

Macapá, AP / Dezembro, 2023

## Uso de extratos vegetais e sintéticos na alimentação de camarão-da-amazônia visando ao incremento da coloração corporal



Jô de Farias Lima<sup>(1)</sup>, Daniel Pereira da Costa<sup>(2)</sup>, Tainara Cunha Gemaque<sup>(3)</sup> e Kleber Campos Miranda Filho<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Pesquisador, Embrapa Amapá, Macapá, AP, <sup>(2)</sup> Técnico, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, Macapá, AP, <sup>(3)</sup> Doutoranda, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, <sup>(4)</sup> Professor, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

**Resumo** – A cor é um fator importante para distinguir os camarões-da-amazônia na sua comercialização. O acúmulo de pigmentos no corpo pode variar de acordo com a dieta do camarão. Neste trabalho, extratos etanólicos de buriti e urucum, ricos em pigmentos, foram obtidos e testados comparativamente com astaxantina sintética na alimentação de adultos de *Macrobrachium amazonicum*, juntamente com um grupo controle sem utilização de pigmentos e um grupo selvagem recém-capturado. Os níveis de pigmentos corporais foram medidos usando espectroscopia reflexiva de UV e coloração externa por colorimetria. Foram observadas diferenças no acúmulo de astaxantina nos tecidos corporais, com distinção na saturação, sendo os machos mais coloridos que as fêmeas, independentemente do tratamento empregado, e que o extrato de urucum apresenta maior estabilidade na ração após imersão em água ( $P < 0,05$ ). Novos estudos são recomendados para verificar a dosagem ideal de pigmentos naturais em relação à astaxantina sintética que beneficia o desenvolvimento da cadeia produtiva do camarão.

**Palavras-chave:** alimentação, carotenoides, coloração, *Macrobrachium*, pigmentos.

## Use of plant and synthetic extracts in feeding Amazon shrimp to increase body color

**Abstract** – Color is an important factor in distinguishing Amazon shrimp when commercialized. The accumulation of pigments in the body can vary depending on the shrimp's diet. In this work, ethanolic extracts of buriti and annatto, rich in pigments, were obtained and tested comparatively with synthetic astaxanthin in the diet of *Macrobrachium amazonicum* adults, together with a control group without the use of pigments and a recently captured wild group. Body pigment levels were measured using UV reflective spectroscopy and external staining by colorimetry. Differences were observed in the accumulation of astaxanthin in body tissues, with a difference in saturation, with males being more colorful than females, regardless of the treatment used, and that annatto extract presents greater stability in the feed

**Embrapa Amapá**  
Rodovia Josmar Chaves Pinto,  
nº. 2.600, Km 05  
CEP 68903-419, Macapá, AP  
Caixa Postal 10 - CEP 68906-970  
Fone: (96) 3203-0201  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Jamile da Costa Araújo

Secretário-executivo

Daniel Marcos de Freitas Araújo

Membros:

Adelina do Socorro Serrão Belém,

Daniela Loschtschagina Gonzaga,

Gilberto Ken-Iti Yokomizo,

Leandro Fernandes Damasceno,

Nagib Jorge Melém Júnior, Valéria

Saldanha Bezerra

Edição executiva

Adelina do Socorro Serrão Belém

Revisão de texto

Maria Perpétua Beleza Pereira

Normalização bibliográfica

Adelina do Socorro Serrão Belém

Projeto gráfico da coleção

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Fábio Sian Martins

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à  
Embrapa

after immersion in water ( $P < 0,05$ ). New studies are recommended to verify the ideal dosage of natural pigments in relation to synthetic astaxanthin that benefits the development of the shrimp production chain.

**Keywords:** food, carotenoids, coloration, *Macrobrachium*, pigments

## Introdução

O camarão-da-amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) é uma espécie de crustáceo de água doce da América do Sul (Fabri et al., 2019) amplamente utilizada para pesca na região Norte do continente, além da produção na aquicultura com a criação de juvenis capturados na natureza e também de pós-larvas produzidas em laboratório, estendendo sua produção por diversos locais do Brasil (Marques et al., 2012; Silva et al., 2017). Várias pesquisas têm sido direcionadas para otimização da criação em cativeiro, pois se trata de uma espécie com boa aceitação pelo consumidor e bom valor de mercado, de cultivo relativamente fácil e adaptada à maioria das condições de cultivo, inclusive integradas a outros organismos aquáticos (Flickinger et al., 2019; Dantas et al., 2020; Dutra et al., 2020; Lima et al., 2020).

A coloração natural de *M. amazonicum* quando cozido é avermelhada (Costa; Miranda-Filho, 2020), característica que pode ser observada nos mercados populares do Norte do Brasil, onde esse crustáceo é comercializado. Essa cor se manifesta devido à presença da astaxantina, principal pigmento carotenoide no corpo de crustáceos (Wade et al., 2017), a qual pode estar presente nos alimentos naturais do camarão, como zooplâncton, ser adicionada na forma sintética ou ser convertida pelos camarões, de xantofilas e carotenos presentes em alimentos de origem vegetal (Costa; Miranda Filho, 2020). A manutenção de níveis adequados de astaxantina corporal em crustáceos, além de melhorar a cor característica para sua comercialização, garante que essas reservas possam suprir suas necessidades para as funções como retinoide e antioxidante (Aguirre-Hinojosa et al., 2012; Daniel et al., 2017). A falta desse pigmento pode acarretar doenças que comprometem o desenvolvimento normal dos camarões e aumentar a mortalidade no cultivo (Niu et al., 2011; Aguirre-Hinojosa et al., 2012). A astaxantina estimula o crescimento, a reprodução, o desenvolvimento larval e está presente tanto nos tecidos como nos ovos de camarões, e sua deposição é estimulada tanto pelo consumo dos

alimentos ricos em pigmentos quanto pelo ambiente de cultivo mais escuro (Ribeiro et al., 2001; Paibulkichakul et al., 2008; Tume et al., 2009; Tomas et al., 2020).

Na região amazônica existem diversos alimentos ricos em pigmentos naturais. As vantagens de utilização desses suplementos na alimentação animal são a disponibilidade; o baixo custo, comparado aos produtos sintéticos; a possibilidade de produção orgânica ou extrativista por manejo sustentável; e a possibilidade de produção por pequenos agricultores que já trabalham com captura e cultivo do camarão. O buriti (*Mauritia flexuosa*), fonte natural de betacaroteno, e o urucum (*Bixa sp.*), rico em bixina (Saini et al., 2015), já são estudados como fontes de carotenoides para a alimentação animal (Dananjaya et al., 2017; Morais et al., 2017).

Portanto, o objetivo do presente estudo é avaliar o potencial de extratos de plantas amazônicas e astaxantina sintética relacionado a deposição pigmentária em diversos tecidos e a sua influência na pigmentação externa da carapaça em adultos de *M. amazonicum* cultivados em sistemas fechados, em comparação com exemplares selvagens e entre os sexos.

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

Neste estudo todos os eventos de captura na natureza para coleta de matrizes estão declarados em relatório ao Sisbio licença/autorização nº 17.702 e cadastrados no SisGen (nº AADB89 e nº A0147EF).

## Material e Métodos

Os camarões utilizados no estudo foram obtidos de pescadores da região de Macapá, AP, Latitude 00°02'20"N e Longitude 51°03'59"W, levados ao Laboratório de Aquicultura e Pesca da Embrapa Amapá, Unidade Descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

Os 36 camarões utilizados para o levantamento das características silvestres foram prontamente analisados de acordo com os parâmetros do estudo, os demais que passaram pelos tratamentos com dietas experimentais (Tabela 1) foram cultivados em 12 tanques de 60 L cada (59 x 32 x 32 cm) e quatro tratamentos com três repetições em cada um.

Os parâmetros de qualidade da água: temperatura (T °C), potencial de hidrogenação (pH), oxigênio dissolvido (DO), condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (TDS), salinidade (SAL) e potencial de oxidação (PO) foram mensurados com sonda multiparâmetro U-5000. O nitrogênio amoniacal total (TA-N), o nitrogênio como nitrito (NO<sub>2</sub>-N) e a alcalinidade (ALC) foram determinados usando kits colorimétricos e fotômetro multiparamétrico HI 83200.

As variáveis físico-químicas da água apresentaram os seguintes valores médios: temperatura 27,45 °C (± 0,47); pH 8,5 (± 0,42); oxigênio dissolvido 7,06 (± 1,14); condutividade elétrica 0,45 (± 0,04); sólidos dissolvidos totais 0,30 (± 0,03); salinidade 0,2; amônia total 0,12 (± 0,04); nitrito 0,09 (± 0,02); potencial de oxidação 205,45 (± 26,96) e alcalinidade 43,49 (± 9,59).

Para elaboração dos extratos etanólicos 100 g de cada fruto (buriti e urucum) foram triturados em liquidificador juntamente com 100 mL de etanol 96° GL; descansaram por 24 horas a 30 °C para extração dos pigmentos, foram separados do resíduo fibroso por filtragem, e o volume foi corrigido para 100 mL. No caso da astaxantina sintética, 2 g do produto foram diluídos em água (10 mL) e o restante do volume completado com o mesmo etanol, para se igualar aos demais extratos. Para o grupo controle foi reservada apenas a solução de etanol 96° GL. Os extratos foram incluídos nas dietas por pulverização na superfície dos pellets de ração comercial extrusada com 38% de proteína bruta e depois deixados secar por 8 horas em estufa a 60 °C. A ração foi fornecida na quantidade de 2 g por réplica diariamente (3,3% do peso vivo), dividida em duas porções: 0,5 g pela manhã (10h) e 1,5 g à noite (18h).

O experimento foi delineado em blocos casualizados, contendo cinco tratamentos com três repetições, e analisados em esquema fatorial 5 x 2 (cinco tratamentos e dois sexos). Foram distribuídos 180 camarões em cinco grupos contendo 4 machos (6,08 ± 1,96 g) e 8 fêmeas (4,55 ± 1,03 g) de acordo com as seguintes dietas: 1) animais submetidos à dieta controle sem inclusão de pigmentos (CONTROLE); 2) animais submetidos a uma dieta contendo extrato natural de buriti, que possui betacaroteno como pigmento principal (BUR); 3) animais submetidos à dieta com extrato natural de urucum, incluindo a bixina como pigmento principal (URU); 4) animais submetidos à dieta com astaxantina sintética (ASTX); e 5) animais que não foram submetidos a nenhuma dieta, sendo analisados assim que foram capturados na natureza (NATURAL).

Assim, um grupo representando a dieta selvagem, dois grupos com baixa concentração de pigmentos (CONTROLE e BUR) e dois grupos com alta concentração de pigmentos (URU e ASTX), conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1.** Concentração de carotenoides na matéria seca (MS) em dietas para camarão-da-amazônia.

Carotenoide	Dieta experimental			
	CONTROLE	BUR	URU	ASTX
β-carotene (mg/kg)	15.71	38.09	-	-
Bixina (mg/kg)	-	-	289.71	-
Astaxantina (mg/kg)	-	-	-	197.45

Para a análise da concentração de pigmentos, um macho e uma fêmea de cada repetição (n = 6) foram amostrados aleatoriamente e dissecados para separar os tecidos a serem analisados (estômago, hepatopâncreas, gônadas, músculo, carapaça e o restante do cefalotórax e abdome). Os tecidos do camarão foram macerados em etanol GL 96° e analisados em espectrofotômetro UV SP220 no comprimento de onda de 478 nm de absorvância (ABS) de astaxantina e coeficiente de absorção E1% 1 cm 2100 para o cálculo da concentração de astaxantina (mg/kg) contida no tecido (ACT). Para as dietas (Tabela 1) foi utilizada a mesma técnica da dieta ASTX, com os mesmos valores para os animais; para CONTROLE e BUR, ABS de 452 nm e coeficiente de absorção de E1% 1 cm 2620; e para a dieta URU, ABS de 457 nm e coeficiente de absorção de E1% 1 cm 3443. Para determinação do retinol, o ABS foi utilizado a 325 nm e o coeficiente de absorção E1% 1 cm 1780, como na metodologia descrita por Dias et al. (2010). O cálculo foi realizado pela metodologia de Rodriguez-Amaya (2001) e Rodriguez-Amaya e Kimura (2004), seguindo a Equação 1:

$$[\text{mg de pigmento} / \text{kg}] = (\text{ABS} \times \text{DF} \times \text{V}) / [\text{CA} \times (\text{g})] \quad (1)$$

em que

ABS = absorvância do pigmento na solução de etanol (nm)

DF = fator de diluição (= 1.000.000)

V = volume da solução

CA = coeficiente de absorção E1% 1 cm do pigmento em etanol

g = gramas de amostra utilizada

## Análises de cor

A análise colorimétrica da superfície corporal do camarão foi realizada por espectroscopia reflexiva, utilizando colorímetro digital de acordo com o sistema CIE  $L^*C^*h$ , em que  $L$  = luminosidade,  $C^*$  = saturação e  $h^*$  = tonalidade. As leituras foram realizadas sobre a carapaça em cinco pontos: no cefalotórax, na parte dorsal atrás do rostro e lateral na região hepática, entre o primeiro e o segundo somitos na região abdominal da pleura e na região dorsal, e na parte dorsal do telson, após o cozimento por 1 minuto à temperatura de 100 °C e feita a média desses valores para comparação.

Amostras homogeneizadas da mesma dieta experimental fornecida aos camarões foram coletadas, trituradas em grãos de porcelana, pesadas (1,0 g) e analisadas em quadruplicata pela metodologia de determinação dos carotenoides anteriormente descrita. O material preparado foi imerso em tubos de ensaio com 10 mL de solução de água destilada com salinidade de 0,2 ‰, pH 8,5 (corrigido com  $\text{CaCO}_3$ ) e 27,5 °C por 0, 60, 120 e 240 minutos em banho termostático sob agitação.

Os dados foram submetidos inicialmente ao teste de normalidade Shapiro-Wilk. Foram utilizados os testes de Duncan para as variáveis de concentração de astaxantina, Kruskal-Wallis para as variáveis de cor, Teste de Friedman para comparação de médias de astaxantina entre os tecidos e de regressão polinomial para os testes de estabilidade dos pigmentos na ração, todos com nível de significância de 5%. A análise estatística foi realizada no programa Infostat, versão 2019 (Casanoves et al., 2012).

## Resultados

Os resultados para a pigmentação dos tecidos são mostrados na Tabela 2. Conforme se observa, de forma geral, a astaxantina no abdome no tratamento ASTX, semelhante ao grupo NATURAL, é superior aos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). Similar também no cefalotórax e na carapaça, onde esses dois grupos tiveram pigmentação superior aos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). No hepatopâncreas, o tratamento ASTX obteve pigmentação superior a todos os demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). Enquanto nas gônadas, esse tratamento foi superior aos grupos BUR e NATURAL ( $p < 0,05$ ). Entre os sexos, os machos tiveram valores superiores de astaxantina no abdome e na carapaça; e as fêmeas, nas gônadas ( $p < 0,05$ ).

Nos machos, o abdome teve o nível de astaxantina semelhante ao grupo NATURAL nos tratamentos

URU e ASTX. No cefalotórax e estômago, o grupo NATURAL obteve resultado superior ao CONTROLE ( $p < 0,05$ ). Enquanto no hepatopâncreas, o grupo ASTX foi superior ao CONTROLE ( $p < 0,05$ ). O tratamento ASTX e o grupo NATURAL tiveram resultados superiores em relação ao tratamento BUR na carapaça ( $p < 0,05$ ).

Nas fêmeas, o abdome teve o nível de astaxantina, no tratamento ASTX e grupo NATURAL, superior aos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). Enquanto no cefalotórax, ASTX foi superior aos demais tratamentos e o grupo NATURAL foi superior ao CONTROLE ( $p < 0,05$ ). No hepatopâncreas e na carapaça, ASTX e NATURAL também tiveram resultado superior aos demais tratamentos; contudo, na carapaça, ASTX foi superior também ao grupo NATURAL ( $p < 0,05$ ). Porém nas gônadas o grupo NATURAL obteve melhor desempenho, e o tratamento ASTX foi superior ao CONTROLE ( $p < 0,05$ ).

Entre os tecidos, de modo geral, o estômago apresentou maior taxa de acúmulo de pigmento no tecido, seguido das gônadas; a musculatura e o abdome tiveram os menores acúmulos de astaxantina ( $p < 0,05$ ). Contudo, nos machos, a carapaça acumulou mais pigmento que as gônadas ( $p < 0,05$ ). E, nas fêmeas, os níveis de pigmento de gônadas e estômago tiveram valores semelhantes ( $p < 0,05$ ).

Observou-se diferença significativa somente entre os sexos na coordenada  $C^*$ , sendo que os machos possuem maior saturação de cor que as fêmeas ( $p < 0,05$ ), conforme Tabela 3.

Conforme pode ser observado na Figura 1, o extrato de urucum possui maior estabilidade na ração desde 60 até 240 minutos após imersão.

## Discussão

No presente estudo foi possível observar que a utilização da astaxantina sintética foi mais eficiente na pigmentação de diversos tecidos corporais, com exceção da musculatura, na qual os níveis de pigmentos foi abaixo dos demais tecidos, e se manteve estável apesar das variações quantitativas e qualitativas dos extratos.

Embora tenha demonstrado respostas intermediárias entre os níveis mais altos e mais baixos de astaxantina nos tecidos, o extrato de urucum pode ser um potencial suplemento em substituição a astaxantina sintética (Fries et al., 2014; Safari; Atash, 2015; Dananjaya et al., 2017). Contudo são necessários estudos que determinem a quantidade necessária para suprir a demanda por pigmento na espécie estudada e o tempo de utilização que permita sua metabolização. Por se tratar de um precursor,

**Tabela 2.** Níveis teciduais de astaxantina (média e desvio-padrão) em *Macrobrachium amazonicum* alimentados com diferentes fontes de pigmentos carotenoides.

Grupo	Tecido							
	Abdome	Cefalotórax	Músculo	Hepatopâncreas	Estômago	Carapaça	Gônada	
Total	CONTROLE	4,89 ± 2,01 <sup>a</sup>	8,34 ± 5,66 <sup>a</sup>	1,69 ± 0,36	9,17 ± 7,01 <sup>a</sup>	33,35 ± 19,53	11,85 ± 7,75 <sup>a</sup>	20,90 ± 15,17 <sup>ab</sup>
	BUR	5,06 ± 2,02 <sup>a</sup>	11,61 ± 3,71 <sup>a</sup>	1,09 ± 0,32	13,30 ± 5,7 <sup>a</sup>	44,36 ± 25,03	11,40 ± 5,20 <sup>a</sup>	16,59 ± 6,72 <sup>a</sup>
	URU	6,23 ± 4,32 <sup>ab</sup>	12,81 ± 5,31 <sup>a</sup>	1,25 ± 0,96	14,76 ± 7,23 <sup>a</sup>	50,81 ± 10,46	13,36 ± 10,46 <sup>a</sup>	20,21 ± 10,70 <sup>ab</sup>
	ASTX	11,94 ± 2,54 <sup>c</sup>	22,65 ± 2,42 <sup>b</sup>	2,14 ± 1,21	42,84 ± 28,09 <sup>b</sup>	59,61 ± 5,45	32,32 ± 5,45 <sup>b</sup>	39,20 ± 22,72 <sup>b</sup>
	NATURAL	8,84 ± 2,08 <sup>bc</sup>	21,87 ± 9,75 <sup>b</sup>	1,85 ± 0,83	23,36 ± 6,94 <sup>a</sup>	61,06 ± 10,05	23,00 ± 10,05 <sup>b</sup>	27,17 ± 17,14 <sup>a</sup>
	Machos	9,15 ± 2,88 <sup>b</sup>	18,22 ± 8,00	1,67 ± 0,99	24,43 ± 22,23	58,30 ± 26,26	23,00 ± 8,99 <sup>b</sup>	17,25 ± 11,57 <sup>a</sup>
	Fêmeas	5,64 ± 3,72 <sup>a</sup>	12,69 ± 7,28	1,30 ± 0,72	16,94 ± 11,46	41,38 ± 23,91	13,77 ± 11,52 <sup>a</sup>	32,38 ± 17,54 <sup>b</sup>
Machos	CONTROLE	6,38 ± 0,91 <sup>a</sup>	11,05 ± 5,28 <sup>a</sup>	1,05 ± 0,12	11,08 ± 8,85 <sup>a</sup>	30,05 ± 15,32 <sup>a</sup>	18,43 ± 3,41 <sup>ab</sup>	21,60 ± 19,49
	BUR	6,71 ± 0,31 <sup>a</sup>	14,11 ± 2,68 <sup>ab</sup>	1,10 ± 0,15	18,06 ± 3,73 <sup>ab</sup>	68,82 ± 19,27 <sup>ab</sup>	15,50 ± 1,71 <sup>a</sup>	11,75 ± 4,87
	URU	9,75 ± 2,98 <sup>ab</sup>	14,91 ± 6,81 <sup>ab</sup>	1,42 ± 0,96	19,17 ± 2,47 <sup>ab</sup>	46,17 ± 13,96 <sup>ab</sup>	20,05 ± 11,69 <sup>ab</sup>	18,33 ± 13,77
	ASTX	12,42 ± 2,43 <sup>b</sup>	20,72 ± 1,20 <sup>ab</sup>	2,61 ± 1,72	53,03 ± 40,75 <sup>b</sup>	67,10 ± 17,00 <sup>ab</sup>	31,06 ± 3,93 <sup>b</sup>	19,91 ± 12,04
	NATURAL	10,48 ± 1,63 <sup>b</sup>	30,30 ± 4,20 <sup>b</sup>	1,71 ± 1,65	20,81 ± 9,22 <sup>ab</sup>	79,35 ± 38,50 <sup>b</sup>	29,92 ± 10,03 <sup>b</sup>	14,66 ± 10,09
Fêmeas	CONTROLE	3,41 ± 1,64 <sup>a</sup>	5,64 ± 5,49 <sup>a</sup>	1,16 ± 0,54	7,25 ± 5,80 <sup>a</sup>	36,64 ± 26,19	5,27 ± 2,94 <sup>a</sup>	20,21 ± 13,92 <sup>a</sup>
	BUR	3,41 ± 1,39 <sup>a</sup>	9,10 ± 2,90 <sup>ab</sup>	1,09 ± 0,49	8,54 ± 0,82 <sup>a</sup>	32,79 ± 14,87	7,24 ± 3,75 <sup>a</sup>	21,44 ± 4,32 <sup>ab</sup>
	URU	2,72 ± 0,71 <sup>a</sup>	10,71 ± 3,31 <sup>ab</sup>	1,58 ± 0,23	10,34 ± 8,13 <sup>a</sup>	42,54 ± 5,34	6,67 ± 1,63 <sup>a</sup>	22,04 ± 9,29 <sup>ab</sup>
	ASTX	11,46 ± 3,09 <sup>c</sup>	24,57 ± 1,44 <sup>c</sup>	1,68 ± 0,29	32,64 ± 0,52 <sup>b</sup>	52,12 ± 50,31	33,58 ± 7,36 <sup>c</sup>	58,49 ± 5,49 <sup>c</sup>
	NATURAL	7,19 ± 0,21 <sup>b</sup>	13,44 ± 2,57 <sup>b</sup>	1,98 ± 1,10	25,90 ± 3,99 <sup>b</sup>	42,78 ± 14,52	16,03 ± 2,51 <sup>b</sup>	39,68 ± 12,76 <sup>b</sup>
	Total	7,39 ± 3,72 <sup>B</sup>	15,46 ± 8,02 <sup>C</sup>	1,49 ± ,87 <sup>A</sup>	20,68 ± 17,79 <sup>CD</sup>	40,84 ± 2,27 <sup>G</sup>	18,39 ± 11,19 <sup>DE</sup>	24,82 ± 16,50 <sup>EF</sup>
Tecido	Machos	9,15 ± 2,88 <sup>B</sup>	18,22 ± 8,00 <sup>CD</sup>	1,67 ± 0,99 <sup>A</sup>	24,43 ± 22,23 <sup>CDE</sup>	56,00 ± 26,55 <sup>G</sup>	22,3 ± 8,99 <sup>F</sup>	17,25 ± 11,57 <sup>C</sup>
	Fêmeas	5,4 ± 3,72 <sup>B</sup>	12,69 ± 7,28 <sup>C</sup>	1,30 ± 0,72 <sup>A</sup>	16,94 ± 11,46 <sup>DE</sup>	41,38 ± 23,90 <sup>F</sup>	13,77 ± 11,52 <sup>CD</sup>	32,38 ± 17,54 <sup>F</sup>

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna mostram diferenças significativas (p <0,05) pelo teste de Duncan, e letras maiúsculas diferentes na mesma linha mostram diferenças significativas (p <0,05) pelo teste de Friedman. CONTROLE = sem adição de pigmento, BUR = extrato de buriiti, URU = extrato de urucum, ASTX = astaxantina sintética, NATURAL = dieta silvestre.

**Tabela 3.** Coordenadas de cor mensuradas (média e desvio-padrão) em *Macrobrachium amazonicum* alimentados com diferentes fontes de pigmentos carotenoides.

Grupo		Coordenadas de cor		
		L*	C*	h
Total	CONTROLE	53.20 ± 9.32	25.39 ± 5.12	52.25 ± 9.85
	BUR	67.36 ± 23.18	28.00 ± 11.58	67.98 ± 20.25
	URU	57.21 ± 19.25	25.53 ± 9.08	56.79 ± 18.78
	ASTX	61.82 ± 18.04	30.79 ± 9.09	59.82 ± 17.12
	NATURAL	82.14 ± 31.66	38.04 ± 17.75	80.41 ± 31.41
	Machos	69.71 ± 29.64	34.94 ± 13.80 <sup>b</sup>	67.30 ± 29.02
	Fêmeas	58.98 ± 10.32	24.14 ± 4.79 <sup>a</sup>	59.60 ± 10.05
Macho	CONTROLE	51.29 ± 11.37	28.30 ± 5.33	47.99 ± 9.44
	BUR	77.74 ± 31.24	34.35 ± 14.43	75.81 ± 28.01
	URU	53.52 ± 28.13	29.40 ± 11.95	51.05 ± 27.25
	ASTX	71.43 ± 22.28	36.94 ± 9.09	68.64 ± 21.19
	NATURAL	94.56 ± 42.77	45.71 ± 24.05	93.00 ± 42.08
Fêmea	CONTROLE	55.10 ± 8.77	22.48 ± 3.43	56.51 ± 9.94
	BUR	56.98 ± 6.67	21.66 ± 2.48	60.16 ± 7.58
	URU	60.91 ± 9.71	21.65 ± 4.30	62.54 ± 6.32
	ASTX	52.21 ± 6.29	24.64 ± 3.23	51.00 ± 7.10
	NATURAL	69.72 ± 14.64	30.37 ± 5.70	67.82 ± 14.84

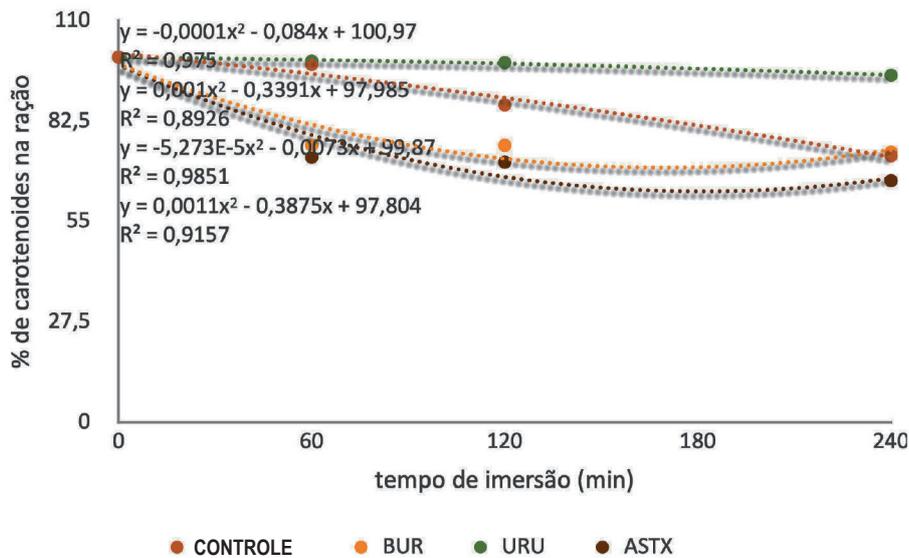
Letras diferentes na mesma coluna demonstram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) usando o teste de Kruskal-Wallis. CONTROLE = sem adição de pigmento, BUR = extrato de buriti, URU = extrato de urucum, ASTX = astaxantina sintética, NATURAL = dieta silvestre.

a quantidade de adição geralmente é superior à astaxantina, pois existe um custo metabólico para conversão do caroteno precursor, como o gasto de energia no processo de oxidação realizado no organismo dos camarões (Güroy et al., 2012; Costa; Miranda-Filho, 2020). Além da função de acúmulo do pigmento e manifestação de cor, a função reprodutiva pode ser influenciada pelo uso do pigmento no ganho em fertilidade e sobrevivência larval (Ribeiro et al., 2001; Tizkar et al., 2014).

O extrato de buriti teve baixo rendimento de pigmento na sua extração, provavelmente por não ter sido utilizado o tratamento térmico durante a extração com etanol comercial, como recomendado por Ribeiro et al. (2010). Contudo seu uso foi suficiente em alguns tecidos (estômago e hepatopâncreas de machos e cefalotórax de ambos os sexos) para garantir um aporte de pigmento mínimo e comparável a outros tratamentos com maior concentração. Provavelmente pelo aproveitamento também dos flavonoides com função antioxidante presentes no buriti

e altamente solúveis em etanol (Moura Filho et al., 2017), os quais poderiam contribuir com a demanda de antioxidantes, pois possuem efeito sinérgico com os carotenoides nessa função (Fattore et al., 2016). A elaboração de rações a partir do buriti pode contribuir para o acúmulo de pigmentos corporais, a presença de betacaroteno é benéfica para camarões (Madhumathi; Rengasamy, 2011), além de o uso do óleo de buriti na ração de *M. amazonicum* proporcionar maior biomassa final no cultivo (Guerra et al., 2019). O estudo da quantidade necessária poderá determinar as formas de sua utilização na alimentação de crustáceos.

Não houve variação na concentração de pigmentos nas gônadas dos machos e nos estômagos das fêmeas. No caso dos machos, a necessidade de carotenoides na formação dos gametas deve ser menor, apesar de essencial e de poder ser estimulada pelo consumo de precursores de astaxantina (Braga et al., 2013). Quanto às gônadas das fêmeas, a presença de ovos em desenvolvimento pode influenciar a quantidade



**Figura 1.** Estabilidade do pigmento nas dietas de camarão após imersão em água. CONTROLE = sem pigmento adicionado, BUR = extrato de buriti, URU = extrato de urucum, ASTX = astaxantina sintética.

de pigmento, já que a deposição de pigmentos nos ovos de camarões é essencial para o perfeito desenvolvimento destes (Maulana et al., 2017; Wang et al., 2018). No caso do estômago, este pode servir de sítio de depósito de pigmento corporal, contudo estudos anteriores não abordaram a quantificação de pigmentos no tecido gástrico. Como a estrutura corporal de *M. amazonicum* geralmente é transparente, a coloração escura do estômago e hepatopâncreas é facilmente notada visualmente.

Os machos manifestaram maior acúmulo de pigmento no abdome e na carapaça, provavelmente pela menor demanda de pigmento para a reprodução em relação às fêmeas, uma vez que, nas gônadas, o volume de pigmento nas fêmeas é maior que nos machos. Neste sentido, a astaxantina armazenada nas lipo-caroteno, proteínas do hepatopâncreas, é transportada pela vitelogenina e se acumula junto ao vitelo nos ovos em formação dentro das gônadas (Corral-Rosales et al., 2019).

Os tecidos de *M. amazonicum* possuem quantidade heterogênea de pigmentos, e essa acumulação é influenciada pela função do pigmento em determinado tecido, o que pode ser de mimetismo, proteção dos gametas ou reserva (Wade et al., 2017). No caso do estômago, hepatopâncreas e gônadas, pela alta concentração de pigmentos tornam-se visíveis no cefalotórax de *M. amazonicum* vivo: esverdeado nas gônadas; marrom, cinza ou negro nos demais órgãos. O restante do corpo é predominantemente transparente, com alguns pontos com presença de cromatóforos com cores parecidas às dos órgãos. Segundo Babin et al. (2019), o acúmulo de carotenoides em crustáceos depende

da sua disponibilidade ambiental para consumo, da sua espécie e características individuais. De acordo com esses autores, os principais usos deles no metabolismo são o imunológico, em processos de resistência e tolerância, e estratégias de sobrevivência relacionadas à redução dos efeitos do envelhecimento.

Apesar das diferenças quantitativas de pigmento nos tecidos internos, os tratamentos não influenciaram a coloração externa da carapaça dos camarões, que se manteve homogênea. Isso evidencia que a cor superficial não reflete a quantidade corporal da astaxantina e não serve como parâmetro para prever a qualidade do produto como alimento rico em carotenoides. A coloração externa possui relação com o ambiente pela relação de mimetismo, na qual o camarão intensifica sua pigmentação para se confundir com o viveiro mais escuro, ou a diminui em um viveiro mais claro, como observado em *Macrobrachium tenellum* por Aréchiga-Palomera et al. (2018). Contudo foi observada a diferença entre os sexos na saturação, em que os machos são mais coloridos que as fêmeas, independentemente do tratamento empregado. Como também existem diferenças entre os sexos na concentração de astaxantina na carapaça e abdome, onde estão localizados os pontos de medição da coloração. Neste caso, os dados podem ter alguma similaridade.

A diferença de cor pode determinar maior preferência pelos consumidores (Parisenti et al., 2011), dando vantagens aos machos. Associada também ao fato de o tamanho médio dos camarões machos ser superior ao das fêmeas, existe maior procura por

esses exemplares no comércio local, segundo os pescadores que forneceram os exemplares para estudo. Mas deve-se considerar também a diferença de tamanho entre os machos segundo os morfotipos, a qual é determinada pela dinâmica populacional em que não é possível haver uniformidade no tamanho de toda a população de machos (Pantaleão et al., 2014).

No teste de estabilidade de pigmentos, o extrato de urucum, presente no tratamento URU, teve desempenho superior aos demais. Como nesse extrato, que foi aspergido no *pellet*, predomina a bixina, esse carotenoide teve menor perda que os demais pigmentos. Essa estabilidade maior é um fator que torna interessante o uso desse suplemento na composição de ração para aquicultura. Segundo Tsimidou e Tsatsaroni (1993), os principais fatores que influenciam a estabilidade dos pigmentos carotenoides em meio aquoso são a intensidade da luz, o pH e a temperatura. Como neste trabalho tais condições foram controladas, a solubilidade em água pode ser apontada como principal determinante para o resultado do teste. As xantofilas (como a astaxantina), que possuem maior número de átomos de oxigênio, tendem a estabelecer maior número de ligações de hidrogênio e hidropéroxido, o que poderá aumentar sua afinidade com a água (Ramakrishnan; Francis, 1979); enquanto a cadeia poliênica da bixina a torna altamente hidrofóbica, impedindo sua solubilidade em meio aquoso (Jahangiri et al., 2018).

Estudos futuros devem explorar a efetividade, dosagem e aplicação dos pigmentos naturais e astaxantina sintética para *M. amazonicum* e a função destes no crescimento, na reprodução, pigmentação e no enriquecimento do produto final, já que alimentos ricos em pigmentos são importantes para o crescimento e a sobrevivência de camarões do gênero *Macrobrachium rosebergii* (Zelaty et al., 2016a, 2016b) e afetam diretamente a imunidade de invertebrados em geral (Tan et al., 2020). O uso desses e de outros recursos de origem natural pode facilitar aos produtores locais a elaboração e utilização desses suplementos de forma sustentável e econômica.

## Conclusões

O uso de diferentes pigmentos carotenoides na alimentação do camarão-da-amazônia (*M. amazonicum*) resulta na acumulação diferenciada de astaxantina nos tecidos corporais da espécie. Essa acumulação pode enriquecê-lo, para uso na alimentação humana, e melhorar a reprodução. A coloração externa da carapaça é diferente entre os sexos, porém mais saturada

nos machos da espécie. O extrato de urucum possui a maior estabilidade na ração quando imerso em água no período de 60 até 240 minutos.

## 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 Ingeniería Química**, v. 11, n. 2, p. 249-257, 2012.
- ARÉCHUAGA-PALOMERA, M. A.; VEGA-VILLASANTE, F.; MONTOYA-MARTINEZ, C.; MENDOZA-GONZALES, A.; BADILLO-ZAPATA, D. Background color effect on the pigmentation of prawn *Macrobrachium tenellum*. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 46, n. 3, p. 610-614, 2018.
- BABIN, A.; MOREAU, J.; MORET, Y. Storage of carotenoids in crustaceans as an adaptation to modulate immunopathology and optimize immunological and life-time strategies. **Bio Essays**, 1800254, 2019.
- BRAGA, A. L.; LOPES, D. L. A.; POERSH, L. H.; WASIELESKY JUNIOR, W. Spermatophore 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.
- CORRAL-ROSALES, C.; RICQUE-MARIE, D.; CRUZ-SUAREZ, L. E.; ARJONA, D.; PALACIOS, E. Fatty acids, steroids, phenolic compounds, and carotenoid changes in response to dietary inclusion of *Ulva clathrata* in shrimp *Litopenaeus vannamei* broodstock. **Journal of Applied Phycology**, v. 31, n. 6, p. 4009-4020, 2019.
- CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; Di RIENZO, J. A.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. **InfoStat**: User Manual. Córdoba, Argentina, 2012. 40 p.
- COSTA, D. P. da; 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.
- DANIEL, N.; SIVARAMAKRISHNAN, T.; SUBRAMANIAN, S.; FAIZHULLAH, M. M.; HINO, F. Application of carotenoids on coloration of aquatic animals. **International Journal of Fisheries and Aquatic Research**, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2017.

- DANTAS, D. P.; FLICKINGER, D. L.; COSTA, G. A.; BATLOUMI, S. R.; MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W. C. Technical Feasibility of integrative Amazon River prawn culture during first phase of tambaqui grow-out in stagnant ponds using nutrient-rich water. **Aquaculture**, v. 516, 734611, 2020.
- FABRI, L. M.; LUCENA, M. N.; GARÇON, D. P.; MORAES, C. M.; MCNAMARA, J. C.; LEONE, F. A. Kinetic characterization of the gill (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) ATPase in a holometric population of the diadromous Amazon River shrimp *Macrobrachium amazonicum* (decapoda, palaemonidae). **Comparative Biochemistry and Physiology B**, v. 227, p. 64-67, 2019.
- DIAS, S. S.; GODOY, R. L. O.; PACHECO, S.; REIS, R. C. S.; SCHUTZ, D. F. (2010) 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.
- DUTRA, F. M.; ALAB, J. H. C.; GOMES, M. K. C.; FURTADO, P. S.; VALENTI, W. C.; BALLESTER, E. L. C. Nitrate acute toxicity to pos larvae and juvenile of *Macrobrachium amazonicum* (Heller 1862). **Chemosphere**, v. 242, 125229, 2020.
- FABRI, L. M.; LUCENA, M. N.; GARÇON, D. P.; MORAES, C. M.; MCNAMARA, J. C.; LEONE, F. A. Kinetic characterization of the gill (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) ATPase in a holometric population of the diadromous Amazon River shrimp *Macrobrachium amazonicum* (decapoda, palaemonidae). **Comparative Biochemistry and Physiology B**, v. 227, p. 64-67, 2019.
- FATTORE, M.; MONTESANO, D.; PAGANO, E.; TETA, R.; BORRELLI, F.; MANGONI, A.; SECIA, S.; ALBRIZIO, S. Carotenoid and flavonoid profile and antioxidant activity in "Pomodoro vesuviano" tomatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 53, p. 61-68, 2016.
- FLICKINGER, D. L.; COSTA, G. A.; DANTAS, D. P.; MORAES-VALENTI, P.; VALENTI, W. C. The budget of nitrogen in the grow-out of the Amazon River Prawn (*Macrobrachium amazonicum*) and tambaqui (*Colossoma macropomum*) farmed in monoculture and integrated multitrophic aquaculture systems. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 11, p. 3444-3461, 2019:
- 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, n. 6, p. 3401-3414, 2014.
- GUERRA, J. A.; NUNES, C. A. R.; LIMA, J. A.; SOUZA, G. R.; FREITAS, I. S.; CARVALHO, L. S.; GAMA, R. S.; LIMA, R. P.; AMORIM, T. S. Óleo de buriti (*Mauritia flexuosa*) na alimentação do camarão *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 12, n. 1, p. 10-16, 2019.
- GÜROY, B.; SAHIN, I.; MANTOELV, S.; KAYALI, S. *Spirulina* as a natural carotenoid source on growth, pigmentation and reproductive performance of yellow tail cichlid *Pseudotropheus algi*. **Aquaculture International**, v. 20, n. 5, p. 869-878, 2012.
- JAHANGIRI, A.; MØLLER, A. H.; DANIELSEN, M.; BJORN, M.; BJARNE, J.; VAERBAKS, S.; ADLERKREUTZ, P.; DALSGAARD, T. K. Hydrophilization of bixin by lipase-catalized transesterification with sorbitol. **Food Chemistry**, v. 268, p. 203-209, 2018.
- LIMA, J. F.; LOBO, E. T.; BASTOS, A. M.; DUARTE, S. S. Nitrate level safety to Amazon River Shrimp juveniles. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 4, p. 4546-4550, (2020)
- MADHUMATHI, M.; RENGASAMY, R. Antioxidant status of *Penaeus monodon* fed with *Dunaliella salina* supplemented diet and resistance against WSSV. **International Journal of Engineering Science and Technology**, v. 3, n. 10, p. 7249-7259, 2011.
- 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. 135-146, 2017.
- MORAIS, J. S.; BEZZERRA, L. R.; SILVA, A. M. A.; ARAÚJO, M. J.; OLIVEIRA, R. L.; EDVAN, R. L.; TORREÃO, J. N. C.; LANNA, D. P. D. Production, composition, fatty acid profile and sensory analysis of goats fed buriti oil. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 1, p. 395-406, 2017.
- MOURA-FILHO, J. M.; NAGAI, L. Y.; NASCIMENTO, L. C. S.; CAVALCANTE-NETO, A. A.; PENNA, A. L. B. Determinação do solvente ótimo para extração dos compostos fenólicos do fruto do buriti. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n. 3, p. 22-28, 2017.
- NIU, J.; TIAN, L.; LIN, H. Y.; LIU, Y. Carotenoids in aquaculture, an overview. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 2, n. 1, p. 44-58, 2011.
- PAIBULKICHAKUL, C.; PIYATIRATITIVORAKUL, 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, p. 83-89, 2008.
- PANTALEÃO, J. A. F.; HIROSE, G. L.; COSTA, R. C. Occurrence of male morphotypes of *Macrobrachium amazonicum* (Caridea, Palaemonidae) in a population with an entirely freshwater life cycle. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3, p. 223-232, 2014.

- PARISENTI, J.; BEIRÃO, L. H.; TRAMONTE, V. L. C. G.; OURIQUE, F.; BRITO, C. C. S.; MOREIRA, C. C. Preference ranking of color in raw and cooked shrimps. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 12, p. 2558-2561, 2011.
- RAMAKRISHNAN, T. V.; FRANCIS, F. J. Stability of carotenoids in model aqueous systems. **Journal of Food Quality**, v. 2, n. 3, p. 177-189, 1979.
- RIBEIRO, B. D.; NASCIMENTO, R. F.; BARETO, D. W.; COELHO, M. A. Z.; FREITAS, S. P. An ethanol-based process to simultaneously extract and fractionate carotenoids from *Mauritia flexuosa* L. Pulp. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 657-663, 2010.
- RIBEIRO, E. A.; GENOFRE, C.; MCNAMARA, J. C. Identification and quantification of carotenoid pigments during the embryonic development of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersi* (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, D.C.: International Life Sciences Institute Press, 2001. 64 p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **Handbook for carotenoid analysis**. Washington, D.C.: HarvestPlus, 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. 937, 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.
- 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, Southeastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 45, p. 776-786, 2017.
- TAN, K.; ZHANG, H.; LIM, L.-S.; MA, H.; LI, S.; ZHENG, H. Roles of carotenoids in invertebrate immunology. **Frontiers in Immunology**, v. 10, Article 3041, 2020.
- TSIMIDOU, M.; TSATSARONI, E. Stability of saffron pigments in aqueous extracts. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 5, p. 1073-1075, 1993.
- TIZKAR, B.; SEIDAVI, A.; PONCE-PALAFIX, J. T.; POURRASHOORI, 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.
- TOMAS, A. L.; SGANGA, D. E.; GRECO, L. S. L. Effect of background color and shelters on female pigmentation in the ornamental red cherry shrimp *Neocaridina davidi* (Caridea, Atyidae). **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 51, n. 3, p. 775-787, 2020.
- TUME, R.; SIKES, A. B. S.; TABRETT, S. B. S.; SMITH, D. B. S.; SELLARS, M. Add value to shrimp harvests: Darken environment to enhance shrimp color. **Global Seafood Alliance**, 01 Sep. 2009. Disponível em: [aquaculturealliance.org/advocate/add-value-to-shrimp-harvests-darken-environment-to-enhance-shrimp-color/](http://aquaculturealliance.org/advocate/add-value-to-shrimp-harvests-darken-environment-to-enhance-shrimp-color/). Acesso em 13 jun. 2022.
- WADE, N. M.; GABAUDAN, J.; GLENCROSS, B. D. A review of carotenoid utilization and function in crustacean's aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 9, n. 2, p. 141-156, 2017.
- WANG, W.; ISHIKAWA, M.; KOSHIO, S.; YOKOYAMA, S.; DAWOOD, 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, n. 6, p. 2225-2232, 2018.
- ZELATY, A. H.; MURTHY, H. S.; PRIYADARSHINI, N.; MESHARAM, S. J.; AMIN, A. Effect of dietary marigold oleoresin on growth performance, survival, body composition and water quality changes during *Macrobrachium roosembergii* culture. **Journal of Experimental Zoology India**, v. 19, n. 2, p. 785-791, 2016a.
- ZELATY, A. H.; MURTHY, H. S.; NAZARKADEH, A.; AHMADIYAM, S. H.; MESHARAM, S. J.; AMIN, A.; SWAIN, H. S. Influence of dietary supplementation of carotenoid (diacetate of lutein-mesozeaxanthin) on growth performance, biochemical body composition in Freshwater Prawn, *Macrobrachium roosembergii*. **Journal of Aquaculture and Marine Biology**, v. 4, n. 2, p. 1-7, 2016b.