., 2007). Gregatti et al. (2004) relata que o crescimento dos camarões de água doce também é dependente da frequência de mudas realizadas devido a disponibilidade de sal nos diferentes ambientes. Essas informações reforçam a nossa hipótese que o menor crescimento observado no reservatório pode ser pelo fato das mudas serem menos intensas, em virtude da salinidade ter sido 0 ppt durante o período de estudo.

A média de comprimento encontrado nas fêmeas no reservatório (1,18 cm) para a carapaça foi semelhante ao encontrado nos estudos em reservatórios no estado de Minas Gerais (Silva et al., 2017) e São Paulo (Pantaleão et al., 2018). Odinetz-Collart (1988; 1993) demonstrou que o comprimento médio dos indivíduos de *M. amazonicum* era menor nos ambientes com características lênticas, em comparação com os amostrados no curso do rio ao qual o ambiente era mais lótico.

Esses achados foram similares aos encontradas no reservatório do Rio Tocantins que possuem essas características mais lênticas. Uma característica dos reservatórios é sua profundidade o que gera um esforço energético para o animal se manter na coluna d'água ou em busca de alimento. Nesse caso acreditamos que os animais não crescem por que apresentam um maior investimento energético na reprodução. Destacamos ainda que o processo reprodutivo da espécie é contínuo, e as fêmeas em um determinado momento reduzem as taxas de crescimento e priorizam a manutenção do seu estoque natural (Valenti, 1987). As fêmeas de *M. amazonicum* utilizam a alocação de reservas energéticas para a reprodução (maturação das gônadas) e produção de ovos com grande quantidade de vitelo, que garante a sobrevivência dos embriões e larvas nos primeiros dias de vida (Silva et al., 2007).

Em nosso estudo encontramos fêmeas ovígeras em todos os períodos, porém as de maior peso e comprimento estão relacionados ao período chuvoso-estiagem para ambos ambientes, principalmente em relação a massa. Sugerimos que essa condição está associada à maior oferta de recursos e melhores condições para o desenvolvimento dessas fêmeas. Resultados encontrados por Silva et al. (2007) em se tratando do crescimento dessa espécie proveniente da ilha do Cumbú, no estado do Pará, que não considerou a sazonalidade como um fator marcante para o crescimento de *M. amazonicum*. Freire et al. (2017) avaliando a biometria de *M. amazonicum* em três áreas diferentes da Amazônia brasileira, observaram diferenças de tamanho influenciados pelas variáveis ambientais de cada área.

A fecundidade em *Macrobrachium spp* é variada e pode ser marcada por alguns fatores, como, variação de espécie para espécie no gênero, por exemplo, *M. rosenbergii* e *M. carcinus*, apresentam uma fecundidade variando de 80.000 a 100.000 ovos por fêmea (Ismael & New, 2000) e *M. acanthurus*, pode apresentar cerca de 18 mil ovos (Valenti et al., 1986, 1989). Pode ser determinada também pelas condições ou tipos de ambiente que esses indivíduos vivem (Silva et al., 2017), por exemplo, *M. amazonicum* registra uma fecundidade diferente em tanques de aquicultura, com uma produção de 6.000 a 7.000 ovos (Ribeiro et al., 2012), mas em rios no estado do Pará registram uma média de 2237 ± 586 ovos, enquanto em rios de Mato Grosso do Sul foram registrados cerca de 271 ± 54 ovos (Maireles et al., 2013). Em estudo também realizado no reservatório hidrelétrica de Tucuruí no Estado do Pará, Silva et al. (2005), obtiveram uma média de 273 ovos / fêmea, similar aos dados obtidos no reservatório no estado de Minas Gerais (Silva et al., 2017) que obteve à media de $203 \pm 78,06$ ovos.

No entanto, Lucena-Frédou et al. (2010) na Ilha de Combu, Pará, observaram uma

fecundidade absoluta que variou de 40 a 3.375 ovos / fêmea, com um valor médio de 905 ± 590 ovos. Silva et al. (2004), encontraram valores médios entre 696 (fêmeas com 5,0 a 5,5 cm de comprimento total) e 1554 ovos / fêmea (9,5 a 10,0 cm), semelhante ao resultado encontrado no presente estudo para o estuário (1656 ± 1098.10).

O último fator é da variação da fecundidade em relação ao tamanho do animal. No presente estudo a correlação da fecundidade com a biometria das fêmeas foi elevada, e observamos quanto maior e mais pesadas maior é a fecundidade de *M. amazonicum*. Essa observação foi evidenciada por vários autores (Da Silva et al., 2004; Silva, 2006; Oliveira, 2010; Hayd & Anger, 2013; Meireles et al., 2013, Silva et al., 2017), pois quanto maior o abdômen das fêmeas maior será a capacidade de acomodação dos ovos. Assim os nossos resultados estabelecem que *M. amazonicum*, por serem maiores no estuário, em virtude das melhores condições ambientais de precipitação, turbidez, possuem maior capacidade de recursos para crescer e de alojar mais ovos.

Ao estabelecer a relação da fecundidade com o período hidrológico há relatos que o período reprodutivo de crustáceos decápodes de água doce e a maior frequência de fêmeas ovígeras ocorre no período de chuva (Pinheiro & Hebling, 1998; Bentes, 2011). Em nosso estudo encontramos fecundidade em todos os períodos de estudo, onde somente no estuário esse aumento esteve relacionado com a precipitação, ocorrendo nos períodos estiagem-chuvoso e chuvoso; enquanto no reservatório a maior fecundidade ocorreu nos períodos chuvoso-estiagem e estiagem. Fêmeas ovígeras de *M. amazonicum* pode ser encontradas durante todo ano com picos relacionados aos ciclos hidrológicos (Collart, 1991). No entanto, há relatos que a ovoposição diminui na estação de estiagem (Gamba, 1997), ou que os picos reprodutivos estão relacionado ao maior acúmulo energético no animal (Freire et al., 2012), ou não estão condicionados ao período de maior precipitação (Silva et al., 2017). Portanto nosso estudo sugere que os períodos menores de chuva no reservatório possibilite menos estresse e favoreça a fecundidade.

Ainda alguns autores descrevem que o tamanho dos ovos de *M. amazonicum* varia em função da distância do animal em relação ao oceano (Odinetz-Collart & Rabelo, 1996; Silva et al., 2017) . Segundo Maciel & Valenti (2009), Meireles et al. (2013), essa espécie apresenta uma plasticidade fenotípica e alta adaptação a variação ambiental. Assim reforçamos a proposta que *M. amazonicum* elabore diferentes estratégias reprodutivas, em relação ao tamanho do ovo onde a disponibilidade de nutrientes e sais dissolvidos pode influenciar. Em nosso estudo através da PCoA e Permanova identificamos uma sobreposição de tamanhos de ovos nos estágios de desenvolvimento ao comparar os ambientes, logo acreditamos que não é a distancia do animal em

relação ao oceano que influencia o tamanho do ovo, mas a necessidade de recursos ambientais ideais para o animal.

Nós demonstramos a classificação do ovo embrionado nos ambientes em estágios I, II, III e IV em função da presença e aspecto do olho. Os ovos do estuário apresentaram menores tamanhos nos estágios I, II e IV com maior diferença nos estágios I e II. O estágio III apresentou uma grande sobreposição, e que o desenvolvimento de embrião no estágio III se dá de forma mais rápida em relação aos iniciais. Segundo Muller et al. (2004) e Nazari et al. (2003) as alterações morfológicas e diferenciação celular são mais intensas nos estágios finais do desenvolvimento. Resultado semelhante foi encontrado para o estágio final no estudo de Silva et al. (2017). A PCoA na relação tamanho do ovo por estágio e fecundidade confirma a nossa hipótese do esforço energético e da diferença entre os dois ambientes. Acreditamos principalmente que esse resultado seja devido às características ecológicas do meio aquático, como visto por Magalhães & Walker (1988).

Ao relacionar efeito das variáveis ambientais na fecundidade da espécie proveniente do estuário a precipitação e o oxigênio dissolvido apresentaram efeito significativo. As chuvas disponibilizam recursos alimentares e conseqüentemente estimulam a manutenção do ciclo de vida do animal, aumentando a fecundidade. Cheung et al. (2013) sugerem que em peixes o suprimento de oxigênio pode limitar seu metabolismo. E, se as condições ambientais alteram, os animais precisam se adaptar o que irá influenciar na sobrevivência, crescimento e fecundidade (Pauly & Cheung, 2018). Nesse momento acreditamos que o oxigênio dissolvido possa ser um fator que influência no metabolismo das fêmeas e dos ovos de *M. amazonicum*, principalmente no estuário favorecendo no crescimento e a fecundidade da espécie. O reservatório não apresentou resultado significativo pra nenhuma das variáveis preditoras do modelo. Esses resultados confirmam os achados que reservatórios possuem a baixa produtividade dos rio e pouca flutuação nos fatores ambientais.

CONCLUSÃO

Portanto a correlação observada no estudo se fatores físicos e químicos influenciam na fecundidade de *M. amazonicum* oriundos do estuário foi confirmada, sendo a precipitação e turbidez os fatores que mais contribuíram para o melhor desempenho reprodutivo da espécie. Em se tratando do reservatório, acreditamos que há uma combinação de todos os fatores ambientais envolvido promovendo a tolerância do animal para manter o seu ciclo de vida.

REFERÊNCIAS

- Alimov, A. F. 2007. Theory of Ecosystem Functioning: Application to Estuarine Ecology. Abstracts of the Symposium ECSA42 “Estuarine Ecosystems: Structure, Function and Management”, 16–22 September 2007. Svetlogorsk, Russia. pp. 8–9.
- Anderson, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Aust. Ecol.* 26, 32–46. doi:10.1111/j.1442-9993.2001.01070.
- Anger, K.; G. S. Moreira. 1998. Morphometric and reproductive traits of tropical caridean shrimps. *J. Crustacean Biol.*, 18(4): 823-838.
- 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.
- Araújo, M. V. L. F.; Silva, K. C. A.; Silva, B. B.; Ferreira, I. L. S; Cintra, I. H. A. 2014. Pesca e procedimentos de captura do camarão-da-Amazônia à jusante de uma usina hidrelétrica na Amazônia brasileira. *Biota Amazônia* 4: 102-112.
- Barreto, A. V.; Soares, C. M. 1982. Produção de pós-larva de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidea) sob condições controladas de laboratório. *Revista Brasileira de Zoologia.*, São Paulo, V., p. 52-55.
- Bentes, B. 2011. Ecologia, pesca e dinâmica populacional do camarão-da-Amazônia – *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda:Palaemonidae) – capturado na região das ilhas de Belém-Pará-Brasil. Doctor Tesis. Instituto de Ciências Biológicas [Ecology, fishing, and population dynamics of the Amazonian river prawn-*Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda:Palaemonidae) –captured in the region of the Belém islands-Pará-Brazil. Doctoral Dissertation].Institute of Biological Sciences, UFPA, p. 253.
- Bentes, B.; Martinelli, J. M. ; Souza, L. S. ; Cavalcante, D. V. ; Almeida, M. C.; Isaac, V. J. 2011. Spatial distribution of the Amazon River Shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) in two perennial creeks of an estuary on the northern coast of Brazil (Guajará Bay, Belém, Pará).*Braz. J. Biol.* 71(4): 925-935
- Berrêdo, J. F.; Costa, M. L.; Progene, M. P. S. 2008. Efeitos das variações sazonais do clima tropical úmido sobre as águas e sedimentos de manguezais do estuário do rio Marapanim, costa nordeste do Estado do Pará. *Acta. Amazônica*, 3(3): 473–482.
- Bialetzki, A.; Nakatani, K.; Baumgartner, G.; Bond-Buckup, G. 1997. Occurrence of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) in Leopoldo’s Inlet (Ressaco do Leopoldo), upper Paraná river, Porto Rico, Parana, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 14(2):379-390.
- Bond, G.; Buckup, L. 1982. O ciclo reprodutor de *Macrobrachium borellii* (Nobili, 1896) e *Macrobrachium potiuna* (Müller, 1880) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) e suas relações com a temperatura. *Revta bras. Bio!.*, Rio de Janeiro, 42(3):473-83.

Cheung, W. W. L.; Sarmiento, J. L.; Dunne, J.; Fréolicher, T. L.; Lam, V.; Palomares, M. L. D.; Pauly, D. 2013. Shrinking of fishes exacerbates impacts of global ocean changes on marine ecosystems. *Nature Climate Change*, 3, 254–258.

Collart, O. 1991. Reproductive strategy of *Macrobrachium amazonicum* in central Amazonia (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Crustaceana*, 61(3): 253-270.

Costa, T. M.; Negreiros-Fransozo, M. L. 1998. The reproductive cycle of *Callinectes danae* Smith, 1869 (Decapoda, Portunidae) in the Ubatuba region, Brazil. *Crustaceana* 71: 615-627.

Da Silva, R. R.; Sampaio, C. M. S. & Santos, J. A. 2004. Fecundity and fertility of *Macrobrachium amazonicum* (Crustacea, Palaemonidae). *Braz. J. Biol.* vol.64, n.3a, pp.489-500. ISSN 1519-6984.

De Kerk, M. V.; Littles, C. J.; Saucedo, O.; Lorenzen, K. 2016. The Effect of Latitudinal Variation on Shrimp Reproductive Strategies. *Plos One* 11(5): e0155266. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155266>

Dittmar, T.; Lara, R. J. 2001. Driving Forces Behind Nutrient and Organic Matter Dynamics in a Mangrove Tidal Creek in North Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 52, 249–259. doi:10.1006

FAO. 2009. Fish as feed inputs for aquaculture: Practices, sustainability and implications, FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Rome. doi:978-92-5-106419-1.

FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2014. Roma. 223 p. ISBN 978-92-5-308275-9.

FAO. 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 p. ISBN 978-92-5-309185-0.

Fearnside, P. M. 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazônica*. 36(3) 2006: 395 – 400. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000300018>.

Flexa, C. E.; Cristina, K.; Silva, D. A.; Hidenburgo, I.; Cintra, A. 2005. Morfometria do camarão-canela, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), no município de Cametá-Pará [Morphometry of the Amazonian river prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), in the municipality of Cametá-Pará]. *Biol.Técnico-Científico do CEPNOR* 5, 41–54.

Freire, J. L.; Bentes, B.S. ; Fontes, V. B. ; Martins, E. 2017. Morphometric discrimination among three stocks of *Macrobrachium amazonicum* in the Brazilian Amazon. *Limnologica (Jena)* , v. 64, p. 1-10.

Freire, J. L.; Marques, C. B.; Silva, B. B. 2012. Estrutura populacional e biologia reprodutiva do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller,1862) (Decapoda: Palaemonidae) em um estuário da região nordeste do Pará, Brasil. *Braz. J.Aquat. Sci. Technol.*, v.16(2), p. 65-76.

Gamba, A. L. 1984. Different egg-associated and larval development characteristics of *Macrobrachium jelskii* and *Macrobrachium amazonicum* (Arthropoda: Crustacea) in a Venezuelan continental lagoon. *International Journal of Invertebrate Reproduction and Development*. v.7, p.

135-142.

Gamba, A. L. 1997. Biología reproductiva de *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) y *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) en Venezuela (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Acta Cient. Venez., 48(1): 19-26.

García-Guerrero, M. U.; Hendrickx, M. E. 2009. External description of the embryonic development of the prawn, *Macrobrachium americanum* Bate, 1868 (decapoda, palaemonidae) based on the staging method. Crustaceana 82: 1413-1422

Gregatti, R. A.; Holffman, P.; Fransozo, A.; Taddei, F. G. Crescimento de indivíduos da população de *Macrobrachium jelskii* na Represa de Barra Mansa no Município de Mendonça, SP. In: congresso brasileiro de zoologia, 25., 2004, Brasília, DF. Resumos eletrônicos... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2004.

Göransson, G.; Larson, M.; Bendz, D. 2013. Variation in the turbidity with precipitation and flow in a regulated river system – river Göta Älv, SW Swedem. Hydrology and Earth System Sciences, 17:2529-2542

Guest, W. C. 1979. Laboratory life history of the palaemonid shrimp *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Decapoda, Palaemonidae). Crustaceana, Amsterdam, 37(2): 141-152.

Guest, W. C.; Durocher, P. P. 1979. Palaemonid shrimp, *Macrobrachium amazonicum*: effects of salinity and temperature on survival. The Progr. Fish-Cult. 41: 14-18.

Hammer, O.; Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp.

Hayd, L.; Anger, K. 2013. Reproductive and morphometric traits of *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda Palaemonidae) from the Pantanal, Brazil, suggests initial speciation. Rev. Biol. Trop. 61, 39–57.

Holden, M. J.; RAITT, D. F. S. 1975. Manual de Ciência Pesqueira . Parte 2 –Métodos para investigar los recursos e su aplicación. Doc. Tec. FAO Pesca (115) Ver I:211pp.

Huxley, J.S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. Nature 14, 896-897.

INMET — Instituto Nacional de Meteorologia, 2010. Conventional monitoring stations. Available at: <http://www.InMet.gov.br/yes/sonabra/ionaConventionis> (Access in July 2018).

Ismael, D.; New, M. B. 2000. Biology. In: M.B. New; W.C. Valenti. (eds.). Freshwater prawn culture. Blackwell, Oxford, pp. 18-40.

Jeppesen E.; Brucet, S.; Naselli-Flores, L.; Papastergiadou, E.; Stefanidis, K.; Nöges, T.; Nöges, P.; Attayde, J. L.; Zohary, T.; Coppens, J.; Bucak, T.; Menezes, R. F.; Freitas, F. R. S.; Kernan, M.; Søndergaard, M.; Beklioglu, M. 2015. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. Hydrobiologia

750: 201-227.

Lees, A. C.; Peres, C. A.; Fearnside, P. M.; Schneider, M.; Jansen, A. S. 2016. Zuanon Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodivers Conserv* 25:451–466.

Legendre, P.; Legendre, L. 2012. Numerical ecology, 3d ed, Elsevier. Elsevier, Amsterdam. doi:10.1016/B978-0-444-53868-0.50016-2.

Lobão, V. L.; Valenti, W. C.; Mello, J. T. C. 1986. Crescimento relativo de *Macrobrachium carcinus* (L.) (Decapoda, Palaemonidae). *Bolm Inst. Pesca*, S. Paulo, 13(1).

Lucena-Frédou, F.; Rosa-Filho, J.; M. Silva, M.; Azevedo, E. 2010. Population dynamics of the river prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda, Palaemonidae) on Combu Island (Amazon Estuary). *Crustaceana*, 83(3): 277-290.

Maciel, C. R.; Valenti, W. C. 2009. Biology, fisheries and aquaculture of the Amazon River Prawn *Macrobrachium amazonicum*: a review. *Nauplius* 17: 61-79.

Magalhaes, C. 1985. Desenvolvimento larval obtido em laboratorio de palaemonideos da Regiao Amazonica. I – *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda). *Amazoniana*, v. 9(2), p. 247-274.

Magalhães, C.; Walker, I. 1988. Larval development and ecological distribution of Central Amazonian palaemonid shrimps (Decapoda, Caridea). *Crustaceana*, 55: 279-292.

Medeiros, P. R. P.; Segundo, G. H. C.; Magalhães, E. M. M. 2015. Comportamento da turbidez e material em suspensão, em um rio com vazão regularizada por sistema de barragens em cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil). *Geochimica Brasiliensis*. 29(1): 35-44. DOI: 10.5327/Z0102-9800201500010004

Meireles, A. L.; Valenti, W. C.; Mantelatto, F. L. 2013. Reproductive variability of the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Caridea, Palaemonidae): influence of life cycle on egg production. *Lat Am J Aquat Res* 41: 718-731.

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.

Mendes, Y.A.; Lee, J.; Viana, I. K. S.; Rocha, R. M.; Ferreira, M. A. P. 2018. Reproductive biology of the tiger pleco *Panaqolus tankei* (Loricariidae) in a lentic system of the Amazon Basin. *Journal of Fish Biology*. 93. 10.1111/jfb.13735.

Mérona, B.; Juras, A. A.; Santos, G. M.; Cintra, I. H. A. 2010. Os peixes e a pesca no baixo rio Tocantins: vinte anos depois da UHE Tucuruí. Belém: ELETROBRAS/ ELETRONORTE. 208p.

MMA. 2010. Programa Áreas protegidas da Amazônia Arpa – Fase II (Documento de Programa do Governo Brasileiro). Brasília, DF.

- Moraes-Riodades, P. M.C.; Valenti, W. C.; Peralta, A. S. L.; Amorim, M. D. L. 1999. Carcini cultura de água doce no Estado do Pará: situação atual e perspectivas. Anais Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, 9 e Congresso Latino-Americano de Engenharia de Pesca, 1, Recife : 598-604.
- Moraes-Riodades, P. M. C.; Valenti, W. C. 2002. Crescimento relativo do camarão canela *Macrobrachium amazonicum* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em viveiros. Revta bras. Zool. v.19 (4), p. 1169 -1176.
- Moraes-Valenti, P.; 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.
- Müller, Y. M R.; Amma, R. D.; Nazari, E. M. 2004. Embryonic development of four species of palaemonid prawns (Crustacea, Decapoda): pre-naupliar, naupliar and post-naupliar periods. Revista Brasileira de Zoologia, v. 21, n. 1, p. 27-32.
- Nazari, E. M.; Simões-Costa, M. S.; Müller, Y. M. R.; Ammar, D.; Dias, M. 2003. Comparisons of fecundity, egg size, and egg mass volume of the freshwater prawns *Macrobrachium potiuna* and *Macrobrachium olfersi* (Decapoda, Palaemonidae). Journal of Crustacean Biology. v. 23 (4): p.862-868.
- New, M.B.; D'abramo L.R; Valenti, W.C.; Singholka . S. 2000. Sustainability of Freshwater Prawn Culture Pages 429-434. In: M. B. New, and W. C. Valenti, editors. *Freshwater Prawn Culture: The farming of *Macrobrachium rosenbergii**. Blackwell Science, Osney Mead, Oxford, England.
- New, M. B. 2005. Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. *Aquaculture Research*, v. 36, 210–230p.
- Odinetz-Collart, O. 1988. Aspectos ecológicos do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) no baixo Tocantins (PA-Brasil) [Ecological aspects of the prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) in the low Tocantins(PA-Brazil)]. Mem. la Soc. Ciencias Nat. La Salle Suplemento, 341–353.
- Odinetz-collart, O. 1991. Strategies de reproduction de *Macrobrachium amazonicum* en America central (Decapoda, Caridea, Palaemonidae). *Journal of Crustacean Biology*, v. 14, 280-288p.
- Odinetz-Collart, O.; Moreira, L. C. 1993. Potencial pesqueiro do *Macrobrachium amazonicum* na amazônia central (Ilha carreiro): variação da abundância e do crescimento. *Amazoniana*, v.12, n. 3/4, p. 399 – 423.
- Odlnetz-Collart, O.; Magalhães, C.. 1994. Ecological constraints and life history strategies of Palaemonid prawns in Amazônia. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, Stuttgart, 25: 2460-2467.
- Odinetz-Collart, O. 1987. La pêche crevetteiere de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas-Tocantins apres la fermeture du barrage deTucuruí. *Ver. Hydrobiol. Trop.* 20 (1), 1–144

- Odinetz-Collart, O.; Rabelo, H. 1996. Variation in egg size of the fresh water prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Palaemonidae). *J. Crust. Biol.* 16: 684-688.
- Oliveira, L. F. S.; Ferreira, M. A. P.; Juen, L.; Nunes, Z. M. P.; Pantoja, J. C. D.; Paixão, L. F.; Lima, M. N. B.; Rocha, R. M. 2018. Influence of the proximity to the ocean and seasonality on the growth performance of farmed mangrove oysters (*Crassostrea gasar*) in tropical environments. *Aquaculture* 495. 661–667. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.049>
- Oliveira, W.S. 2010. Efeito da proporção sexual no comportamento reprodutivo do camarão-de-água-doce *Macrobrachium amazonicum* em cativeiro. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 43 pp.
- Pantaleão, J. A. F.; Hirose, G. L.; Costa, R.C. 2011. Relative growth, morphological sexual maturity, and size of *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862)(Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) in a population with an entirely freshwater life cycle. *Invertebr. Reprod. Dev.* 56, 180–190, <http://dx.doi.org/10.1080/07924259.2011.587276>.
- Pantaleão, J. A. F.; Carvalho-Batista, A.; Teodoro, S. S.A.; Costa, R. C. 2018. The influence of environmental variables in the reproductive performance of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Caridea: Palaemonidae) females in a continental population. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. Rio de Janeiro. 90(2): 1445-1458. ISSN 1678-2690.
- Pauly, D.; Cheung, W. W. L. (2018). Sound physiological knowledge and principles in odelling shrinking of fishes under climate change. *Global Change Biology*, 24(1), e15–e26. <https://doi.org/10.1111/gcb.13831>
- Pileggi, L. G., Mantelatto, F. L., 2010. Molecular phylogeny of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae), with emphasis on the relationships among selected American species. *Invertebr. Syst.* 24, 194–208.
- Pimentel, F. R. 2003. Taxonomia dos Camarões de Água Doce (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae, Euryrhynchidae, Sergestidae) da Amazônia Oriental: Estados do Amapá e Pará. Dissertação (Mestrado) - INPA/UFAM, Manaus.
- Pinheiro, M. A. A.; Hebling, N. J. 1998. Biologia de *Macrobrachium amazonicum* (De Man, 1879). In: W.C. Valenti. (ed.). *Carcinicultura de água doce: tecnologia para produção de camarões*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, p. 21-46.
- Porto, L. A. C. 2004. Estudos morfológicos em populações do complexo *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em diferentes bacias hidrográficas brasileiras. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo-USP. 149p.
- Ramos, C. de O.; Ferreira, J. F.; de Melo, C. M. R.. 2013. Maturation of native oyster *Crassostrea gasar* at different diets in the laboratory. *Bol. Inst. Pesca* 39, 107–120.
- R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

- Ribeiro, K.; Franceschini-Vicentini, I. B.; Papa, L. P.; New, M. B.; Valenti, W. C. 2012. Effect of polyunsaturated fatty acids on the fecundity of the Amazon River prawn *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). *Aquacult. Res.*, 43: 1756-1763.
- Rodriguez, G. 1982. Fresh-water shrimps (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Orinoco basin and the Venezuelan Guyana. *J. Crustac. Biol.* 2: 378-391.
- Sampaio, C. M. S.; Silva, R. R.; Santos, J. A.; Sales, S. P. 2007. Reproductive cycle of *Macrobrachium amazonicum* females (Crustacea, Palaemonidae). *Braz. J. Biol.* 67(3): 551-559.
- Santos, E. P. 1978. Dinâmica de populações aplicada à piscicultura. São Paulo, HUCITEC/EDUSP, 130 p.
- Scarano, F. R. 2008. Mudanças climáticas globais: até que ponto a ecologia como ciência pode ajudar na mitigação? In: BUCKERIDGE, M. S. (Org.). *A biologia e as mudanças climáticas*. 1. ed. São Carlos: Rima, v. 1, p. 117-130.
- Silva, G. M. F.; Ferreira, M. A. P.; Von Iedebur, E. I. C. F.; Rocha, R. M. 2009. Gonadal structure analysis of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) from a wild population: a new insight on the morphotype characterization. *Aquaculture Research* 40:798-803.
- Silva, K. C. A.; Souza, R. A. L.; Cintra, I. H. A. 2002. Camarão-cascudo *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Crustácea, Decapoda, Palaemonidae) no município de Vigia -Pará - Brasil. *Bol. Téc. Científ. CEPNOR* 2(1):41-73.
- Silva, K. C. A.; Cintra, I. H. A.; Muniz, A. P. M. 2005. Aspectos bioecológicos de *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) a jusante do reservatório da hidroelétrica de Tucuruí – Pará. *Bol. Téc. Científ. CEPNOR* 5(1): 55-71.
- Silva, M. C. N. 2006. Dinâmica populacional do camarão cascudo *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da Ilha de Combú - Belém- PA. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Pará, Belém, 75 pp.
- Silva, M.; Frédo-Lucena, F.; Rosa Filho, J. 2007. Estudo do crescimento do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) da ilha de Combú, Belém, estado do Pará. *Amaz. Ci encia Desenvolv.* 2, 85–104.
- Silva, R. C., Jacobucci, G. B.; Mossolin, E. C. 2017. Reproductive biology of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) in a reservoir situated in Minas Gerais State, southeastern Brazil. *Latin american journal of aquatic research*, 45(4), 776-786. <https://dx.doi.org/10.3856/vol45-issue4-fulltext-13>
- Soeiro, R. K. S.; Rocha, C. P.; Maciel, M.; Abrunhosa, F. A.; Maciel, C. R. 2016. Relação entre a origem costeira de *Macrobrachium amazonicum* e o nível de salinidade na larvicultura. *Boletim do Instituto de Pesca*, [S.l.], v. 42, n. 3, p. 691-703. ISSN 1678-2305.

- Sokal, R. R.; Rohlf, F. J. 1995. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research, 3rd ed. W. H Freeman and Company, New York. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Telesh, I. V.; Khlebovich, V. V. 2010. Principal processes within the estuarine salinity gradient: A review. Mar. Pollut. Bull. 61, 149–155. doi:10.1016/j.marpolbul.2010.02.008
- Tundisi, J. G. 2003. Água no século 21: enfrentando a escassez. RIMA/IIIE, São Carlos, Brasil, 247 pp.
- Valenti, W.C.; Mello, J. T. C.; Lobão, V. L. 1986. Dinâmica da reprodução de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) e *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) do rio Ribeira do Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Ciênc. Cult., 38(7): 1256-1262.
- Valenti, W.C.; Mello, J. T. C.; Lobão, V. L. 1989. Fecundidade em *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Rev. Bras. Zool., 6(1): 9-15.
- Valenti, W. C. 1998. Carcinicultura de água doce no Brasil: mitos, realidade e perspectivas. in: Congresso Sul-americano de aquicultura, 1, Simpósio Brasileiro de Aquicultura, 10, simpósio brasileiro sobre cultivo de camarão, 5, Recife, anais. Recife, abraq, p.199-206.
- Vazzoler, A. E. A. de M. 1963. Sobre a fecundidade e desova da pescada foguete. Bolm Inst. Oceanogr., S. Paulo, 13(2) :3340.
- Vergamini, F. G.; Pileggi, L. G.; Mantellato, F. L. 2011. Genetic variability of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum* (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) Contributions to zoology. 80 (1): 67-83.
- Wehrtmann, I. S. 1990. Distribution and reproduction of *Ambidexter panamense* and *Palaemonetes schmitti* in Pacific Costa Rica (Crustacea, Decapoda). Rev Biol Trop 38: 327-329.
- Winemiller K. 1989. Patterns of variation in life-history among south-american fishes in seasonal environments. Oecologia; 81(2):225–41.
- Winemiller, K. O.; McIntyre, P.B.; Castello, L.; Fluet-Chouinard, E.; Giarrizzo, T.; Nam, S.; Baird, I. G.; Darwall, W.; Lujan, N. K.; Harrison, I.; Stiassny, M. L. J.; Silvano, R. A. M.; Fitzgerald, D. B.; Pelicice, F. M.; Agostinho, A. A.; Gomes, L. C.; Aberlt, J. S.; Baran, E.; Petrere, M Jr.; Zarfi, C.; Mulligan, M.; Sullivan, J. P.; Arantes, C. C.; Sousa, L. M.; Koning, A. A.; Hoinghaus, D. J.; Sabaj, M.; Lundberg J. G.; Armbruster J.; Thieme, M. L.; Petry, P.; Zuanon, J.; Torrente-Vilara, G.; Snoeks, J.; Ou, C.; Rainboth, W.; Pavanelli, C. S.; Akama, A.; van Soesbergen, A.; Sáenz, L. 2016. Balancing hydro-power and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. Science 351 (6269): 128–129. <https://doi.org/10.1126/science.aac7082>.