

Urucum em dietas para alevinos de kinguios *Carassius auratus*: desempenho produtivo e pigmentação da pele

Annatto in diets *Carassius auratus* goldfish fingerlings: growth performance and skin pigmentation

Edionei Maico Fries^{1*}; Alis Correia Bittarello²; Micheli Zaminhan³; Altevir Signor⁴; Aldi Feiden³; Wilson Rogério Boscolo⁴

Resumo

O presente trabalho avaliou a influência da adição de urucum como agente pigmentante sobre as características de coloração da pele, músculo e desempenho produtivo de *Carassius auratus*, criados em hapas de 0,15 m³ (dimensões de 0,50 x 0,50 x 0,65 m), dispostos no interior de um tanque de alvenaria circular de 25 m³. Foram utilizados 336 alevinos de *C. auratus* distribuídos inteiramente ao acaso em 28 hapas, com sete tratamentos e quatro repetições, com 12 peixes por unidade. Os níveis de adição de urucum foram 0,0; 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 4,00 e 8,00%. Os peixes com peso inicial médio de 1,12 ± 0,18 g e comprimento de 4,31 ± 0,44 cm, foram alimentados às 08, 11, 14 e 17 horas. A característica colorimétrica de b* (amarelo) mostrou valores significativos aos 96 e 141 dias no sistema de coordenadas Hunter com adição de 2,0 e 1,0% de urucum na dieta, respectivamente e, no sistema de coordenadas CMYK aos 96 dias para C (ciano) e aos 141 dias para Y (amarelo) com adição de 8,0 e 2,0% de urucum na dieta respectivamente. Observaram-se diferenças (P<0,05) para peso final médio, ganho em peso médio, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento diário e eficiência alimentar. Recomenda-se uma dieta contendo 1,0% de adição de urucum para *C. auratus* para o melhor desempenho e de 1,0 a 4,0% de adição de urucum para intensificação luminosa da pele dos peixes.

Palavras-chave: Aquicultura, carotenóides, peixes ornamentais, piscicultura

Abstract

This study evaluated the effect of adding annatto as agent pigmentation on the staining characteristics of the skin, muscle and productive performance of *Carassius auratus*, reared in 0.15 m³ (dimensions 0.50 x 0.50 x 0.65 m) hapas disposed within a circular masonry tank of 25 m³. We used 336 *C. auratus* fingerlings completely randomized design in 28 hapas with seven treatments and four replicates with 12 fish per unit. The addition of annatto levels were 0.0, 0.25, 0.50, 1.00, 2.00, 4.00 and 8.00%. Fish with an average initial weight of 1.12 ± 0.18 g and length of 4.31 ± 0.44 cm, were fed the 08, 11, 14 and 17 hours. The b* colorimetric characteristics (yellow) showed significant at 96 and 141 days in the Hunter coordinate system with the addition of 2.0 and 1.0% annatto in the diet, respectively, and the coordinate system of CMYK and 96 days for C (cyan), and 141 days for the Y (yellow), with the addition of 8.0 to

¹ Eng^o de Pesca, Discente do Curso de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Toledo, PR. E-mail: edioneifries@hotmail.com

² Zootecnista, M.e em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Pesquisadora do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura, GEMAQ, Toledo, PR. E-mail: alis@zootecnista.com.br

³ Eng^{os} de Pesca, M.e em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Discente de Doutorado em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, UEM, PR. E-mail: michelizam@hotmail.com; aldifeiden@gmail.com

⁴ Profs. do curso de Engenharia de Pesca, UNIOESTE, Toledo, PR. E-mail: altevir.signor@gmail.com; aldifeiden@gmail.com; wilsonboscolo@hotmail.com

* Autor para correspondência

2.0% annatto in the diet, respectively. We observed differences ($P < 0.05$) average final weight, weight gain, feed conversion, daily growth rate and feed efficiency. It is recommended a diet containing 1.0% added annatto to *C. auratus* to better performance and 1.0 to 4.0% added annatto to intensified light fish skin.

Key words: Aquaculture, carotenoids, ornamental fish, fish farming

Introdução

A aquicultura ornamental é uma atividade economicamente rentável e se encontra em plena expansão. A aquicultura de peixes ornamentais gera uma receita de 5,6 bilhões de dólares em todo o mundo, produzindo mais de 1.500 espécies (REZENDE et al., 2012). O cultivo mundial desses organismos cresce na ordem de 14 a 19% ao ano (RIBEIRO, 2008).

Dentro desta modalidade piscícola, o *Carassius auratus* ocupa lugar de destaque na comercialização mundial devido ao fácil manejo, altas taxas de prolificidade e sua grande beleza (SILVA; SCHULZ, 2006). Em ambiente natural estes peixes apresentam uma alimentação baseada em plantas, pequenos crustáceos, insetos e detritos, ou seja, combina a ingestão de alimento de origem animal, que é de alto valor energético, com ingestão de alimentos de origem vegetal de baixo valor energético, porém ricos em pigmentos naturais (ZAVALA-CAMIN, 1996).

Os peixes não podem sintetizar pigmentos, dessa forma os agentes de coloração, que são elaborados por plantas, algas e microrganismos devem ser incorporados em sua dieta (JOHNSON; AN, 1991). Fontes de carotenóides puros são onerosas em relação aos demais ingredientes utilizados em sua alimentação como a farinha de peixe, farinha de subprodutos de carne, soja e cereais (SINHA; ASIMI, 2007). As distintas espécies de peixes apresentam diferentes rotas metabólicas para os carotenóides e, conseqüentemente, não exibem uma transformação universal nos tecidos (CHATZIFOTIS et al., 2005).

Agentes pigmentantes em rações animais proporcionam (além de intensificar a coloração) aumento nas repostas imunológicas, combate aos

radicais livres e redução do estresse beneficiando o crescimento, reprodução e auxiliando no bem estar animal (HAMRE et al., 2004; WANG; CHIEN; PAN, 2006; SHINDO et al., 2007). Astaxantina e cantaxantina são os mais utilizados em dietas de salmonídeos, comprometendo em 10 a 15% dos custos finais de produção (MORA et al., 2006).

As cores amarelo avermelhadas intensas da pele de peixes ornamentais são proporcionadas principalmente pelos carotenóides. Portanto é de extrema importância informações sobre a utilização de ingredientes contendo pigmentos naturais, como aditivos pigmentantes em dietas para peixes ornamentais. Diante disso, o objetivo deste ensaio foi avaliar o efeito da adição de urucum à ração como fonte de pigmento sobre a intensidade de coloração da pele e o desempenho produtivo de *C. auratus*.

Material e Métodos

Foram utilizados 336 alevinos de kinguios (*C. auratus*) provenientes do biotério pertencente ao GEMAq da UNIOESTE, com peso inicial médio de $1,12 \pm 0,18$ g, comprimento inicial médio de $4,31 \pm 0,44$ cm, distribuídos aleatoriamente em 28 hapas experimentais confeccionados em malha sombrite de $0,15 \text{ m}^3$ de volume útil (dimensões de $0,50 \times 0,50 \times 0,65$ m), em uma densidade de 12 peixes por unidade, com sete tratamentos e quatro repetições. As hapas foram instaladas no interior de um tanque de alvenaria com capacidade para 25 m^3 de água, provido de aeração constante por meio de um soprador de ar central.

Os parâmetros físicos e químicos da água foram monitorados através de análises realizadas com equipamentos portáteis: pH, condutividade

elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) e oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) foram mensurados semanalmente, enquanto que a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) foi aferida quatro vezes ao dia (08h, 11h, 14h e 17h).

Os tratamentos foram compostos por sete dietas (0,0; 0,25; 0,50; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0% de adição de farelo de urucum por kg de ração) (Tabela 1). O farelo de urucum foi adicionado a uma dieta basal contendo 32% de proteína bruta e 3.200 Kcal de energia digestível kg^{-1} de ração (Tabela 2). Os nutrientes digestíveis foram calculados segundo os valores observados por Pezzato et al. (2002), e Boscolo et al. (2008). Para a elaboração das rações, os ingredientes foram moídos individualmente em moedor tipo martelo com peneira de malha 0,6 mm, pesados, homogeneizado manualmente a seco, acrescido o suplemento mineral e vitamínico. Para a mistura dos diferentes níveis de farelo de urucum, foi realizado uma pré-mistura desse componente com os demais ingredientes e posteriormente homogeneizado com o restante da dieta. Em seguida as dietas foram submetidas ao processo de extrusão com matriz de 1,2 mm. Para a realização deste procedimento, a dieta farelada foi umedecida com 25% de água, extrusada e, em seguida, seca em estufa com ventilação forçada a 55°C por 48 horas. A extrusão da ração foi realizada no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos do GEMAQ/Unioeste.

Tabela 1. Composição percentual química do urucum usado nas rações experimentais para juvenis de kinguios *C. auratus*.

Nutrientes ¹	%
Valor energético	41 kcal – 172KJ
Carboidratos	2
Proteínas	2
Gorduras totais	3

¹Informações nutricionais para uma porção 6,7g, fornecida no rotulo do produto.

Fonte: Elaboração dos autores.

Ao final do experimento os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas para o esvaziamento do trato gastrointestinal. Posteriormente foram insensibilizados em solução de benzocaína a 100 mg L^{-1} (BITTENCOURT et al., 2012), pesados e medidos para determinação dos parâmetros zootécnicos. Foram avaliados o peso final, conversão alimentar aparente, eficiência alimentar, comprimento final total, sobrevivência e fator de condição.

Para quantificar a intensidade de pigmentação da pele de *C. auratus* foi realizada utilizando-se de duas ferramentas. Uma cotando um ponto logo abaixo da nadadeira dorsal do peixe *in vivo* da pele e outro *in morte* do músculo com colorímetro portátil e outra cotando um ponto logo abaixo da nadadeira dorsal a partir de fotografias digitais com software fotográfico dos peixes *in vivo*.

A quantificação da intensidade de pigmentação da pele de *C. auratus* foi realizada com a utilização de fotografias digitais, obtidas e processadas conforme metodologia preconizada por Rezende et al. (2012). Na região selecionada foram cotados três pontos aleatórios, cada ponto correspondia à área de 25 pixels quadrados. A resolução das fotografias no momento da quantificação da pigmentação era de 2592 x 1944 pixels.

Para que a variação diurna da incidência luminosa indireta do sol, não interfira nas cores, as fotografias digitais foram tiradas em sala fechada, utilizando apenas iluminação artificial, através de uma lâmpada incandescente de 100 watts e outra fluorescente de 60 watts, posicionadas 80 cm acima da superfície de acomodação dos peixes.

Tabela 2. Composição percentual e química das rações experimentais com diferentes níveis de adição de urucum para juvenis de kinguios *C. auratus*.

Ingredientes		(%)	Nutrientes		(%)
Milho grão		33,86	Amido		26,45
Trigo grão		9,30	Arginina total		2,13
Farelo de soja		22,16	Cálcio		2,03
Farinha vísceras de aves		20,70	ED ²		3200
Óleo de soja		1,00	Fibra bruta		2,50
Farinha de peixe		8,00	Fósforo disponível		1,23
Fosfato bicálcico		2,28	Fósforo total		1,40
Glúten milho		1,00	Gordura		5,52
Calcário		0,28	Lisina total		1,75
Suplemento (min. ± vit.) ¹		1,00	Metionina + cistina		1,10
Sal		0,30	Metionina total		0,62
Propionato		0,10	Proteína bruta		32,00
BHT		0,02	Treonina total		1,29
DL – metionina		0,01	Valina total		1,60
Composição centesimal	PB (%)	Lipídeos (%)	Matéria Seca (%)	Matéria Mineral (%)	
Ração 0,00	33,82	7,17	91,89	10,54	
Ração 0,25	34,19	8,22	93,73	10,02	
Ração 0,50	34,02	8,35	91,51	10,17	
Ração 1,00	33,77	8,59	91,30	10,37	
Ração 2,00	33,83	8,17	90,18	10,41	
Ração 4,00	32,84	6,90	89,62	10,08	
Ração 8,00	33,10	6,45	92,29	9,71	

¹Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.750.000UI; Vit. D3, 375.000UI; Vit. E, 20.000UI; Vit. K3, 500mg; Vit. B1, 2.000mg; Vit. B2, 2.500mg; Vit. B6, 2.500mg; Vit. B12, 5.000mg; Ác. Fólico, 625mg; Pantotenato Ca, 7.500mg; Vit. C, 37.500mg; Biotina, 50mg; Inositol, 12.500mg; Niacina, 8.750mg; Colina, 100.000mg; Co, 50mg; Cu, 1.250mg; Fe, 15.000mg; I, 100mg; Mn, 3.750mg; Se, 75mg; Zn, 17.500mg.

²ED: Energia Digestível.

Fonte: Elaboração dos autores.

Os registros foram obtidos com câmera *SAMSUNG SL202* de 10.2 *Megapixels*, fotografando três peixes por unidade experimental num total de 12 indivíduos por tratamento. As primeiras fotografias obtidas aos 21 dias experimentais, e as demais a cada 15 dias durante um período de 156 dias, foram efetuadas com o intuito de verificar o período de tempo necessário para a dieta com adição de urucum influenciar a pigmentação da pele dos peixes. A câmera foi posicionada a 35 cm dos peixes, a um ângulo aproximado de 60° em relação à superfície de acomodação do animal a ser fotografado.

Inicialmente as fotografias passaram por

equilíbrio de cores, através do *software Adobe Photoshop*[®] versão CS4. Para a obtenção dos valores percentuais referentes às cores amarela e magenta utilizou-se o modo de exibição de cores CMYK.

Foram quantificadas as colorações da pele dos peixes utilizando as coordenadas Hunter e o sistema de coordenadas CMYK (%). No sistema de cotação de cores Hunter (L*a*b*), L* representou brilho (-100, preto e +100, branco), a* (-100, verde e +100, vermelho) e b* (-100, azul e +100, amarelo). Os valores, em percentuais, observados nos sistema de coordenadas CMYK foram transformados através da equação:

$C_{(rad)} = \arcsen.[C_{(%)}/100]^{0,5}$. Onde, $C_{(%)}$ = valor percentual da cor observada

O valor para a variável cor vermelha, expressa em radianos $C_{(rad)}$, foi obtido pela soma algébrica dos valores de cor amarela e magenta, após a transformação.

Para a análise da pigmentação do músculo e da pele foi utilizado colorímetro (Minolta-CR410S), inicialmente o instrumento foi calibrado e as leituras foram dadas para L^* (luminosidade), a^* vermelho e b^* amarelo, de acordo com a Comissão Internacional de Iluminação (CIE, 1976). Para este procedimento foi utilizado um peixe por unidade experimental insensibilizado com benzocaína (100 mg L⁻¹) (BITTENCOURT et al., 2012), e posterior secagem da pele, totalizando quatro peixes por tratamento.

Para realizar a análise da pigmentação do músculo foi utilizado colorímetro (Minolta-CR410S). Para tanto, os animais foram eutanaziados com benzocaína 250 mg L⁻¹ de água por 10 minutos (GOMES et al., 2001), removida a pele com o auxílio de um bisturi possibilitando a coleta da amostra.

A análise da pigmentação do músculo e da pele com colorímetro (Minolta-CR410S) foi realizada no Centro Vocacional Tecnológico da Cadeia do Trigo da Faculdade Assis Gurgacz – FAG, na cidade de Cascavel – PR.

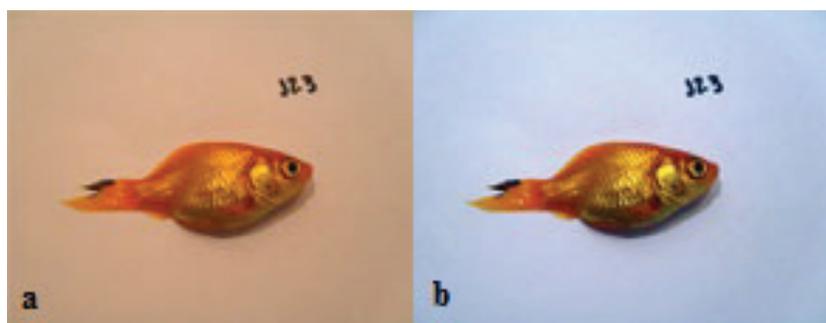
Com a finalidade de verificar possíveis diferenças entre os parâmetros avaliados foi utilizado o teste de homogeneidade e normalidade e em caso de diferença significativa foi aplicado o teste de comparação múltipla de médias *Duncan* ($P<0,05$), com o auxílio do *software* estatístico *SAS* (*Statistic Analyses System*, 2004).

Resultados e Discussões

Os valores médios de oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade elétrica foram de $5,64 \pm 0,60$ mg L⁻¹; $18,89 \pm 3,11$ °C; $7,38 \pm 0,33$ e $95,95 \pm 4,75$ µS cm⁻¹, respectivamente, estando dentro da faixa de conforto para a criação desta espécie (AHILAN; PRINCE JEYASEELAN, 2004).

Os valores mensurados para a coloração da pele de *C. auratus* demonstraram diferenças significativas ($P<0,05$) a partir dos 96 dias (Tabela 3). A Figura 1 representa um exemplar fotografado aos 21 dias experimentais, antes e após o equilíbrio de cores. As características colorimétricas L^* (brilho) e a^* (vermelho) não apresentaram diferenças de seus níveis em função do teor de urucum na dieta. Entretanto, os valores de b^* (amarelo) foram significativos ($P<0,05$) aos 96 dias experimentais e aos 141 dias no sistema de coordenadas Hunter.

Figura 1. Exemplar fotografado e utilizado para avaliar a pigmentação da pele no sistema de coordenadas Hunter e CMYK. (a) foto do peixe utilizada no estudo; (b) foto do mesmo exemplar após o equilíbrio de imagem.



Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 3. Índices de coloração no sistema de coordenadas Hunter e CMYK obtidos de *Carassius auratus* alimentados com diferentes teores de *Bixa orellana* L. na dieta a partir de fotografias digitais utilizando o *software Adobe PhotoShop CS4*[®]. Dados convertidos e apresentados em radianos.

Índices de coloração								Continua ...
	0,00	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	CV (%)
21 dias experimentais								
L	41,00	40,50	41,25	40,33	40,42	41,83	43,67	6,93 ^{NS}
a	33,08	32,83	36,83	36,08	36,58	38,50	36,33	12,06 ^{NS}
b	43,75	41,83	43,42	42,08	43,50	45,08	43,17	6,40 ^{NS}
C	0,553	0,557	0,535	0,539	0,538	0,522	0,513	3,63 ^{NS}
M	1,083	1,097	1,123	1,133	1,132	1,142	1,096	5,86 ^{NS}
Y	1,524	1,542	1,552	1,531	1,544	1,550	1,509	3,08 ^{NS}
K	0,492	0,502	0,459	0,478	0,477	0,441	0,422	10,38 ^{NS}
36 dias experimentais								
L	42,25	41,58	42,58	39,92	44,08	42,08	39,75	8,95 ^{NS}
a	33,08	31,25	37,33	37,08	31,42	39,08	37,75	11,78 ^{NS}
b	41,92	41,50	43,50	38,58	44,00	42,92	39,75	7,91 ^{NS}
C	0,545	0,560	0,525	0,540	0,541	0,521	0,541	3,71 ^{NS}
M	1,075	1,063	1,114	1,146	1,045	1,141	1,151	6,59 ^{NS}
Y	1,554	1,520	1,523	1,485	1,531	1,528	1,531	3,43 ^{NS}
K	0,462	0,486	0,434	0,485	0,441	0,435	0,482	12,19 ^{NS}
51 dias experimentais								
L	39,58	40,33	43,67	41,17	39,92	39,58	41,25	8,12 ^{NS}
a	33,33	33,17	33,17	34,67	36,25	35,25	31,75	12,00 ^{NS}
b	38,17	40,03	41,92	41,33	41,25	40,50	39,50	8,19 ^{NS}
C	0,557	0,553	0,542	0,547	0,547	0,549	0,561	3,35 ^{NS}
M	1,108	1,092	1,068	1,115	1,123	1,133	1,079	6,43 ^{NS}
Y	1,471	1,471	1,478	1,527	1,538	1,506	1,504	5,04 ^{NS}
K	0,510	0,490	0,437	0,473	0,491	0,493	0,508	10,47 ^{NS}
66 dias experimentais								
L	41,50	39,67	41,58	41,92	45,42	43,58	39,25	7,71 ^{NS}
a	32,83	35,58	34,83	33,67	33,67	35,08	36,00	10,49 ^{NS}
b	39,33	38,92	40,83	41,50	43,17	42,58	40,17	6,81 ^{NS}
C	0,552	0,544	0,543	0,545	0,525	0,526	0,548	3,01 ^{NS}
M	1,077	1,136	1,100	1,091	1,070	1,082	1,147	6,40 ^{NS}
Y	1,457	1,456	1,491	1,510	1,490	1,505	1,542	4,62 ^{NS}
K	0,476	0,493	0,463	0,480	0,405	0,526	0,504	10,41 ^{NS}
81 dias experimentais								
L	38,83	39,75	41,00	40,58	43,83	40,67	41,33	5,97 ^{NS}
a	37,00	37,08	38,83	38,58	36,08	40,40	37,42	8,95 ^{NS}
b	38,33	37,50	39,25	38,50	42,33	42,00	38,33	7,08 ^{NS}
C	0,548	0,545	0,528	0,532	0,525	0,524	0,536	3,44 ^{NS}
M	1,152	1,147	1,154	1,165	1,090	1,171	1,139	4,57 ^{NS}
Y	1,494	1,453	1,467	1,444	1,501	1,532	1,422	4,58 ^{NS}
K	0,504	0,483	0,452	0,460	0,421	0,452	0,461	9,34 ^{NS}
96 dias experimentais								
L	39,67	36,00	35,58	37,25	40,83	37,17	34,00	11,38 ^{NS}
a	19,00	19,33	21,33	22,17	21,58	22,42	15,83	18,25 ^{NS}
b	34,58 ^{ab}	31,92 ^b	31,67 ^b	33,42 ^{ab}	40,08 ^a	33,50 ^{ab}	29,50 ^b	10,41 [*]

... Continuação

Índices de coloração	0,00	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	CV (%)
96 dias experimentais								
C	0,632 ^{ab}	0,648 ^{ab}	0,636 ^{ab}	0,630 ^{ab}	0,612 ^b	0,623 ^{ab}	0,679 ^a	4,51*
M	0,947	0,979	1,004	1,005	0,961	0,993	0,954	5,39 ^{NS}
Y	1,353	1,344	1,367	1,388	1,469	1,388	1,325	5,42 ^{NS}
K	0,574	0,631	0,633	0,592	0,538	0,604	0,679	11,32 ^{NS}
111 dias experimentais								
L	38,00	39,33	37,58	35,50	38,33	35,58	34,67	13,62 ^{NS}
a	28,58	22,92	27,67	25,00	24,75	23,83	27,25	14,22 ^{NS}
b	35,17	36,50	36,75	31,17	36,08	36,67	33,75	10,90 ^{NS}
C	0,587	0,614	0,587	0,617	0,601	0,620	0,606	3,73 ^{NS}
M	1,061	1,014	1,038	1,049	1,024	1,022	1,080	6,35 ^{NS}
Y	1,396	1,437	1,428	1,331	1,434	1,461	1,427	6,18 ^{NS}
K	0,559	0,568	0,566	0,592	0,585	0,620	0,622	12,45 ^{NS}
126 dias experimentais								
L	32,75	36,58	34,33	37,75	38,33	37,58	34,08	11,17 ^{NS}
a	26,58	19,83	23,42	25,00	23,92	23,08	22,17	16,81 ^{NS}
b	29,67	35,00	33,75	33,67	34,67	35,17	32,50	13,72 ^{NS}
C	0,617	0,645	0,626	0,610	0,615	0,619	0,639	4,81 ^{NS}
M	1,081	0,983	1,023	1,032	1,011	1,010	1,026	5,30 ^{NS}
Y	1,327	1,453	1,421	1,369	1,402	1,438	1,416	6,51 ^{NS}
K	0,655	0,617	0,631	0,574	0,569	0,592	0,651	11,23 ^{NS}
141 dias experimentais								
L	37,50	41,58	39,42	41,00	41,42	39,67	40,75	7,54 ^{NS}
a	23,08	20,00	21,50	21,83	21,17	24,17	16,42	20,94 ^{NS}
b	26,58 ^b	32,17 ^{ab}	33,08 ^{ab}	34,00 ^a	33,42 ^{ab}	33,58 ^a	29,75 ^{ab}	9,53*
C	0,630	0,622	0,625	0,614	0,614	0,608	0,651	5,08 ^{NS}
M	1,011	0,939	0,982	0,968	0,959	0,998	0,918	5,27 ^{NS}
Y	1,165 ^b	1,272 ^{ab}	1,306 ^{ab}	1,325 ^{ab}	1,352 ^a	1,342 ^{ab}	1,247 ^{ab}	6,18*
K	0,592	0,541	0,565	0,562	0,532	0,549	0,565	10,41 ^{NS}
156 dias experimentais								
L	44,83	44,25	45,25	43,50	45,25	42,25	42,08	8,87 ^{NS}
a	20,25	22,17	23,33	23,42	25,17	24,58	23,00	19,16 ^{NS}
b	30,00	35,67	37,08	29,17	37,33	32,50	30,67	15,24 ^{NS}
C	0,610	0,593	0,582	0,602	0,572	0,590	0,598	5,43 ^{NS}
M	0,925	0,948	0,952	0,967	0,970	0,590	0,973	6,48 ^{NS}
Y	1,165	1,295	1,335	1,174	1,355	1,247	1,248	7,02 ^{NS}
K	0,473	0,485	0,461	0,486	0,454	0,506	0,505	13,27 ^{NS}

*Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ($P < 0,05$) pelo teste de *Duncan*.

Fonte: Elaboração dos autores.

No sistema de coordenadas CMYK foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) aos 96 dias para C (ciano) e aos 141 dias para Y (amarelo). O que corrobora com observações feitas por piscicultores que utilizam de forma empírica,

urucum na alimentação de peixes ornamentais para intensificação da coloração vermelha-amarelada da pele dos peixes, podem ser explicadas pela presença de vários pigmentos, carotenóides e flavonóides, no corante de urucum, entre os quais

são descritos a bixina, norbixina, quercetina, (9'Z)-apo-6'-licopenato, 7-glicosilapigeina, 7-bissulfato-apigeina, 7-glicosilluteolina, 7-bissulfato-luteolina (LIMA et al., 2001). Moyle e Cech (1996) salientam que a cor dos peixes é controlada pelo sistema endócrino e nervoso, no entanto, fontes de pigmentos alimentares também podem desempenhar um papel na coloração dos peixes. A glândula pituitária segrega hormônios que controlam o metabolismo e o armazenamento de pigmentos ao longo da vida de um peixe e em particular, quando é alcançada a maturidade. A produção e armazenamento desses elementos normalmente são maiores no início da maturidade, podendo essa ser a razão pela qual muitas das espécies de peixes lançam mão da sua coloração para a camuflagem e para atrair um parceiro (SINHA; ASIMI, 2007). Os autores sugerem ainda que a intensificação da cor da pele de kinguios pode ser usada como um marcador para o desenvolvimento das gônadas. No entanto, as interações entre os fatores supracitados são complexas e parcialmente estudadas pelos fisiologistas (CHATZIFOTIS et al., 2005).

A bixina é o carotenóide majoritário em sementes de urucum (cerca de 80%) e a norbixina está presente em menor quantidade, no entanto, as concentrações da primeira podem variar de 1.540 a 3.540 mg kg⁻¹ de colorífico (TOCCHINI; MERCADANTE, 2001). A grande variação nas concentrações desse elemento dos coloríficos dificulta uma recomendação precisa para a sua utilização como ingrediente na formulação de rações, a menos que análises químicas prévias sejam realizadas para determinar seu conteúdo específico (TOCCHINI; MERCADANTE, 2001).

A salinidade, intensidade de luz e temperatura da água são fatores ambientais que influenciam na pigmentação dos peixes (STOREBAKKEN; NO, 1992). O fato de não haver diferenças desse fator na pele dos peixes aos 156 dias pode estar relacionado às baixas temperaturas e a alta transparência da água, pois a mesma permaneceu cristalina durante todo o período experimental. Segundo Gouveia e

Rema (2005), fatores como tamanho do peixe, idade, composição da dieta, período de suplementação, fonte e concentração de carotenóides, maturação sexual, fatores genéticos e a temperatura da água afetam a pigmentação do peixe. Os mesmo autores afirmam que, para esse último parâmetro, o ambiente onde os *C. auratus* estão inseridos deve permanecer entre 26 a 30 °C. Valores esses que são bem superiores ao presente estudo.

O uso de pigmentos carotenóides está bem documentado na literatura e as suas funções mais efetivas são como antioxidante e pró-vitamina A, bem como aumentam a resposta imune, reprodução, crescimento, maturação e fotoproteção. Essas mesmas moléculas desempenham papel vital na fisiologia e saúde em geral por serem nutrientes essenciais e, portanto, devem ser incluídos em dietas para animais aquáticos (SINHA; ASIMI, 2007).

Lima et al. (2001) afirmam que o efeito hipolipidêmico da bixina no controle e prevenção da aterosclerose de animais vem sendo atribuído à sua ação antioxidante. Ao explicar seu mecanismo de ação, Lima et al. (1999) sugeriram a formação de quelatos entre a enzima e a bixina, que levam à mudança conformacional da enzima, alterando seu centro ativo. As moléculas da bixina e norbixina, após serem capturadas protegem o endotélio dos vasos sanguíneos da oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), pois, danos ao endotélio podem causar lesões ateroscleróticas (LIMA et al., 2001). Lima et al. (1999), salientam que a concentração de 5,4 x 10⁻⁵ mol L⁻¹ de bixina e norbixina maximiza a atividade da lipase lipoprotéica, sendo, a enzima, responsável por catalisar a hidrólise de triacilglicerídeos a ácidos graxos e glicerol.

Os resultados obtidos por Mukherjee, Mandal e Banerjee (2009) indicaram melhor deposição de astaxantina para *Poecilia reticulata* com 45 mg de astaxantina g⁻¹ de dieta, tendo como fonte a cúrcuma (*Curcuma longa*). Para *Pseudotropheus acei* os maiores índices de luminosidade, tonalidade amarela e vermelha foram observados nos peixes

que receberam as dietas suplementadas com *Spirulina* (GÜROY et al., 2012). Baron et al. (2008) ao adicionar astaxantina sintética em dietas para *Colisa lalia* obtiveram aumento significativo na coloração vermelha da pele, enquanto que a betalaína e antocianina não modificaram essas características.

Fontes naturais de carotenóides, a exemplo das pétalas desidratadas de rosa chinesa *H. rosasinensis* (SINHA; ASIMI, 2007), mistura de β -caroteno e astaxantina (WANG; CHIEN; PAN, 2006) e uma complexa mistura de fontes de carotenóides (MORA et al., 2006) são eficientes na pigmentação da pele de peixes. Dietas com *Spirulina* tem sido utilizada com sucesso para aumentar a coloração da pele de *Xiphophorus helleri* (JAMES et al.,

2006), *Trichogaster trichopterus* (ALAGAPPAN; VIJULA; SINHA, 2004) e *C. auratus* (GOUVEIA et al., 2003; JAMES; VASUDHEVAN; SAMPATH, 2009). Ako et al. (2000), relataram que dietas contendo 1,5-2,0% de cepa de carotenóides ricos em *S. platensis* e 1,0% de *H. Pluvialis* promovem coloração significativamente melhor em *Pseudomugil furcatus* e *Cichlasoma myrnae*.

A coloração da pele e do músculo de *C. auratus*, no padrão Hunter (L^* , a^* , b^*), utilizado colorímetro portátil Minolta-CR410S, não apresentou variação significativa ($P < 0,05$) em ambos os locais, no entanto oscilações significativas foram observadas para a luminosidade da pele dos animais (Tabela 4). A luminosidade variou entre 62,64 (4,0% de adição) e 66,56 (0,50% de adição).

Tabela 4. Índices de coloração no sistema de coordenadas Hunter ($L^*a^*b^*$) obtidos de *C. auratus* alimentados com diferentes teores de *Bixa orellana* L. na dieta a partir de colorímetro (Minolta-CR410S) da pele e músculo aos 156 dias experimentais.

Índices de coloração		Níveis de adição de urucum							CV (%)
		0,00	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	
L	Pele	64,94 ^{ab}	65,94 ^a	66,56 ^a	64,67 ^{ab}	64,26 ^{ab}	62,54 ^b	63,28 ^b	1,74 [*]
a		10,39	11,17	10,86	9,73	9,01	11,59	10,22	14,83 ^{NS}
b		11,41	13,20	10,12	12,33	13,57	10,61	11,22	15,73 ^{NS}
L	Músculo	62,40	62,44	63,28	61,82	61,78	60,13	60,37	2,25 ^{NS}
a		8,41	8,91	8,56	7,93	7,66	8,68	9,12	8,95 ^{NS}
b		2,21	2,70	2,26	1,69	1,79	1,74	2,40	25,27 ^{NS}

*Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ($P < 0,05$) pelo teste de *Duncan*.

Fonte: Elaboração dos autores.

A cor do músculo dos peixes reage de forma diferente de acordo com a alimentação que recebem. Yesilayer e Erdem (2011) observaram que a luminosidade diminuiu enquanto a^* e b^* aumentaram ao longo do período experimental, influenciadas pelo consumo de rações com incorporação de agentes pigmentantes, com as cores sendo mais intensas pela adição de astaxantina em comparação a óleo resina de páprica (YESILAYER; ERDEM, 2011).

De acordo com Schiedt (1989), a velocidade de absorção dos carotenóides varia de acordo com a espécie de peixe e, segundo Putnam (1992) a capacidade de converte-los em pigmentos utilizáveis varia de acordo com a espécie, bem como com a taxa de deposição dos mesmos no tegumento (HUDON, 1991). Em virtude deste fato, mesmo dietas ricas em carotenóides podem ser deficientes nos compostos apropriados para a pigmentação da pele de uma determinada espécie. Baixas taxas de assimilação

refletirão na coloração, visto que a quantidade de pigmento depositado aumenta com a concentração de carotenóides na dieta (SOMMER; D'SOUZA; MORRISSY, 1992).

Os resultados das características de desempenho produtivo dos peixes ao final do experimento encontram-se na Tabela 5. Observaram-se

diferenças significativas ($P < 0,05$) para peso final médio, ganho em peso médio, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento diário e eficiência alimentar. Neste trabalho, pode-se verificar que a adição de 8% de urucum na dieta apresentou o pior índice de conversão alimentar aparente dos animais, embora não tenha influenciado no crescimento dos peixes.

Tabela 5. Desempenho produtivo de alevinos de kinguios (*C. auratus*), em função dos níveis de adição de urucum na dieta.

Parâmetros	Tratamentos							CV (%)
	0,00	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00	8,00	
Peso Inicial Médio	1,17	1,16	1,18	1,16	1,17	1,16	1,16	1,59 ^{NS}
Peso Final Médio	7,10 ^{ab}	7,10 ^{ab}	6,62 ^b	7,29 ^a	6,60 ^b	6,71 ^b	6,92 ^{ab}	4,79 [*]
Ganho de Peso Médio	5,93 ^{ab}	5,94 ^{ab}	5,44 ^b	6,12 ^a	5,43 ^b	5,55 ^b	5,76 ^{ab}	7,71 [*]
Comprimento Padrão	4,74	4,73	4,72	4,77	4,74	4,66	4,72	2,45 ^{NS}
Comprimento Total	7,14	7,14	7,13	7,18	6,93	7,07	7,13	3,13 ^{NS}
Sobrevivência	97,92	95,83	100	100	95,83	100	97,92	3,46 ^{NS}
Conversão Alimentar Aparente	1,56 ^b	1,64 ^{ab}	1,70 ^{ab}	1,55 ^b	1,68 ^{ab}	1,53 ^b	1,76 ^a	6,35 [*]
Taxa Crescimento Diário	1,31 ^{abc}	1,31 ^{ab}	1,25 ^c	1,33 ^a	1,26 ^c	1,27 ^{bc}	1,29 ^{abc}	2,65 [*]
Eficiência Alimentar	0,64 ^{ab}	0,61 ^{abc}	0,60 ^{bc}	0,65 ^{ab}	0,60 ^{abc}	0,65 ^a	0,60 ^c	6,26 [*]
Fator de Condição	1,98	1,96	1,83	1,98	1,98	1,91	1,91	10,61 ^{NS}

*Médias na mesma linha seguidas de letras distintas diferem ($P < 0,05$) pelo teste de *Duncan*.

Fonte: Elaboração dos autores.

São inexistentes trabalhos avaliando fatores antinutricionais ou possível toxicidade causada por níveis elevados de adição do urucum em dietas para peixes. No entanto, em estudo com ratas Paumgarten et al. (2002), não tiveram redução de peso corporal aos 21 dias de gestação e em suas proles, após administração de dose diária de extrato seco de urucum (500 mg), contendo 28% de bixina, por quilo de peso corporal, essa dosagem equivale ao consumo diário médio de 140 mg de bixina por quilo de massa corporal. O fato da bixina não ser tóxica, quando utilizada em doses elevadas (140 mg por quilo de massa corporal ao dia) na alimentação, demonstra que a mesma não apresenta fator limitante quanto ao uso na alimentação animal (REZENDE, 2006). Esse é o fato pelo qual a bixina tem sido usada na pigmentação de gemas de ovos de

poedeiras, especialmente quando se usa uma fonte ausente de pigmentos, como sorgo, quirera de arroz, entre outros (OLIVEIRA, 2004), substituindo o milho amarelo, que apresenta o pigmento zeaxantina (LIÑAN-CABELLO; PANIAGUA-MICHEL; HOPKINS, 2002).

Os carotenóides têm papel fundamental no metabolismo intermediário dos peixes (SEGNER et al., 1989), podendo melhorar a absorção de nutrientes e consequentemente incrementar o crescimento dos animais (AMAR et al., 2001). Gouveia et al. (2003) utilizando dietas enriquecidas com biomassa de *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus pluvialis*, *Arthrospira maxima* (*Spirulina*) e astaxantina sintética para juvenis de carpas koi (*Cyprinus carpio*) e *C. auratus* não observaram diferenças na taxa de

crescimento específico, eficiência alimentar e ganho de peso. Segundo os autores nenhuma mortalidade foi associada com as dietas experimentais, no entanto, a suplementação de carotenóides na dieta aumentou o teor total dessas substâncias na pele dos peixes.

Wang, Chien e Pan (2006) avaliando astaxantina e β -caroteno como fonte de carotenóide em dieta para *Hyphessobrycon callistus* não constataram efeito significativos sobre o crescimento e sobrevivência dos peixes. O mesmo foi observado por Bell et al. (2000) no desempenho produtivo de *Salmo salar* alimentado com dietas suplementadas com astaxantina (70 mg kg^{-1}) durante 22 semanas de cultivo. Amar et al. (2001) não observaram diferenças significativas em truta arco íris alimentadas com dietas enriquecidas com astaxantina e β -caroteno para a taxa de crescimento. O crescimento e a eficiência alimentar de *Sparus aurata* não foram influenciados pela suplementação de astaxantina e *H. pluvialis* ou sem carotenóides (GOMES et al., 2002). Segundo Thompson et al. (1994) a ingestão de carotenóide afeta os aspectos de imunidade humoral em salmão do Atlântico, refletindo em maior taxa de sobrevivência.

A redução na conversão alimentar não influenciou no crescimento dos peixes. Resultados semelhantes foram encontrados por Gouveia e Rema (2005) avaliando a suplementação de biomassa de micro algas (*C. vulgaris*), não observaram efeitos significativos no peso final médio, ganho em peso, conversão alimentar e taxa de crescimento específico em *C. auratus*. Sinha e Asimi (2007) avaliando o desempenho produtivo de *C. auratus*, observaram, após o período de alimentação de oito semanas, que a pétala de rosa chinesa promove maior ganho em peso (91,75%), com alto valor de carotenóide na pele ($4,01 \text{ g kg}^{-1}$). As fontes de pigmentos carotenóides usadas pelos autores supracitados foram *Spirulina* ($5,0 \text{ mg kg}^{-1}$), pétalas de rosa chinesa (*Hibiscus rosasinensis*) (5 mg kg^{-1}), pétalas de “marigold” (5 mg kg^{-1}) e lactobacilos ($5.000.000 \text{ kg}^{-1}$).

Conclusões

Baseado nas condições em que foi realizado o experimento, recomenda-se uma dieta contendo 1,0% de adição de urucum para alevinos de *C. auratus* para o melhor desempenho produtivo e de 1,0 a 4,0% para intensificar a cor vermelho-amarelada e promover aumento da intensidade luminosa na pele dos peixes.

Comitê de Ética

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *Campus* de Cascavel, sob o protocolo número 3612, considerando seus aspectos éticos e metodológicos.

Referências

- AHILAN, B.; PRINCE JEYASEELAN, M. J. Effect of biofilter on the environmental parameters and growth of goldfish (*Carassius auratus*). *Indian Journal of Fisheries*, Indian, v. 51, n. 3, p. 371-374, 2004.
- AKO, H.; TAMARU, C. S.; ASANO, L.; YUEN, B.; YAMAMOTO, M. Achieving natural colouration in fish under culture. *UJNR Technical Report*, Kihei, v. 28, p. 1-4, 2000.
- ALAGAPPAN, M.; VIJULA, K.; SINHA, A. Utilization of *Spirulina* algae as a source of carotenoid pigment for blue gouramis (*Trichogaster trichopterus*, Pallas). *Journal of aquaculture and aquatic sciences*, California, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2004.
- AMAR, E. C.; KIRON, V.; SATOH, S.; WATANABE, T. Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defence mechanisms in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, Oxford, v. 32, n. 1, p. 162-173, 2001.
- BARON, M.; DAVIES, S.; ALEXANDER, L.; SNELGROVE, D.; SLOMAN, K. A. The effect of dietary pigments on the coloration and behavior of flame-red dwarf gourami, *Colisa lalia*. *Animal Behaviour*, Nottingham, v. 75, n. 3, p. 1041-1050, 2008.
- BELL, J. G.; MCEVOY, L. A.; TOCHER, D. R.; SARGENT, J. R. Depletion of α -tocopherol and astaxanthin in Atlantic salmon (*Salmo salar*) affect autoxidative defense and fatty acid metabolism. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 130, n. 7, p. 1800-1808, 2000.

- BITTENCOURT, F.; SOUZA, B. E.; BOSCOLO, W. R.; RORATO, R. R.; FEIDEN, A.; NEU, D. H. Benzocaina e eugenol como anestésicos para o quinguio (*Carassius auratus*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 64, n. 6, p. 1597-1602, 2012.
- BOSCOLO, W. R.; HAYASHII, C.; FEIDEN, A.; MEURER, F.; SIGNOR, A. A. Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2579-2586, 2008.
- CHATZIFOTIS, S.; PAVLIDIS, M.; JIMENO, C. D.; VARDANIS, G.; STERIOTI, A.; DIVANACH, P. The effect of different carotenoid sources on skin coloration of cultured red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture Research*, Oxford, v. 36, n. 15, p. 1517-1525, 2005.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION - CIE. Official recommendations on uniform color space, color difference equations and metric color terms. Paris: Commission International de l'Eclairage, 1976.
- GOMES, E.; DIAS, J.; SILVA, P.; VALENTE, L.; EMPIS, J.; GOUVEIA, L.; BOWEN, J.; YOUNG, A. Utilization of natural and synthetic sources of carotenoids in the skin pigmentation of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *European Food Research and Technology*, Berlin, v. 214, n. 4, p. 287-293, 2002.
- GOMES, L. C.; CHIPPARI-GOMES, A. R.; LOPES, N. P.; ROUBACH, R.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. Efficacy of benzocaine as an anesthetic in juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, Oxford, v. 32, n. 4, p. 426-431, 2001.
- GOUVEIA, L.; REMA, P. Effect of microalgal biomass concentration and temperature on ornamental goldfish (*Carassius auratus*) skin pigmentation. *Aquaculture Nutrition*, Oxford, v. 11, n. 1, p. 19-23, 2005.
- GOUVEIA, L.; REMA, P.; PEREIRA, O.; EMPIS, J. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 9, n. 2, p. 123-129, 2003.
- GÜROY, B.; ŞAHİN, İ.; MANTOĞLU, S.; KAYALI, S. *Spirulina* as a natural carotenoid source on growth, pigmentation and reproductive performance of yellow tail cichlid *Pseudotropheus acei*. *Aquaculture International*, Netherlands, v. 20, n. 5, p. 869-878, 2012.
- HAMRE, K.; CHRISTIANSEN, R.; WAAGBØ, R.; MAAGE, A.; TORSTENSEN, B. E.; LYGREN, B.; LIE, Ø.; WATHNE, E.; ALBREKTSSEN, S. Antioxidant vitamins, minerals and lipid levels in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.): effects on growth performance and fillet quality. *Aquaculture Nutrition*, Oxford, v. 10, n. 2, p. 113-123, 2004.
- HUDON, J. Unusual carotenoid use by the western tanager (*Piranga ludoviciana*) and its evolutionary implications. *Canadian Journal of Zoology*, Ottawa, v. 9, n. 69, p. 2311-2320, 1991.
- JAMES, R.; SAMPATH, K.; THANGARATHINAM, R.; VASUDEVAN, I. Effect of dietary spirulina level on growth, fertility, coloration and leucocyte count in red swordtail, *Xiphophorus helleri*. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, Tel Aviv, v. 2, n. 58, p. 97-104, 2006.
- JAMES, R.; VASUDHEVAN, I.; SAMPATH, K. Interaction of *Spirulina* with different levels of vitamin E on growth, reproduction, and coloration in goldfish (*Carassius auratus*). *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, Tel Aviv, v. 4, n. 61, p. 330-338, 2009.
- JOHNSON, E. A.; AN, G. H. Astaxanthin from microbial sources. *Critical Reviews in Biotechnology*, London, v. 11, n. 4, p. 297-326, 1991.
- LIMA, L. R. P.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J.; OLIVEIRA, M. G. A.; PINTO, A. S.; TINOCO, A. L. A.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, M. L. Efeito de flavonóides (luteolina e apigeina) e corantes naturais (norbixina e bixina) do urucum sobre a atividade da lipase. *Revista da Escola de Farmácia e Odontologia de Alfenas*, Alfenas, v. 42, n. 1, p. 29-36, 1999.
- LIMA, L. R. P.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J.; PINTO, A. S.; STRINGHETA, P. C.; TINOCO, A. L. A.; SILVA, J. F. Bixina, norbixina e quercetina e seus efeitos no metabolismo lipídico de coelhos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 196-200, 2001.
- LIÑAN-CABELLO, M. A.; PANIAGUA-MICHEL, J.; HOPKINS, P. M. Bioactive roles of carotenoids and retinoids in crustaceans. *Aquaculture Nutrition*, Oxford, v. 8, n. 10, p. 299-309, 2002.
- MORA, G. I.; ARREDONDO-FIGUEROA, J. L.; PONCE-PALAFIX, J. T.; BARRIGA-SOSA, I. D. L. A.; VERNON-CARTER, J. E. Comparison of red chilli (*Capsicum annum*) oleoresin and astaxanthin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet pigmentation. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 258, n. 1-4, p. 487-495, 2006.
- MOYLE, P. B.; CECH, J. J. Behavior and communication. In: MOYLE, P. B.; CECH, J. J. (Ed.). *Fishes: an introduction to ichthyology*. Davis: University of California, 1996. p. 157-176.

- MUKHERJEE, A.; MANDAL, B.; BANERJEE, S. Turmeric as a carotenoid source on pigmentation and growth of fantail guppy. *Poecilia reticulata*. *Proceedings of the Zoological Society*, London, v. 62, n. 2, p. 119-123, 2009.
- OLIVEIRA, N. T. E. *Energia metabolizável de alimentos e qualidade de ovos e carne de codornas japonesas alimentadas com rações contendo colorífico do urucum e niacina suplementar*. 2004. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Goytacazes.
- PAUMGARTTEN, F. J. R.; CARVALHO, R. R.; ARAÚJO, I. B.; PINTO, F. M.; BORGES, O. O.; SOUZA, C. A. M.; KURIYAMA, S. N. Evaluation of the developmental toxicity of annatto in the rat. *Food and Chemical Toxicology*, London, v. 40, n. 11, p. 1595-1601, 2002.
- PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; PINTO, L. G. Q.; FURUYA, W. M.; PEZZATO, A. C. Digestibilidade aparente de ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.
- PUTNAM, M. A review of the nature, function, variability and supply of pigments in salmonid fish. In: DE PAUW, N.; JOYCE, J. (Ed.). *Aquaculture and the environment*. Gent Belgium: European Aquaculture Society. Special Publication, 1992. p. 245-263.
- REZENDE, F. P. *Níveis de bixina na ração e de eugenol na água de transporte para o peixe ornamental Trichogaster leeri*. 2006. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Goytacazes.
- REZENDE, F. P.; VIDAL-JÚNIOR, M. V.; ANDRADE, D. R.; MENDONÇA, P. P.; SANTOS, M. V. B. Characterization of a new methodology based on the intensity of skin staining of ornamental fish with applications in nutrition. *Journal of Agricultural Science and Technology*, EL Monte, v. 2, p. 606-613, 2012.
- RIBEIRO, F. A. S. Panorama mundial do mercado de peixes ornamentais. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 108, p. 32-37, 2008.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS. SAS Institute Inc. *SAS User's guide statistics*. 9. ed. Cary, North Caroline: SAS Institute Inc., 9.1.3. 2004.
- SCHIEDT, K. New aspects of carotenoid metabolism in animals. In: KRINSKY, N. I.; MATHEWS-ROTH, M. M.; TAYLOR, R. F. (Ed.). *Carotenoids: Chemistry and Biology*. New York: Plenum Press, 1989, p. 247-268.
- SEGNER, H.; AREND, P.; POEPPINGHAUSSEN, K. V.; SCHMIDT, H. The effect of feeding astaxanthin to *Oreochromis niloticus* and *Colisa labiosa* on the histology of the liver. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 79, n. 1-4, p. 381-390, 1989.
- SHINDO, K.; KIKUTA, K.; SUZUKI, A.; KATSUTA, A.; KASAI, H.; YASUMOTO-HIROSE, M.; MATSUO, Y.; MISAWA, N.; TAKAICHI, S. Rare carotenoids, (3R) sproxanthin and (3R,2'S)-myxol, isolated from novel marine bacteria (Flavobacteriaceae) and their antioxidative activities. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Berlin, v. 74, n. 6, p. 1350-1357, 2007.
- SILVA, A. S. T.; SCHULZ, U. H. Crescimento de *Carassius auratus* (Actinopterygii: Cypriniformes) em tanques com e sem abrigo. *Acta Biologica Leopoldensia*, São Leopoldo, v. 28, n. 1, p. 42-45, 2006.
- SINHA, A.; ASIMI, O. A. China rose (*Hibiscus rosasinensis*) petals: a potent natural carotenoid source for goldfish (*Carassius auratus* L.). *Aquaculture Research*, Oxford, v. 38, n. 11, p. 1123-1128, 2007.
- SOMMER, T. R.; D'SOUZA, F. M. L.; MORRISSY, N. M. Pigmentation of adult rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using the green algae *Haematococcus pluvialis*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 106, n. 1. p. 63-74, 1992.
- STOREBAKKEN, T.; NO, H. Pigmentation of rainbow trout. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 100, n. 1-3, p. 209-229, 1992.
- THOMPSON, I.; FLETCHER, T. C.; HOULIHAN, D. F.; SECOMBES, C. J. Effect of dietary vitamin A intake on the immunocompetence of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*, Netherlands, v. 12, n. 6, p. 513-523, 1994.
- TOCCHINI, L.; MERCADANTE, A. Z. Extração e determinação por CLAE de bixina e norbixina em coloríficos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 21, n. 3, p. 310-313, 2001.
- WANG, Y. J.; CHIEN, Y. H.; PAN, C. H. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus*. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 261, n. 2, p. 641-648, 2006.
- YESILAYER, N.; ERDEM, M. Effects of oleoresin paprika (*capsicum annum*) and synthetic carotenoids (canthaxanthin and astaxanthin) on pigmentation levels and growth in rainbow trout *oncorhynchus mykiss* w. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, Pakistan, v. 10, n. 14, p. 1875-1882, 2011.
- ZAVALA-CAMIN, L. A. *Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes*. Maringá: EDUEM, 1996. 125 p.

