

Macapá, AP / Abril, 2025

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Extratos vegetais e pigmento sintético na alimentação de reprodutores do camarão-da-amazônia

Jô de Farias Lima⁽¹⁾, Daniel Pereira da Costa⁽²⁾, Tainára Cunha Gemaque⁽²⁾ e Kleber Campos Miranda Filho⁽³⁾

⁽¹⁾Pesquisador, Embrapa Amapá, Macapá, AP. ⁽²⁾Bolsista, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, BH. ⁽³⁾Professor, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

Resumo – Carotenoides são componentes alimentares importantes para o metabolismo dos camarões, influenciando tanto aspectos reprodutivos quanto de resistência ao estresse. O objetivo do estudo foi avaliar o potencial uso de extratos vegetais e de astaxantina sintética como suplemento alimentar na dieta do camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*), visando a ganhos reprodutivos. O delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados foi utilizado em cinco tratamentos e três repetições cada. Utilizaram-se 180 camarões, sendo 60 machos ($6,08 \pm 1,96$ g) e 120 fêmeas ($4,55 \pm 1,03$ g), distribuídos em cinco grupos contendo 4 machos e 8 fêmeas cada: camarões selvagens não alimentados (dieta natural); animais alimentados com ração balanceada sem inclusão de pigmentos (CONT); ração balanceada contendo extrato natural de buriti (*Mauritia flexuosa*), que tem o betacaroteno como principal pigmento (β CAR); ração balanceada com inclusão de extrato natural de urucum (*Bixa orellana*), que tem a bixina como pigmento principal (BIXN); e dieta com astaxantina sintética (ASTX) em 20 dias de experimento. Não houve diferenças significativas no desempenho e nos índices corporais. A quantidade de espermatozoides liberados, espermatozoides vivos, pigmentação corporal e de ovos foi superior nos tratamentos BIXN e ASTX em relação ao controle. Os tratamentos BIXN e ASTX se mostraram superiores ao grupo controle na acumulação de astaxantina corporal de fêmeas e ovos e liberação de espermatozoides pelos machos. Os resultados demonstram que o uso de extrato de urucum na dieta é benéfico para reprodução de *M. amazonicum* e por isso pode ser utilizado.

Termos para indexação: buriti, urucum, astaxantina, ração de camarão, desempenho reprodutivo.

Vegetable extracts and synthetic pigment in the diet of Amazon shrimp breeders

Abstract – Carotenoids are essential food components for shrimp metabolism, influencing both reproductive and stress resistance. The study's objective was to evaluate the potential use of plant extracts and synthetic astaxanthin as a food supplement in the diet of Amazon shrimp (*Macrobrachium amazonicum*), aiming at reproductive gains. The experimental design in

Embrapa Amapá

Rodovia Josmar Chaves Pinto,
nº. 2.600, Km 05
68903-419, Macapá, AP
Caixa Postal 10
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Jamile da Costa Araújo

Secretário-executivo

Raimundo Pinheiro Lopes Filho

Membros:

Daniela Loschtschagina Gonzaga,

Gilberto Ken-Iti Yokomizo,

Leandro Fernandes Damasceno,

Nagib Jorge Melém Júnior e

Valeria Saldanha Bezerra

Edição executiva

Daniel Marcos de Freitas Araújo e

Jamile da Costa Araújo

Revisão de texto

Maria Perpétua Beza Pereira

Normalização bibliográfica

Adelina do Socorro Serrão Belém

(CRB2985)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Fábio Sian Martins e

Gleise Maria Teles de Oliveira

Publicação digital (2025): PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

entirely randomized blocks was used with five treatments and three replications each. One hundred eighty shrimp were used, 60 males (6.08 ± 1.96 g) and 120 females (4.55 ± 1.03 g), distributed into five groups containing four males and eight females each: unfed wild shrimp (diet Natural); animals fed a balanced diet without the inclusion of pigments (CONT); balanced feed containing natural extract of "Buriti" (*Mauritia flexuosa*), which has beta-carotene as the primary pigment (β CAR); balanced feed with the inclusion of natural annatto extract (*Bixa orellana*), which has bixin as the primary pigment (BIXN); and diet with synthetic astaxanthin (ASTX) for 20 days of experiment. There were no significant differences in performance and body indices. The number of released spermatophores, live sperm, body pigmentation, and eggs was higher in the BIXN and ASTX treatments compared to the control. The BIXN and ASTX treatments were superior to the control group in the accumulation of body astaxanthin in females and eggs and the release of spermatophores by males. These results demonstrate that the use of annatto extract as a source of natural bixin in the diet is beneficial for the reproduction of *M. amazonicum* shrimp and can therefore be used.

Index terms: buriti, annatto, astaxanthin, shrimp feed, reproductive performance.

Introdução

Os carotenoides são componentes alimentares importantes para o metabolismo dos crustáceos (Costa; Miranda Filho, 2020). Esses pigmentos influenciam positivamente o desenvolvimento geral dos camarões, afetando a produtividade, a resistência ao estresse e a sobrevivência (Niu et al., 2011; Aguirre-Hinojosa et al., 2012; Wang et al., 2018). De acordo com Wade et al. (2017), os carotenoides são indispensáveis para o perfeito desenvolvimento das características reprodutivas dos camarões utilizados na aquicultura.

Os camarões de água doce do gênero *Macrobrachium* demonstram diferenças no desempenho reprodutivo em resposta ao uso de alimentos ricos em carotenoides na sua dieta, com melhoras no desempenho (Tizkar et al., 2014). A astaxantina, principal pigmento acumulado pelos camarões, possui papel fundamental no desempenho reprodutivo e na precocidade reprodutiva (Paibulkichakul et al., 2008; Scabini et al., 2011; Vilchez et al., 2011) e também no desenvolvimento embrionário e larval em *Macrobrachium* (Ribeiro et al., 2001).

O camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*) é uma das espécies mais produzidas na região Norte do Brasil, tanto pela pesca artesanal, para consumo direto, quanto pelo cultivo relacionado a recria e engorda de juvenis provenientes da pesca em gaiolas (Marques et al., 2012). Sua ocorrência natural é na região de clima de monções da Amazônia, e a espécie já foi introduzida para cultivo comercial em diversos pontos da América do Sul (Silva et al., 2017).

Alimentos utilizados na região amazônica, como o buriti (*M. flexuosa*) e o urucum (*B. orellana*), são ricos em pigmentos (Saini et al., 2015). Esses pigmentos podem promover efeitos positivos sobre a espécie estudada, visto que a utilização de extratos de plantas é uma forma de fornecer carotenoides precursores com potencial de serem convertidos em astaxantina (Vernon-Carter et al., 1996; Arredondo-Figueiroa et al., 2004; Aguirre-Hinjosa et al., 2012).

Os resultados contribuem para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, pactuado na Conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável, ocorrida no Rio de Janeiro em 2012, que busca acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e a melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.

O objetivo deste estudo foi avaliar a inclusão de extratos naturais e de astaxantina sintética na dieta do camarão-da-amazônia e verificar seu efeito na composição e acumulação total de astaxantina nos tecidos reprodutivos e gametas desse crustáceo, em comparação com animais selvagens recém-capturados. Todos os eventos de captura na natureza para coleta de matrizes de camarão utilizadas no presente estudo estão declarados em relatório ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (Sisbio), licença/autorização nº 17.702, e cadastro de acesso no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) (nº AADBD89 e nº A0147EF).

Material e métodos

O experimento foi delineado em blocos casualizados contendo cinco tratamentos com três repetições. Foram utilizados 180 camarões recém-capturados da natureza, distribuídos em cinco grupos contendo quatro machos GC1 ($6,08 \pm 1,96$ g) e oito fêmeas ($4,55 \pm 1,03$ g) conforme a dieta: 1) camarões selvagens não alimentados (dieta natural); 2) camarões alimentados com ração balanceada sem inclusão de pigmentos (CONT); 3) camarões alimentados com ração balanceada contendo extrato natural de buriti (*M. flexuosa*), que tem o

betacaroteno como principal pigmento (β CAR); 4) camarões alimentados com ração balanceada com inclusão de extrato natural de urucum (*B. orellana*), que tem a bixina como pigmento principal (BIXN); e 5) camarões alimentados com dieta contendo astaxantina sintética (ASTX). Detalhes sobre a concentração de nutrientes e pigmentos são apresentados na Tabela 1. Sendo assim, um grupo representando a dieta natural, dois grupos com concentração de pigmentos carotenoides abaixo de 40 mg kg⁻¹, um grupo com bixina acima de 250 mg kg⁻¹ e outro com astaxantina sintética acima de 150 mg kg⁻¹. Os pigmentos foram incluídos nas dietas por aspersão dos extratos na superfície do pellet.

Os camarões foram obtidos de pescadores da região de Macapá, AP, Latitude 00°02'20"N e Longitude 51°03'59"W, levados para o Laboratório de Aquicultura da Embrapa Amapá, uma das Unidades Descentralizadas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), situada no estado do Amapá. Os 36 camarões destinados ao levantamento das características selvagens foram prontamente analisados segundo os parâmetros de estudo; os demais, que passaram pelos tratamentos com dietas experimentais, foram cultivados em 12 tanques de 60 L, sendo quatro tratamentos com três repetições em cada. A ração foi fornecida na quantidade de 2 g por repetição diariamente (3,3% do peso vivo), divididos em duas alimentações: 0,5 g pela manhã (10h) e 1,5 g à noite (18h) ao longo dos 20 dias de cultivo. Para as análises de concentração de pigmentos foram amostrados aleatoriamente três machos e três fêmeas de cada tratamento ($n = 6$) e dissecados para separação dos órgãos a serem mensurados (estômago, hepatopâncreas, gônadas).

A composição proximal dos alimentos (Tabela 1) foi feita com base nas seguintes metodologias: matéria seca (MS): secagem em estufa a 105 °C até peso constante (Instituto Adolfo Lutz, 2008). A proteína bruta total (PBT) foi determinada pelo método Kjeldahl, sendo o teor de proteína bruta calculado multiplicando-se o nitrogênio total pelo fator 5,46 (%N x 5,46) (Souza; Nogueira, 2005; Instituto Adolfo Lutz, 2008). O extrato etéreo (EE) foi determinado em aparelho Soxhlet com éter de petróleo sob refluxo durante 4 horas (Silva; Queiroz, 2002; Souza; Nogueira, 2005). O teor de cinzas (CNZ) foi determinado por gravimetria em mufla a 105 °C por 4 horas (Souza; Nogueira, 2005; Instituto Adolfo Lutz, 2008). Fibra bruta (FB) foi determinada gravimetricamente por meio do resíduo remanescente de digestão ácida e alcalina (Silva; Queiroz, 2002; Souza; Nogueira, 2005). O fósforo (P) foi determinado

por complexação do fósforo com vanádio-molibdato de amônio por espectrofotometria na região do visível, o cálcio (Ca) por titulação complexométrica com EDTA, segundo metodologia IAL (Instituto Adolfo Lutz, 2008). A determinação do extrato não nitrogenado (ENN) foi feita por diferença = 100 – (PB + FB + EE + MM). As dietas apresentaram níveis semelhantes de retinol, o que é importante para evitar interferência nos efeitos esperados pelos carotenoides em crustáceos, como descrito por Liñán-Cabello et al. (2002).

Tabela 1. Concentração de nutrientes e pigmentos (carotenoides e retinoides) na matéria seca (MS) das dietas experimentais de reprodutores de camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*).

Composição analisada	Dieta experimental			
	CONT	β CAR	BIXN	ASTX
MS ⁽¹⁾ (%)	92,36	89,71	91,49	92,15
PBT ⁽²⁾ (% na MS)	37,83	37,19	36,70	37,87
EE ⁽³⁾ (% na MS)	7,31	7,98	7,4	7,67
FB ⁽⁴⁾ (% na MS)	4,43	3,46	5,74	4,03
CNZ ⁽⁵⁾ (% na MS)	14,37	14,73	14,46	14,44
ENN ⁽⁶⁾ (% na MS)	32,8	30,21	32,93	32,18
Ca ⁽⁷⁾ (% na MS)	1,88	1,41	1,96	1,68
P ⁽⁸⁾ (% na MS)	0,86	0,88	0,92	0,83
Carotenoides e retinoides totais				
β caroteno (mg kg ⁻¹)	15,71	38,09	-	-
Bixina (mg kg ⁻¹)	-	-	289,71	-
Astaxantina (mg kg ⁻¹)	-	-	-	197,45
Retinol (mg kg ⁻¹)	8,06	8,0	8,01	8,04

⁽¹⁾MS – Matéria seca. ⁽²⁾PBT – Proteína bruta total. ⁽³⁾EE – Extrato etéreo. ⁽⁴⁾FB – Fibra bruta. ⁽⁵⁾CNZ – Cinzas. ⁽⁶⁾ENN – Extrativo não nitrogenado. ⁽⁷⁾Ca – Cálcio. ⁽⁸⁾P – Fósforo.

As dietas experimentais contêm os seguintes aditivos: CONT sem suplementação de pigmentos, β CAR com suplementação de extrato de buriti, BIXN com suplementação de extrato de urucum e ASTX com suplementação de astaxantina sintética.

Os parâmetros de qualidade da água: temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, salinidade e potencial de oxirredução foram mensurados com sonda multiparâmetros U-5000. Os compostos nitrogenados, amônia total, nitrito e

alcalinidade foram determinados utilizando kits colorimétricos e fotômetro multiparâmetros HI 83200.

As variáveis físico-químicas da água do cultivo tiveram os seguintes valores médios: temperatura 27,45 °C ($\pm 0,47$); pH 8,5 ($\pm 0,42$); oxigênio dissolvido 7,06 mg L⁻¹ ($\pm 1,14$); condutividade elétrica 0,45 μ S cm ($\pm 0,04$); sólidos dissolvidos totais 0,30 mg L⁻¹ ($\pm 0,03$); salinidade 0,2 ($\pm 0,0$); amônia total 0,12 mg L⁻¹ ($\pm 0,04$); nitrito 0,09 mg L⁻¹ ($\pm 0,02$); potencial de oxirredução 205,45 mV ($\pm 26,96$); e alcalinidade 43,49 mg L⁻¹ CaCO₃ ($\pm 9,59$).

A composição proximal dos animais foi feita com base nas seguintes metodologias: umidade (UMD) por secagem em estufa a 105 °C até peso constante (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Lipídios totais (LT) foram determinados em aparelho Soxhlet com éter de petróleo (Silva; Queiroz, 2002; Souza; Nogueira, 2005). Proteína bruta total (PBT), cinzas (CNZ), fósforo (P) e cálcio (Ca) foram analisados conforme as metodologias descritas acima.

Para obter uma referência visual da cor dos ovos relacionada à concentração de pigmento mensurada, esses ovos foram observados a olho nu por três observadores treinados, e sua aparência subjetiva, sob consenso das três pessoas, foi registrada no dia da postura até no máximo 12 horas após a ocorrência.

A retirada dos espermatóforos foi realizada nos machos por eletroejaculação em camarões imobilizados com gomas de borracha presas a uma base de espuma, utilizando até três choques de 9V na base do quinto par de pereiópodos, e coletados com uma pinça estéril. A contagem de espermatozoides vivos (EV) foi feita segundo a metodologia de Luen-g-Trujillo e Lawrence (1987), por meio de contagem em hemocitômetro utilizando como contraste hematoxilina e eosina. Foram selecionados quatro grupos de 100 espermatozoides de cada macho e contados os números de células vivas. Então, a média individual dessas quatro contagens representou a viabilidade espermática como disposto na expressão:

$EV =$ média de 4 grupos com 100 espermatozoides de cada macho

O número de coletas de espermatóforos para o grupo NATURAL foi realizado num período de 24 horas finais do experimento e nas 24 horas iniciais do experimento para o grupo NATURAL, como na expressão:

$EL =$ média do número de coletas por repetição

Para as análises de concentração de pigmentos foram amostrados aleatoriamente três machos e três fêmeas de cada tratamento ($n = 6$) e dissecados para separação dos órgãos a serem mensurados (estômago, hepatopâncreas, gônadas). Esses tecidos dos camarões foram macerados em etanol 96 °GL e analisados em espectrofotômetro UV SP220, no comprimento de onda de 478 nm de absorvância (ABS) da astaxantina e coeficiente de absorção $E_{1\text{ cm}}^{1\%}$ 2.100 para cálculo do valor de [mg/kg] de astaxantina contido no tecido expressa como concentração corporal de astaxantina (CCA). Para as dietas (Tabela 1) foi utilizada a mesma técnica, sendo a dieta ASTX com os mesmos valores para os animais, para CONT e β CAR, a ABS de 452 nm e coeficiente de absorção de $E_{1\text{ cm}}^{1\%}$ 2.620 e na dieta BIXN, a ABS de 457 nm e coeficiente de absorção de $E_{1\text{ cm}}^{1\%}$ 3.443. Para determinação do retinol foi utilizada ABS de 325 nm e o coeficiente de absorção $E_{1\text{ cm}}^{1\%}$ 1.780, como na metodologia descrita por Dias et al. (2010). O cálculo foi feito baseado em Rodriguez-Amaya (2001); Rodriguez-Amaya e Kimura (2004), seguindo a equação abaixo:

$$[\text{mg pigmento/kg}] = \frac{\text{ABS} \times \text{FD} \times \text{V}}{\text{CA} \times [\text{g}]}$$

em que

ABS = absorvância do pigmento na solução de etanol [nm].

FD = fator de diluição (=1000000).

V = volume da solução.

CA = coeficiente de absorção $E_{1\text{ cm}}^{1\%}$ do pigmento em etanol.

[g] = quantidade de amostras utilizada em gramas.

Os dados foram submetidos inicialmente ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Determinadas as características dos dados, foram utilizados os testes de Duncan para as variáveis paramétricas e de Kruskal-Wallis para as não paramétricas, ambas ao nível de significância de 5%. A análise estatística foi feita no programa INFOSTAT versão 2017 (Casnoves et al., 2012).

Resultados e discussão

Observando a Tabela 2, nota-se que o teor de umidade (UMD) nos camarões foi maior no tratamento CONT em relação aos demais tratamentos ($p < 0,05$), apesar de o teor de PBT nesse tratamento ser superior ao dos tratamentos β CAR e ASTX ($p < 0,05$). O tratamento CONT ainda apresentou índices inferiores de cinzas (CNZ) e fósforo (P) em

relação aos demais grupos ($p < 0,05$). O grupo NATURAL apresentou os menores índices ($p < 0,05$) de LT em relação aos animais alimentados com as rações em cultivo. O cálcio (Ca) apresentou-se significativamente maior nos tratamentos BIXN e ASTX, ambos com quantidades maiores de carotenoides, e no grupo NATURAL ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos.

A inclusão de pigmentos na alimentação proporcionou aumento no número de espermátóforos liberados pelos machos, com destaque para o tratamento ASTX, que apresentou desempenho superior aos grupos NATURAL e CONT (Figura 1). No caso dos espermatozoides vivos, os tratamentos BIXN e ASTX tiveram resultado semelhante ao grupo NATURAL e superior ao CONT (Figura 2).

Dentre os pigmentos testados, o tratamento ASTX assumiu isoladamente a maior CCA, tanto nos machos como nas fêmeas ($p < 0,05$), entretanto foi levemente inferior em machos com dieta natural (Figuras 3 e 4). Os tratamentos CONT e β CAR se mostraram com baixos valores de CCA, enquanto BIXN assumiu um valor intermediário a eles. O tratamento ASTX obteve o melhor resultado na CCA entre os tratamentos com adição de pigmentos. Contudo, o grupo dieta NATURAL ainda apresentou maior nível de CCA em relação a CONT, β CAR e BIXN ($p < 0,05$). A concentração de CAO dos camarões (Figura 5) foi superior nos tratamentos BIXN (aparência marrom) e ASTX (aparência preta), intermediária no tratamento β CAR e inferior no tratamento controle CONT ($p < 0,05$), ambos com aparência ocre.

Tabela 2. Composição centesimal (média e desvio padrão) dos camarões-da-amazônia cultivados com diferentes fontes de pigmentos em matéria natural (MN).

Grupo	Composição					
	UMD ⁽¹⁾ (%)	PBT ⁽²⁾ (%)	CNZ ⁽³⁾ (%)	LT ⁽⁴⁾ (%)	Ca ⁽⁵⁾ (%)	P ⁽⁶⁾ (%)
NATURAL	71,25 ± 1,46 a	17,66 ± 0,71 bc	4,67 ± 0,08 b	2,34 ± 0,11 a	1,39 ± 0,28 c	0,28 ± 0,04 b
CONT	74,38 ± 0,44 b	18,36 ± 1,27 c	2,43 ± 0,38 a	3,51 ± 0,22 b	0,77 ± 0,24 ab	0,19 ± 0,04 a
β CAR	71,42 ± 1,5 a	16,04 ± 0,09 ab	4,35 ± 0,14 b	3,82 ± 0,31 b	0,69 ± 0,05 a	0,30 ± 0,01 b
BIXN	72,04 ± 1,46 a	16,83 ± 0,67 abc	4,80 ± 0,40 b	3,59 ± 0,66 b	1,11 ± 0,11 bc	0,33 ± 0,05 b
ASTX	70,06 ± 0,64 a	15,38 ± 1,13 a	4,96 ± 0,17 b	3,72 ± 0,11 b	1,45 ± 0,29 c	0,34 ± 0,04 b

⁽¹⁾UMD – Umidade. ⁽²⁾PBT – Proteína bruta total. ⁽³⁾CNZ – Cinzas. ⁽⁴⁾LT – Lipídios totais. ⁽⁵⁾Ca – Cálcio. ⁽⁶⁾P – fósforo.

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste paramétrico de Duncan ($p < 0,05$).

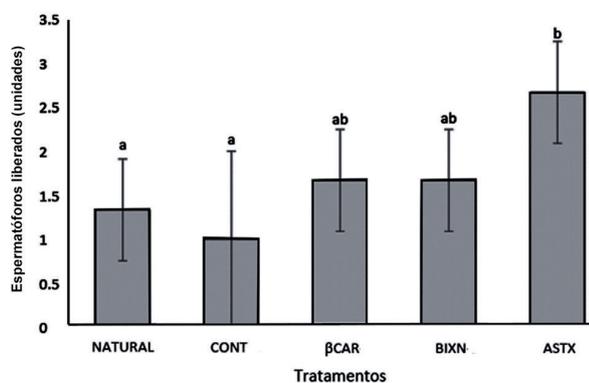


Figura 1. Número de espermátóforos liberados por machos de camarão-da-amazônia ($n = 6$) durante 24 horas pós-captura (NATURAL) e após 20 dias de cultivo nos demais grupos (médias ± desvio padrão).

Letras diferentes sobre as colunas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

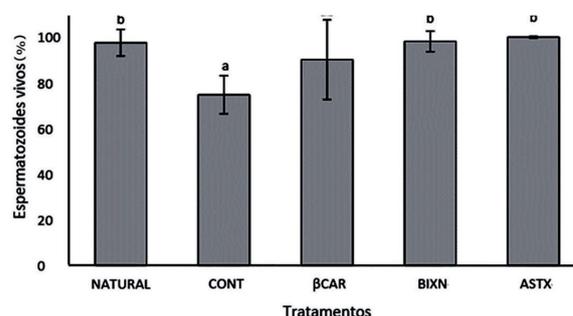


Figura 2. Percentagem de espermatozoides vivos (EV) por machos de camarão-da-amazônia ($n = 6$) durante 24 horas pós-captura (NATURAL) e após 20 dias de cultivo nos demais grupos (médias e desvio padrão ±).

Letras diferentes sobre as colunas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

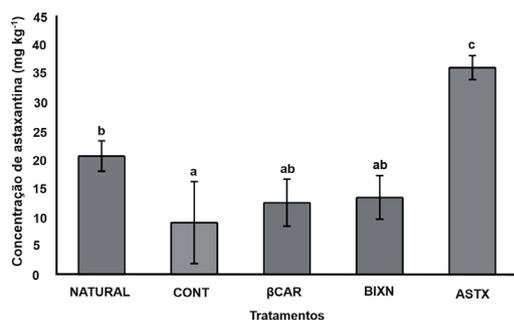


Figura 3. Concentração corporal de astaxantina (CCA) em fêmeas de camarão-da-amazônia ($n = 3$) pós-captura (NATURAL) e após 20 dias de cultivo nos demais grupos (médias e desvio padrão \pm).

Letras diferentes sobre as indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

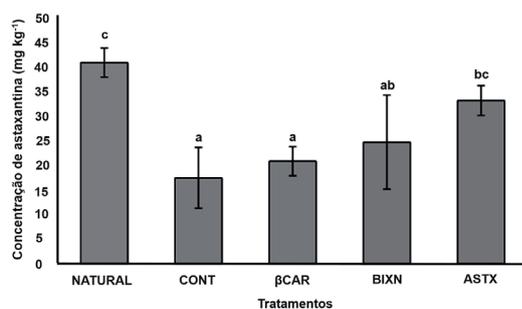


Figura 4. Concentração corporal de astaxantina (CCA) em machos de camarão-da-amazônia ($n = 3$) pós-captura (NATURAL) e após 20 dias de cultivo nos demais grupos (médias e desvio padrão \pm).

Letras diferentes sobre as indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

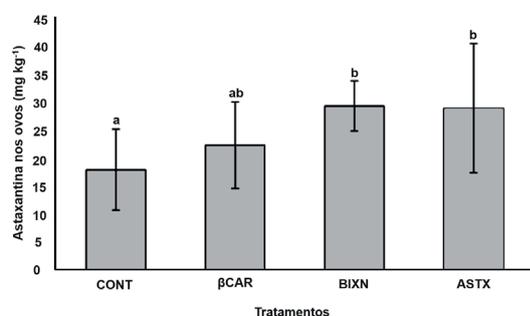


Figura 5. Concentração de astaxantina em ovos (CAO) de camarão-da-amazônia ($n = 6$) após 20 dias de cultivo nos demais grupos (médias e desvio padrão \pm).

Letras diferentes sobre as indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Kim et al. (2013) não observaram diferenças significativas no teor de proteína e lipídeos de juvenis de *M. rosenbergii* cultivados com diferentes níveis de carotenoides. As diferenças nesses níveis nos animais podem estar relacionadas aos níveis encontrados nas rações, que estão heterogêneas, devido a características dos extratos adicionados e sua digestibilidade e efetividade específica.

Yanar et al. (2011) encontraram valores maiores de Ca e astaxantina e valores menores de P e lipídeos em camarões marinhos *Penaeus semisulcatus* ($19,7 \pm 0,21$ g) selvagens do que os encontrados nos animais de cultivo. Segundo Milograna et al. (2010), a demanda de cálcio iônico (Ca^{2+}) corporal em *Macrobrachium olfersi* é mais acentuada nos grupos com maior concentração de pigmentos, pois é necessária a utilização do íon no processo de transporte intercelular. Possivelmente esse é o motivo para a presença de maior quantidade desse elemento nos grupos, com maior acumulação corporal do pigmento e menor quantidade de P, CNZ e UMD no grupo controle, pois a demanda tecidual de Ca e P em *Macrobrachium* está interligada e proporcional (Wang et al., 2003). Possivelmente o aumento da disponibilidade de pigmento faz com que o camarão responda fisiologicamente, aumentando a absorção mineral para suprir sua necessidade de transportadores.

Nível de LT mais baixo nos camarões do grupo dieta NATURAL denota condições de subalimentação, como descrito por Herbinge e Frias (1991), pois o Kr é uma forma de se avaliar as reservas energéticas dos animais aquáticos. O nível superior de proteína no tratamento CONTROLE contrasta com os baixos níveis relativos de CNZ, Ca, P e UMD nos tratamentos com valores superiores de pigmentos. A baixa mineralização nesse tratamento sugere que pode haver relação entre os níveis de minerais e o consumo/acumulação de pigmentos.

O desempenho reprodutivo (fecundidade e fertilidade) das fêmeas adultas de camarão não foi possível ser avaliado em razão do curto período de experimento, embora visualmente os ovos das fêmeas tenham apresentado mudanças claras de coloração em resposta à adição de pigmentos na dieta e incorporação na forma de astaxantina em ovos (CAO). Caso a alimentação seja feita desde a fase de crescimento e por um período maior de tempo, efeitos significativos ocorrem na precocidade da maturação das gônadas e tempo de desova (Menasveta et al., 1994; Pangantihon-Kühlmann et al., 1998).

No caso dos machos, a produção de espermátóforos e a sobrevivência de espermatozoides foram

influenciadas pelos pigmentos da dieta. Segundo Perez-Velazquez e Gonzalez-Féliz (2003), a falta de astaxantina na dieta prejudica a produção de espermatozoides e a qualidade dos espermatozoides dos camarões. Para Braga et al. (2013), a suplementação de alguns tipos de fonte de carotenoides precursores de astaxantina são eficientes na melhora da qualidade do espermatozóide e dos espermatozoides dos camarões. Esses autores ainda sugerem que existem diferenças nas exigências por carotenoides entre machos e fêmeas da mesma espécie, conforme observado nas Figuras 3 e 4, CAA de fêmeas e machos. Podendo, por esse motivo, conter diferentes concentrações corporais, como observado no presente estudo.

A acumulação corporal de astaxantina mostrou-se aumentada nos tratamentos com utilização de astaxantina sintética e de extrato de urucum, corroborando o fato de que astaxantina possui um poder de pigmentação superior, já que não requer tanto gasto energético nem é requerida em grande quantidade para a utilização pelos camarões (Arredondo-Figueiroa et al., 2004). Contudo, a bixina, proveniente do urucum, tem potencial de utilização que pode ser melhor explorado em vista de uma alimentação frequente de custo reduzido para os reprodutores de camarão-da-amazônia, como já é utilizada em aquicultura de forma eficaz (Fries et al., 2014; Safari; Atash, 2015; Danajaya et al., 2017). A acumulação de astaxantina nos ovos dos camarões pela adição de astaxantina sintética e bixina é desejável, já que a astaxantina auxilia no aumento da taxa de eclosão (Maulana et al., 2017) e posteriormente em maior sobrevivência, desenvolvimento e resistência a estresse nas larvas (Wang et al., 2018). A cor dos ovos evidencia que assumem cores mais escuras quando recebem maiores concentrações de pigmentos, e a acumulação destes é mais efetiva.

Conclusões

- 1) A adição de pigmentos carotenoides na dieta do camarão-da-amazônia proporciona maior produção de espermatozoides e sobrevivência de espermatozoides.
- 2) Dietas contendo extrato vegetal de urucum e astaxantina sintética contribuem para a acumulação de astaxantina corporal nos camarões e nos ovos.

Referências

- AGUIRRE-HINOJOSA, E.; PIÑA-VALDEZ, P.; GARZA-AGUIRRE, M. C.; GUZMÁN-RAMIREZ, L. D.; MONTOYA-OLVERA, R.; TORRES-QUIROGA, J.; NIEVES-SOTO, M. Efecto de las xantofilas de la flor de cempaschúhil *Tagetes erecta* L. em la acumulación de astaxantina y la sobrevivência de postlavas del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 11, n. 2, p. 249-257, 2012.
- ARREDONDO-FIGUEIROA, J. L.; PEDROSA-ISLAS, R.; PONCE-PALAFIX, J. T.; VERNON-CARTER, E. J. Pigmentation of pacific White shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) with esterified and saponified carotenoids from red chile (*Capsicum annum*) in comparison to astaxanthin. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 2, n. 2, p. 101-108, 2004.
- BRAGA, A. L.; LOPES, D. L. A.; POERSH, L. H.; WASIELESKY-JUNIOR, W. Spermatozoides and sperm quality of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* fed with fresh food supplemented with pollen and paprika. **Aquaculture**, v. 380-383, p. 29-32, 2013.
- CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; DI RIENZO, J. A.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. **InfoStat**: User Manual. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2012.
- COSTA, D. P.; MIRANDA-FILHO, K. C. The use of carotenoid pigments as food additives for aquatic organisms and their functional roles. **Reviews in Aquaculture**, v. 12, n. 3, p. 1567-1578, 2020.
- DANANJAYA, S. H. S.; MUNASINGHE, D. M.; ARIYARATNE, H. B. S.; LEE, J.; ZOYSA, M. de. Natural bixin as a potential carotenoid for enhancing pigmentation and colour in goldfish (*Carassius auratus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 23, n. 2, p. 255-263, 2017.
- DIAS, S. S.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S.; REIS, R. C. S.; SCHUTZ, D. F. Obtenção de padrão analítico de retinol a partir de fígado bovino via cromatografia líquida de alta eficiência em escala analítica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 22., 2010, Salvador. **Potencialidades, desafios e inovações**. [S.l.]: SBCTA, 2010. 1 CD-ROM.
- FRIES, G. M.; BITARELLO, A. C.; ZAMINHAN, M.; SIGNOR, A.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R. Urucum em dietas para alevinos de kinguios *Carassius auratus*: Desempenho produtivo e pigmentação da pele. **Semina, Ciências Agrárias**, v. 35, p. 3401-3414, 2014.
- HERBINGER, C. M.; FRIARS, G. W. Correlation between condition factor and total lipid content in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr. **Aquaculture Research**, v. 22, n. 4, p. 527-529, 1991.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, 2008. 1020 p.

KIM, Y.-C.; ROMANO, N.; LEE, K.-S.; TEOH, C.-Y.; NG, W. K. Effect of replacement dietary fish oil and squid liver oil with vegetable oils on the growth, tissue fatty acid profile and total carotenoids of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture Research**, v. 44, p. 1731-1740, 2013.

LEUNG-TRUJILLO, J. R.; LAWRENCE, A. L. Observations on the decline in sperm quality of *Penaeus setiferus* under laboratory conditions. **Aquaculture**, v. 65, p. 363-370, 1987.

LIÑÁN-CABELLO, M. A.; PINIGUA-MICHEL, J.; OPKINS, P. M. Bioactive roles of carotenoids in crustaceans. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 4, p. 299-309, 2002.

MARQUES, H. L. A.; BARROS, H. P.; MALLASEN, M.; BOOCK, M. V.; VALENTI, P. M. C. M. Influence of stocking densities in the nursery phase on the growth of *Macrobrachium amazonicum* reared in net pens. **Aquaculture**, v. 358-359, p. 240-245, 2012.

MAULANA, F.; ARFAH, H.; ISTIFARINI, M.; SATIAWATI, M. Supplementation of astaxanthin and vitamin E in feed on the development of gonads Pacific white shrimp broodstock. **Jurnal Akuakultur Indonesia**, v. 16, n. 2, p. 124-135, 2017.

MENASVETA, P.; CHOOSUWAP, J.; PIYATIRATHIVORAKUL, S.; FAST, A.; LATSCHA, T. Effect of dietary astaxanthin on gonadal maturation and spawning of giant tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricius). In: ASIAN FISHERIES FORUM, 3., 1992, Singapore. **Proceedings...** Selangor: Asian Fisheries Society, 1994. p. 713-716.

MILOGRANA, S. R.; BELL, F. T.; MACNAMARA, C. Signal transduction, plasma membrane calcium movements and pigment translocation in freshwater shrimp chromatophores. **Journal of Experimental Zoology**, v. 313A, n. 9, p. 605-617, 2010.

NIU, J.; TIAN, L.; LIN, H. Y.; LIU, Y. Carotenoids in aquaculture, an overview. **Journal of Animal Science Biotechnology**, v. 2, n. 1, p. 44-58, 2011.

PAIBULKICHAKUL, C.; PIYATIRATHIVORAKUL, S.; SORGELOOS, P.; MENASVETA, P. Improved maturation of pond reared black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) using fish oil and astaxanthin feed supplements. **Aquaculture**, v. 282, n. 1-4, p. 83-89, 2008.

PANGANTIHON-KÜHLMANN, M. P.; MILLAMENA, O.; CHERN, Y. Effect of dietary astaxanthin and vitamin A on the reproductive performance of *Penaeus monodon* broodstock. **Aquatic Living Resources**, v. 11, n. 6, p. 403-409, 1998.

PEREZ-VELASQUEZ, M.; GONZÁLEZ-FÉLIX, M. L. Dietary effects on sperm quality of *Litopenaeus vannamei* broodstock. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 34, n. 1, p. 92-98, 2003.

RIBEIRO, E. A.; GENOFRE, G. C.; MCNAMARA, J. C. Identification and quantification of carotenoid pigments during the embryonic development of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* (Crustacea, Decapoda). **Marine and Freshwater Behaviour and Physiology**, v. 34, n. 2, p. 105-116, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: International Life Sciences Institute Press, 2001. 64 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus Handbook for carotenoid analysis**. Washington, DC: IFPRI; Cali: CIAT, 2004. 58 p. (HarvestPlus. Technical Monograph, 2).

SAFARI, O.; ATASH, M. M. S. The effects of dietary supplement of annatto (*Bixa orellana*) seed meal on blood carotenoid content and fillet color stability in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 437, p. 275-281, 2015.

SAINI, R. K.; NILE, S. H.; PARK, S. W. Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. **Food Research International**, v. 76, pt. 3, p. 735-750, 2015.

SCABINI, V.; FERNANDEZ-PALACIOS, H.; ROBAINA, L.; KALINOWSKI, T.; IZQUIERDO, M. S. Reproductive performance of gilthead seabream (*Sparus aurata* L., 1758) fed two combined levels of carotenoids from paprika oleoresin and essential fatty acids. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, n. 3, p. 304-312, 2011.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002.

SILVA, R. C.; JACOBUCCI, G. B.; MOSSOLIN, E. C. Reproductive biology of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) in a reservoir situated in Minas Gerais state, Southeast Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 45, n. 4, p. 776-786, 2017.

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005.

TIZKAR, B.; SEIDAVI, A.; PONCE-PALAFIX, J. T.; PARASTOO, P. The effect of astaxanthin on resistance of juvenile prawns *Macrobrachium nipponense*. (Decapoda: Palaemonidae) to physical and chemical stress. **Revista de Biología Tropical**, v. 62, n. 4, p. 1331-1341, 2014.

VERNON-CARTER, E. J.; PONCE-PALAFOX, J. T.; PEDROSA-ISLAS, R. Pigmentation of pacific White shrimp (*Penaeus vannamei*) using Aztec marigold (*Tagetes erecta*) extracts as the carotenoids source. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 46, n. 3, p. 243-246, 1996.

VILCHEZ, C.; FORJAN, E.; CUARESMA, M.; BEDMAR, F.; GARBAYO, I.; VEGA, J. Marine carotenoids: biological functions and commercial applications. **Marine Drugs**, v. 9, n. 3, p. 319-333, 2011.

WADE, N. M.; GABAUDAN, J.; GLENCROSS, B. D. A review of carotenoid utilization and function in crustaceans aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 9, n. 2, p. 141-156, 2017.

WANG, W.; ISHIKAWA, M.; KOSHIO, S.; YOKOYAMA, S.; DAWO D, M. A. O.; ZHANG, Y. Effect of dietary astaxanthin supplementation on survival, growth and stress resistance in larval and post larval Kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. **Aquaculture Research**, v. 49, p. 2225-2232, 2018.

WANG, W.-N.; WANG, A.-L.; WANG, D. M.; WANG, L. P.; LIU, Y.; SUN, R. Y. Calcium, phosphorus and adenylate level and Na⁺-K⁺ -ATPase of prawn *Macrorachium nipponense*, during the molt cycle. **Compendium of Biochemistry and Physiology A**, v. 134, n. 2, p. 297-305, 2003.

YANAR, Y.; GÖÇER, M.; YANAR, M.; KÜCÜKGULMEZ, A. Differences in nutrition composition between cultured and wild green shrimp (*Penaeus semisulcatus*) Ita. **Journal of Food Science**, v. 23, n. 4, p. 436-441, 2011.