

DIOGO MAGALHÃES DA VEIGA MOREIRA

CÚRCUMA (*Curcuma longa*) COMO PIGMENTANTE, PROMOTOR DE
CRESCIMENTO E DA SAÚDE DE ACARÁ BANDEIRA (*Pterophyllum scalare*)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

M838c
2013
Moreira, Diogo Magalhães da Veiga, 1982-
Cúrcuma (*Curcuma longa*) como pigmentante, promotor de
crescimento e da saúde de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*)
/ Diogo Magalhães da Veiga Moreira. – Viçosa, MG, 2013.
xii, 34f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Jener Alexandre Sampaio Zuanon.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 31-34.

1. *Pterophyllum scalare*. 2. Peixe ornamental. 3. Peixe
ornamental - Crescimento. 4. Pigmentos. 5. Cúrcuma. 6. Peixe -
Cor. 7. *Curcuma longa*. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Biologia Animal. Programa de Pós-Graduação
em Biologia Animal. II. Título.

CDD 22. ed. 597.74

DIOGO MAGALHÃES DA VEIGA MOREIRA


CÚRCUMA (*Curcuma longa*) COMO PIGMENTANTE, PROMOTOR DE
CRESCIMENTO E DA SAÚDE DE ACARÁ BANDEIRA (*Pterophyllum scalare*)

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-Graduação
em Biologia Animal, para obtenção do
título de Magister Scientiae.

APROVADA: 12 de setembro de 2013



Ana Lucia Salato
(Coorientadora)



Eduardo Arruda Teixeira Lanna



Jener Alexandre Sampaio Zuanon
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À **Universidade Federal de Viçosa (UFV)** por intermédio do Departamento de Biologia Animal, pela oportunidade de realização deste curso.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa e ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)** pelo financiamento do projeto.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Jener Alexandre Sampaio Zuanon**, por toda confiança, companheirismo e dedicação. Por me acolher como orientado ainda antes da aprovação. E, acima de tudo, pelo exemplo como pessoa e como docente.

À minha coorientadora **Prof^a Dr^a Ana Lúcia Salaro**, por todas as informações e boa vontade na disponibilização da infraestrutura necessária para este estudo.

À banca examinadora: **Ana Lúcia Salaro e Eduardo Arruda Teixeira Lanna**, pelas instruções, dedicação e críticas fundamentais. E aos professores suplentes: **Policarpo Souza Carneiro e Ita de Oliveira e Silva**.

A todos os professores da graduação e pós-graduação.

Aos colegas: **Sendy Reis, Lidiane Nascimento, Alex Júnio, Mariana Fontes, Márcio Kanashiro, Daniel Campelo, Frederico Werneck, Alfredo, Raully, Pollyanna Ferreira** e a todos os demais que contribuíram de alguma forma para minha trajetória.

Aos funcionários **João Oliveira e José Chico** do setor de piscicultura.

À **Prof. Dra. Mariella Bontempo Duca de Freitas** pelo espaço cedido e à doutoranda **Jerusa Oliveira**, pela extrema dedicação e carinho com minhas análises.

Aos meus pais **Paulo da Veiga Moreira e Maria Magalhães Moreira**, por me ensinarem que o caminho pra felicidade deve ser traçado com dignidade, competência e amor no coração.

Aos meus irmãos **Igor e Caio**, grandes e verdadeiros amigos.

À **Fernanda** por toda força, empenho e dedicação, sem os quais a realização deste trabalho seria impossível.

Aos meus grandes amigos e colegas de estrada **Guilherme, Renan, Vinícius e Nando**, por manter a música e a arte vivas em minha vida.

Às várias centenas de alunos que tive, por me ensinarem que não existe nada mais importante pra humanidade do que a troca de ideias e opiniões.

Aos meus familiares por toda felicidade que brota quando estamos juntos.

Aos meus grandes amigos de ontem, hoje e sempre **Pablo, Luiz Cláudio, Wesley, Fabrício, Dado, Wagner, Fred, João Paulo, Coréia, Fiuza e Skiter** por todos esses anos.

A **Deus**, que nunca me abandona.

BIOGRAFIA

DIOGO MAGALHÃES DA VEIGA MOREIRA nasceu em 14 de junho de 1982 em Rio Pomba - MG, Brasil. Filho de Maria Magalhães Moreira e Paulo da Veiga Moreira.

Em 2000 iniciou o curso de Ciências Biológicas na Universidade Federal de Viçosa onde pela graduou-se Bacharel em julho de 2005 e Licenciou-se em janeiro de 2008.

Exerce atividade docente nos ensinos médio e fundamental desde julho de 2006.

Em agosto de 2011 ingressou no Programa de Pós Graduação em Biologia Animal, nível mestrado da Universidade Federal de Viçosa.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
RESUMO DO ARTIGO.....	2
INTRODUÇÃO.....	3
MATERIAL E MÉTODOS.....	5
Condições experimentais.....	5
Coloração da pele.....	7
Desempenho produtivo.....	9
Glicose sanguínea.....	10
Glicogênio muscular e hepático.....	11
Estresse oxidativo muscular e branquial.....	12
Análise estatística.....	12
RESULTADO E DISCUSSÃO.....	13
Qualidade da água e desempenho produtivo.....	13
Coloração da pele.....	20
Glicose e glicogênio.....	26
Estresse oxidativo muscular e branquial.....	27
CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Áreas do corpo analisadas na variedade ouro (a) – A1: dorso, A2: base da nadadeira dorsal e A3: lateral esquerda – e palhaço (b) – A1: dorso, A2: base da nadadeira dorsal e A3: base da nadadeira caudal..... 9
- Figura 2. Conversão alimentar dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) variedades ouro e palhaço alimentados com níveis crescentes de cúrcuma (*Curcuma longa*) na dieta..... 15
- Figura 3. (A) Peso final, (B) ganho de peso, (C) comprimento final e (D) taxa de crescimento específico dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) variedades ouro e palhaço alimentados com níveis crescentes de cúrcuma (*Curcuma longa*) na dieta.....19
- Figura 4. Índices de (A) magenta na área 1, (B) preto na área 1, (C) ciano na área 2, (D) magenta na área 2 e (E) amarelo na área 2 dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) variedades ouro e palhaço alimentados com níveis crescentes de cúrcuma (*Curcuma longa*) na dieta..... 22
- Figura 5. Índices de magenta na área 3 dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) variedade ouro alimentados com níveis crescentes de cúrcuma (*Curcuma longa*) na dieta..... 25

Figura 6. Concentração de catalase muscular dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) variedades ouro e palhaço alimentados com níveis crescentes de cúrcuma (*Curcuma longa*) na dieta..... 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação e composição química das dietas experimentais.....	6
Tabela 2. Tamanho médio dos péletes das dietas ao longo do período experimental..	7
Tabela 3. Valores médios de oxigênio dissolvido (O ₂), pH, amônia total (N _{total}) e amônia tóxica (NH ₃) da água dos aquários de juvenis de acará bandeira (<i>Pterophyllum scalare</i>) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.....	14
Tabela 4. Valores médios de consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) pelos juvenis de acará bandeira (<i>Pterophyllum scalare</i>) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.....	14
Tabela 5. Valores médios de peso final (PF), ganho de peso (GP), comprimento final (CF), taxa de sobrevivência (TS), fator de condição (K) e taxa de crescimento específico (TCE) dos juvenis de acará bandeira (<i>Pterophyllum scalare</i>) alimentados com dietas suplementadas com diferentes fontes de pigmentos.....	17
Tabela 6. Valores médios, em radianos, de ciano, magenta, amarelo e preto na área 1 (C1, M1, Y1 e K1) e na área 2 (C2, M2, Y2 e K2) do corpo dos juvenis de acará bandeira (<i>Pterophyllum scalare</i>) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.....	21
Tabela 7. Valores médios (em radianos) de ciano, magenta, amarelo e preto na área 3 (C3O, M3O, Y3O e K3O) dos juvenis da variedade ouro alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.....	25

Tabela 8. Valores médios (em radianos) de ciano, magenta, amarelo e preto na área 3 (C3P, M3P, Y3P e K3P) dos juvenis da variedade palhaço alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos..... 26

Tabela 9. Valores médios de glicose sanguínea (Gl) , glicogênio muscular (GM) e glicogênio no fígado (GF) dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos..... 27

Tabela 10. Valores médios de concentração das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) e do metabólito malondialdeído (MDA) observados nos músculos de juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos..... 29

Tabela 11. Valores médios de concentração das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) e do metabólito malondialdeído (MDA) observados nas brânquias de juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos..... 30

RESUMO

MOREIRA, Diogo Magalhães da Veiga, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2013. **Cúrcuma (*Curcuma longa*) como pigmentante, promotor de crescimento e da saúde de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*)**. Orientador: Jener Alexandre Sampaio Zuanon. Coorientadora: Ana Lúcia Salaro.

A pigmentação da pele dos peixes ornamentais é uma das principais características determinante do seu preço de mercado. Assim, a intensificação da pigmentação da pele com a adição de suplementos à dieta pode ser determinante na rentabilidade da produção. A *Curcuma longa*, por ser rica em pigmentos amarelo-alaranjados e óleos essenciais apresenta potencial para ser utilizada como intensificador da cor, promotor de crescimento e da saúde para peixes ornamentais. O acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) é uma espécie nativa da Amazônia que se destaca por sua convivência pacífica com outras espécies e formato do corpo e nadadeiras peculiares. As variedades ouro e palhaço apresentam padrão básico de cor da pele amarelo-alaranjado, portanto, o suprimento de carotenoides ou curcuminoides via dieta pode intensificar sua pigmentação. Desta forma, os objetivos deste estudo foram: avaliar o potencial da cúrcuma em dietas para acará bandeira, como pigmentante da pele, promotor de crescimento e da saúde das variedades ouro e palhaço e comparar os efeitos da dieta suplementada com fonte padrão de pigmento em relação às demais dietas. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial (6 x 2). Cada tratamento foi dividido em dois blocos com duas repetições intrabloco. Foram avaliadas seis dietas com diferentes suplementações de fontes de pigmentos e duas variedades de acará bandeira (ouro e palhaço). Foram confeccionadas seis dietas práticas isoprotéicas e isoenergéticas: T1 - controle positivo (dieta suplementada com cantaxantina), T2 - controle negativo (dieta sem suplementação pigmentos), T3 a T6 - dietas suplementadas com 0,5; 17,0; 33,5 e 50,0 g cúrcuma/kg, respectivamente. Foram avaliados o desempenho produtivo, a coloração da pele em três pontos do corpo (dorso e base da nadadeira dorsal para as duas variedades, lateral da variedade ouro e base da nadadeira caudal da variedade palhaço), glicose sanguínea, glicogênio hepático e muscular e respostas de estresse oxidativo. Observou-se efeito quadrático da suplementação de cúrcuma sobre a conversão alimentar, peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico. Para os índices de coloração magenta e preto no dorso e amarelo e magenta na base da nadadeira dorsal observou-se efeito quadrático da suplementação de cúrcuma, enquanto que o índice de coloração ciano na base da nadadeira dorsal apresentou efeito linear crescente. Na lateral do corpo da variedade ouro houve efeito

linear negativo da suplementação de cúrcuma sobre o índice de coloração magenta. Para a enzima catalase muscular observou-se efeito linear decrescente da suplementação de cúrcuma. Assim, pode-se concluir que a *Curcuma longa* influencia a pigmentação da pele, o crescimento e melhora a saúde de juvenis de acará bandeira, podendo beneficiar ou prejudicar o crescimento e a pigmentação, de acordo com sua concentração na ração e variedade do peixe.

ABSTRACT

MOREIRA, Diogo Magalhães da Veiga, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2013. **Turmeric (*Curcuma longa*) as color enhancer, promoter of growth and health on angelfish (*Pterophyllum scalare*)**. Advisor: Jener Alexandre Sampaio Zuanon. Co-Advisor: Ana Lúcia Salaro.

The skin pigmentation of ornamental fish is a major characteristic determinant of its market price. Thus, the increased skin pigmentation with the addition of supplements to the diet may be determining the profitability of production. *Curcuma longa* is rich in yellow-orange pigments and essential oils, thus, have the potential to be used as a color enhancer and growth and health promoter for ornamental fish. The angelfish (*Pterophyllum scalare*) is native to the Amazon that stands out for its peaceful coexistence with other species and peculiar body and fins shapes. The naja gold and gold marble strains show yellow- orange basic pattern of skin color, hence the supply of carotenoids or curcuminoids through feeding can increase their pigmentation. Thus, the aim of this study were to assess the potential of turmeric in diets for freshwater angelfish as skin pigmenting, growth and health promoting of gold marble and naja gold varieties and compare the effects of diet supplemented with standard source of pigment to the other diets. For this, a randomized block design in a factorial scheme (2 x 6) was used. Each treatment was divided into two blocks with two replications within each block. Six diets supplemented with different sources of pigments and two strains of angelfish (naja gold and gold marble) were evaluated. Six isonitrogenous and isocaloric practices diets were made: T1 - positive control (diet supplemented with canthaxanthin) , T2 - negative control (diet without supplemented pigments) , T3 - T6 diets supplemented with 0.5, 17.0, 33.5 and 50,0 g/kg turmeric, respectively. Productive performance, skin coloration in three body points (dorse and dorsal fin base for both strains, body side of naja gold strain and the caudal fin base of the gold marble strain), blood glucose, liver and muscle glycogen and oxidative stress responses were evaluated. A quadratic effect of turmeric supplementation over feed conversion ratio, final weight, weight gain and specific growth rate was observed. A quadratic effect of turmeric supplementation over color indexes of magenta and black on fish dorse and magenta and yellow on dorsal fin base was observed, while the color index cyan on dorsal fin base increased linearly. In the caudal fin base of the gold marble strain a linear effect of supplementation of turmeric on the magenta color index was observed. For muscle

catalase a linear effect of supplementation of turmeric was observed. Thus, it can be concluded that *Curcuma longa* improves health and influences the growth and skin pigmentation of juvenile angelfish and may improve or impair the growth and pigmentation, according to its concentration in the feed and variety of fish.

**CÚRCUMA (*Curcuma longa*) COMO PIGMENTANTE, PROMOTOR DE
CRESCIMENTO E DA SAÚDE DE ACARÁ BANDEIRA (*Pterophyllum scalare*)**

Cúrcuma (*Curcuma longa*) como pigmentante, promotor de crescimento e da saúde de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*).

Resumo: A *Curcuma longa*, por ser rica em pigmentos amarelo-alaranjados e óleos essenciais, pode ser utilizada como intensificador da cor, promotor de crescimento e da saúde de peixes ornamentais. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial da cúrcuma em dietas para acará bandeira. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial (6 x 2). Foram avaliadas seis dietas e duas variedades de acará bandeira (ouro e palhaço). As dietas constituíram os tratamentos: T1 - controle positivo (dieta suplementada com cantaxantina), T2 - controle negativo (dieta sem suplementação pigmentos), T3 a T6 - dietas suplementadas com 0,5; 17,0; 33,5 e 50,0 g cúrcuma/kg, respectivamente. Observou-se efeito quadrático da suplementação de cúrcuma sobre a conversão alimentar, peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico. Para os índices de coloração magenta e preto no dorso e amarelo e magenta na base da nadadeira dorsal observou-se efeito quadrático da suplementação de cúrcuma, enquanto que o índice de coloração ciano na base da nadadeira dorsal apresentou efeito linear crescente. Na lateral do corpo da variedade ouro houve efeito linear negativo da suplementação de cúrcuma sobre o índice de coloração magenta. Para a enzima catalase muscular observou-se efeito linear decrescente da suplementação de cúrcuma. Assim, pode-se concluir que a *Curcuma longa* melhora a saúde e influencia o crescimento, a pigmentação da pele de juvenis de acará bandeira, podendo beneficiar ou prejudicar o crescimento e a pigmentação, de acordo com sua concentração na ração e variedade do peixe.

Palavras-chave: Extratos vegetais, pigmentos naturais, promotores de crescimento, peixes ornamentais

Introdução

A pigmentação da pele dos peixes ornamentais é uma das principais características de interesse pelos consumidores sendo assim determinante do preço de mercado (Wang et al., 2006; Pan et al., 2010; Dharmaraj e Dhevendaran, 2011). Assim, a intensificação da pigmentação da pele com a adição de suplementos à dieta pode ser determinante na rentabilidade da produção (Nascimento, 2013).

Fatores inerentes do processo de produção, como flutuações na qualidade da água, captura, triagem, armazenamento e transporte, geram respostas de estresse nos animais e assim afetam negativamente o desempenho produtivo, a coloração da pele e a capacidade antioxidante (Dharmaraj & Dhevendaran, 2011; Pan et al., 2011; Nascimento, 2013). Dessa forma, a suplementação com fontes de pigmentos industriais, principalmente os carotenoides cantaxantina e astaxantina, vêm sendo comumente utilizadas em dietas para organismos aquáticos (Wang et al., 2006; Baron et al., 2008; Kop e Dumaz, 2008; Pan e Chien, 2009).

As fontes comerciais de carotenoides industriais são produtos padronizados, quimicamente estáveis, altamente concentrados (De La Mora et al., 2006) e eficientes na pigmentação da pele (Kop & Durmaz, 2008; Pan & Chien, 2009). Entretanto, são produtos de alto custo, o que pode inviabilizar sua utilização, especialmente para pequenos produtores. Dessa forma, se faz necessário avaliar fontes naturais de pigmentos como alternativas em relação ao uso os pigmentos industriais.

O pó de origem industrial obtido à partir do rizoma da cúrcuma (*Curcuma longa*) destaca-se como fonte natural de pigmentos amarelo-alaranjados, principalmente a curcumina e seus derivados (desmetoxicurcumina e bisdesmetoxicurcumina). Além de seu potencial como pigmentante, a presença de óleos essenciais como a tumerona e a dehidrotumerona (Mata et al., 2004) indica seu potencial como promotor de crescimento e da saúde, uma vez que são substâncias dotadas de propriedades antioxidantes,

antimicrobianas (Mesa et al., 2000; Luthra et al., 2001; Paolinelli et al., 2006), imunostimulantes (Hauptli, 2006), reguladoras das funções biliares (Naghetini, 2006) e pancreáticas (Ponnusamy et al., 2012), do metabolismo de lipídios (Chattopadhyay et al., 2004) e do metabolismo da glicose (Wickenberg et al., 2010).

O pó do rizoma de cúrcuma industrializado tem ampla disponibilidade no mercado (Mesa et al., 2000), considerando seu uso tradicional, principalmente como condimento. Como consequência, o valor de mercado é relativamente acessível (Mesa et al., 2000), ampliando o potencial para utilização em dietas para animais, especialmente peixes ornamentais (Nascimento, 2013).

O acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) é uma espécie nativa da Amazônia que se destaca por ser uma das mais populares no mundo (Chapman et al., 1997), em função de sua convivência pacífica com outras espécies e formato do corpo e nadadeiras peculiares (Ikeda et al., 2011). Com relação à produtividade, o acará bandeira destaca-se pela facilidade de adaptação às condições de cativeiro, boa aceitação às rações processadas, significativo valor de mercado (Fujimoto et al., 2006) e reprodução sem necessidade de indução. Diferentes variedades de acará bandeira comercializadas no Brasil e no mundo são desenvolvidas a partir do melhoramento genético, padrões de iluminação durante os primeiros estágios de vida e dieta (Goldstein, 2001). As variedades ouro e palhaço apresentam padrão básico de cor da pele amarelo-alaranjado, portanto, o suprimento de carotenoides ou curcuminóides via dieta pode intensificar sua pigmentação, aumentando seu valor de mercado.

Desta forma, os objetivos deste estudo foram: avaliar o potencial da cúrcuma em dietas para acará bandeira (*Pterophyllum scalare*), como pigmentante da pele, promotor de crescimento e da saúde das variedades ouro e palhaço e comparar os efeitos da dieta suplementada com fonte padrão de pigmento em relação às demais dietas.

Material e Métodos

Condições experimentais

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição de Peixes III do Setor de Piscicultura (Departamento de Biologia Animal) da Universidade Federal de Viçosa, com duração de 15 semanas entre os meses de março e julho de 2013. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial (6 x 2). Cada tratamento foi dividido em dois blocos com duas repetições intrablocos, totalizando quatro repetições por tratamento. Os blocos foram constituídos com base no peso inicial dos peixes, sendo o bloco I formado por peixes com peso inicial médio de $0,57 \pm 0,06$ g e o bloco II com peso inicial médio de $0,71 \pm 0,07$ g. Foram avaliadas seis dietas com diferentes suplementações de fontes de pigmentos e duas variedades de acará bandeira (ouro e palhaço). Foram confeccionadas seis dietas práticas isoprotéicas e isoenergéticas: T1 - controle positivo (dieta suplementada com cantaxantina), T2 - dieta sem suplementação pigmentos, T3 - dieta suplementada com 0,5 g cúrcuma/kg, T4 - dieta suplementada com 17,0 g cúrcuma/kg, T5 - dieta suplementada com 33,5 g cúrcuma/kg e T6 - dieta suplementada com 50,0 g cúrcuma/kg (Tabela 1). Cada grupo de peixes de mesma variedade numa mesma caixa foi considerado uma unidade experimental, totalizando 48 unidades experimentais. Os níveis de cúrcuma avaliados foram estabelecidos com base no estudo de Nascimento (2013).

Foi utilizado o pó do rizoma da planta *Curcuma longa* como fonte de pigmentos curcuminoides, cujo produto comercial (Pirata[®]) foi previamente misturado aos demais ingredientes da ração. A suplementação de cúrcuma e cantaxantina nas dietas teste foi realizada em substituição ao amido de milho. Posteriormente foi realizada a peletização, secagem em estufa de ventilação forçada (40 °C por 24h), trituração e peneiração para

obtenção de péletes de tamanho adequado ao tamanho da boca dos peixes (Tabela 2). Para evitar degradação de carotenoides e pigmentos curcuminoides, os péletes foram mantidos em frasco opaco revestido com papel alumínio e estes armazenados em geladeira durante a noite, ao longo de todo período experimental.

Tabela 1. Formulação e composição química das dietas experimentais

Ingrediente	Dieta basal	Níveis de cúrcuma na dieta (em g/kg)				Controle positivo (cantaxantina 0,5 g/kg)
		0,5	17,0	33,5	50,0	
Farelo Soja	57,10	57,10	57,25	57,29	57,20	57,10
Farinha Peixe	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Cúrcuma	0,00	0,05	1,70	3,35	5,00	0,00
Farelo Trigo	10,00	9,95	8,25	7,00	6,00	9,95
Amido de milho	9,63	9,63	9,48	9,00	8,42	9,63
Cantaxantina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
DL - Metionina	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,35
Óleo Soja	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Fosfato Bicálcico	2,25	2,25	2,30	2,33	2,35	2,25
Sal comum	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Suplemento vitam/min ¹	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
BHT ²	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Composição química das dietas experimentais						
EB (kcal/kg)	4258,10	4258,10	4256,25	4255,45	4254,75	4256,13
ED (kcal/kg) ³	3205,04	3205,13	3207,53	3212,32	3218,43	3203,48
Prot Bruta (%)	34,04	34,03	34,01	34,01	34,01	34,03
Prot Dig (%) ³	30,16	30,16	30,09	30,05	30,00	30,15
Fibra Bruta (%)	4,66	4,66	4,68	4,73	4,78	4,65
Extrato Etéreo (%)	8,64	8,64	8,67	8,70	8,74	8,64
Ca tot (%)	1,39	1,39	1,40	1,41	1,41	1,39
Pdisp (%) ⁴	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Met (%)	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71	0,70
Lis (%)	1,84	1,84	1,83	1,83	1,82	1,84

¹ Níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000UI; Vit. D3; 200.000UI; Vit. E, 12.000mg; Vit. K3, 2.400mg; Vit. B1, 4.800mg; Vit. B2, 4.800mg; Vit. B6, 4.000mg; Vit. B12, 4.800mg; Ac. Fólico, 1.200mg; Pantotenato Ca, 12.000mg; Vit. C, 48.000mg; Biotina, 48mg; Colina, 65.000mg; Niacina, 24.000mg; Ferro, 10.000mg; Cobre, 6.000mg; Manganês, 4.000mg; Zinco, 6.000mg; Iodo, 20mg; Cobalto, 2mg; Selênio, 20mg.

² Butil hidroxi tolueno (antioxidante)

³ Valores calculados com base nos valores de energia e proteína digestível para tilápia do Nilo (Pezzato et al., 2002)

⁴ Valores calculados para tilápia do Nilo conforme (Miranda et al., 2000).

Dez juvenis de acará bandeira variedade ouro e dez juvenis da variedade palhaço foram alocados em cada aquário contendo 80 litros de água (20 peixes por aquário). Todos os aquários foram dotados de aeração, filtro biológico e refúgio (cacabans). A água dos aquários foi mantida a uma temperatura média de $29,17 \pm 0,56$ °C por aquecedores de 50W controlados por termostatos, de acordo com a temperatura de preferência da espécie (Pérez et al., 2003). Os animais foram alimentados até a saciedade aparente três vezes ao dia, às 9:00, 13:00 e 18:00h. O laboratório foi mantido em fotofase de 12h.

A temperatura dos aquários foi aferida diariamente às 08:00 horas. Os parâmetros relacionados à qualidade da água foram analisados ao longo do período experimental. A cada 25 dias foram realizadas análises de amônia total, oxigênio dissolvido e pH da água. Fazendo uso de kits colorimétricos, foi mensurada a amônia total. A partir destes valores foi calculada a amônia tóxica (NH₃), com base na fórmula: amônia tóxica = amônia total / (1 + 10^{((0,0902-pH)+(2730/(273,2+temperatura)))}). O teor de oxigênio dissolvido, assim como a temperatura, foi obtido por meio de oxímetro digital. O pH foi determinado com o uso de peagâmetro digital. Após cada análise, os aquários foram sifonados para retirada de fezes.

Tabela 2. Tamanho médio dos péletes das dietas ao longo do período experimental.

Período (semanas)	Tamanho do pélete (mm)
1 – 5	0,1 – 0,2
6 – 10	0,2 – 0,5
11 – 15	0,5 – 0,8

Coloração da pele

Ao final da décima semana do período experimental todos os peixes foram anestesiados em aquários contendo 100 mg de óleo de cravo por litro de água (anestesia

cirúrgica), secos com guardanapo de papel e fotografados digitalmente. Para a captura das imagens no formato RAW utilizou-se câmara fotográfica Panasonic DMC-FZ200.

Como fundo branco da imagem foi usada uma folha de papel A4, apoiada em base de isopor, trocada a cada variedade de peixe fotografada. Todos os animais foram posicionados na mesma orientação. Todas as fotografias foram identificadas com etiquetas brancas mostrando o número do aquário e a variedade do animal. Uma luminária com lâmpada fluorescente foi posicionada a aproximadamente 35 cm do animal, voltada para a região dorsal, formando ângulos de 90 graus com o eixo do corpo do animal e 45 graus com a base de isopor. Para otimizar a iluminação e homogeneizar a distribuição de luz foi utilizado um rebatedor de isopor, posicionado a 15 cm do ventre do animal, formando ângulo de 90 graus com a base de isopor.

Visando obter fidelidade máxima às cores reais dos peixes, as imagens ainda no formato RAW foram tratadas de forma padronizada, seguindo a técnica de balanceamento de cores a partir do cartão cinza 18% (cinza médio) por meio do software Adobe Lightroom 5. Os arquivos foram então exportados para o formato JPEG de alta qualidade para decomposição dos pontos de cor da fotografia no sistema CMYK, uma vez que as cores de interesse, em função dos pigmentos das dietas teste, se concentram na faixa do amarelo e magenta e o formato RAW não pode ser decomposto neste sistema de cores.

No padrão CMYK, as cores são decompostas em percentuais das cores básicas: ciano (C), magenta (M), amarelo (Y), derivadas da combinação duas a duas das cores do sistema RGB (R – vermelho, G – verde e B – azul), e preto (K). O software Adobe Photoshop CS6 forneceu estes índices de coloração em valores percentuais (IC %). Desta forma, os dados foram obtidos como variáveis não paramétricas. Os valores de IC % foram então convertidos em radianos (IC rad). Estas foram utilizadas nas análises

estatísticas. A conversão se deu pela fórmula: $IC\ rad = \arcsen.(IC\% / 100)^{0,5}$ (metodologia adaptada a partir de Rezende et al., 2012).

Em função de existirem diferenças de coloração entre as duas variedades e entre as diferentes partes do corpo dos peixes, os índices de coloração da pele foram mensurados em três áreas do corpo de cada variedade (Fig. 1). Para a escolha de cada área, de cada variedade de acará bandeira foram consideradas as áreas de pigmentação mais intensa. De cada área foram coletados três pontos aleatórios para decomposição da cor.

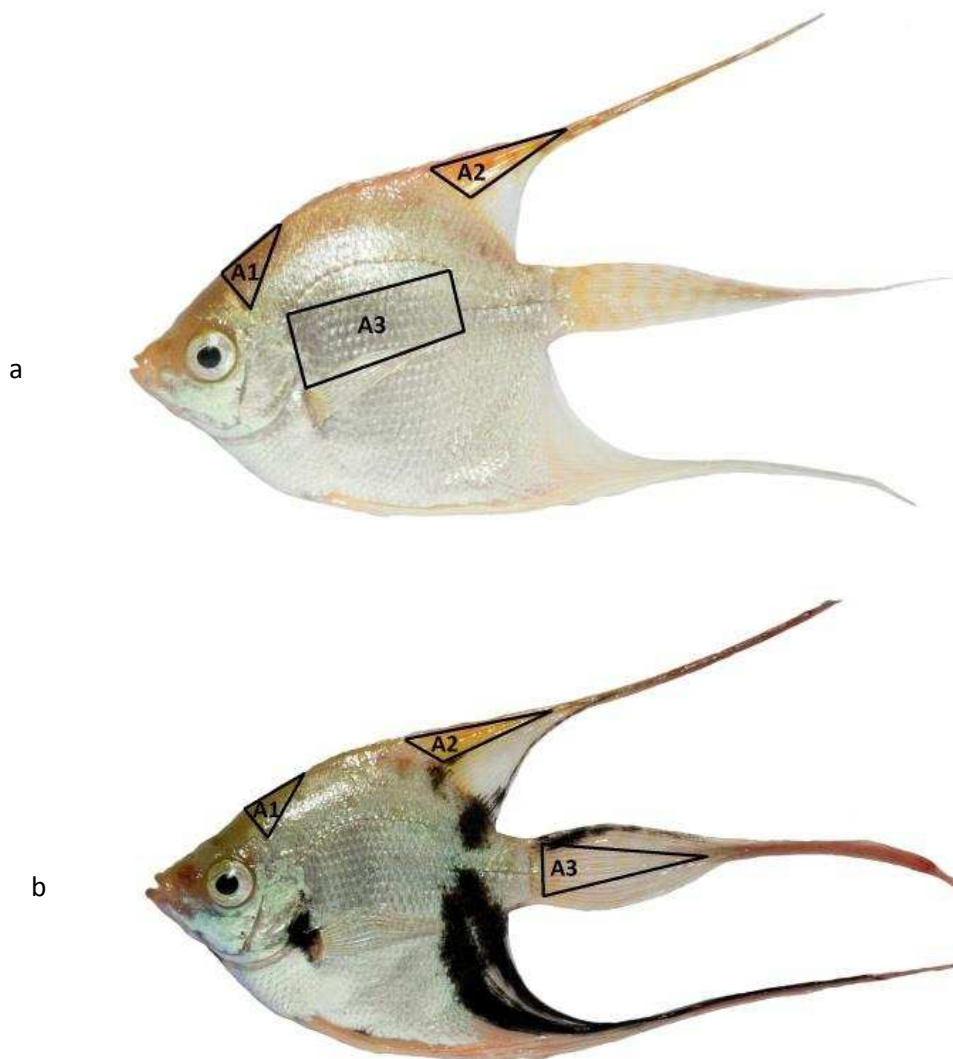


Figura 1. Áreas do corpo analisadas na variedade ouro (a) – A1: dorso, A2: base da nadadeira dorsal e A3: lateral esquerda – e palhaço (b) – A1: dorso, A2: base da nadadeira dorsal e A3: base da nadadeira caudal.

Desempenho produtivo

Após a obtenção da fotografia, cada peixe foi pesado em balança semi-analítica e medido (comprimento padrão) com paquímetro analógico para os seguintes cálculos de desempenho produtivo:

Taxa de sobrevivência (TS) = número final de peixes / número inicial de peixes x 100;

Ganho de peso (GP) = peso final médio – peso inicial médio;

Consumo de ração aparente (CR) = (peso da ração inicial – peso da ração final)/ número de peixes;

Conversão alimentar aparente (CA) = CR / GP;

Taxa de crescimento específico (TCE), utilizando a equação proposta por Ricker (1979), apresentada a seguir:

$$TCE = \frac{\ln PF(g) - \ln PI(g)}{\text{tempo(dias)}} \times 100$$

; em que:

PI = peso médio inicial dos peixes (g);

PF = peso médio final dos peixes (g) e

Fator de condição corporal (K), utilizando a equação apresentada por Vazzoler (1996):

$$K = \frac{PF}{CF^3}$$

, em que:

PF = peso médio final (g);

CF = comprimento padrão médio final (cm);

Os peixes foram então transferidos para aquários preparados para recuperação da anestesia e posteriormente retornados à seus respectivos aquários. A rotina de alimentação experimental foi retomada por mais 5 semanas.

Glicose sanguínea

Ao final do período experimental todos os peixes foram eutanasiados por excesso de anestésico (400 mg óleo de cravo/L de água) por 10 minutos e, com o uso de bisturi, cortados transversalmente na altura do pedúnculo caudal para coleta de sangue por meio de seringas hipodérmicas banhadas com EDTA (0,5M).

O sangue dos primeiros três peixes foi usado na avaliação do teor de glicose, sendo depositado diretamente nas fitas reagentes, posteriormente analisadas em aparelho monitor digital (Accu-Check® Active Roche).

Glicogênio muscular e hepático

De cada aquário foram coletadas amostras de aproximadamente 50 mg de fígado e 50 mg de músculo dos peixes e colocadas em 2 ml de KOH 30%. Estas amostras permaneceram em tubos de ensaio de 10 ml em temperatura ambiente por 24 horas.

As amostras foram então conduzidas ao Laboratório de Ecofisiologia de Quirópteros do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa para análises de seus teores de glicogênio. Inicialmente as amostras foram hidrolisadas em banho maria fervente por uma hora. A cada tubo foram então adicionados 4,5 ml de álcool absoluto, tornando a solução alcoólica a 70%. A solução foi novamente deixada em banho maria e posteriormente centrifugada a 2000 rpm por 10 minutos, o que permitiu a obtenção do glicogênio livre para análise.

Foram retiradas alíquotas de 2 ml de cada amostra, às quais, em tubos de ensaio de 10 ml, foram adicionados 4 ml do reativo antrona, o que permitiu a leitura dos teores de glicogênio em espectrofotômetro a 620 nm de comprimento de onda. Caso a leitura da absorbância de uma determinada amostra estivesse fora do intervalo estabelecido pela curva padrão, uma nova diluição da alíquota foi ajustada, até que todas as leituras espectrofotométricas estivessem dentro do intervalo esperado. A partir da fórmula: % de

Glicogênio = (Absorbância x 1000 x 0,087 x 100 x Diluição) / (1734,5 x Diluição), foram determinados os percentuais de glicogênio das amostras.

Estresse oxidativo muscular e branquial

Para a análise da concentração das enzimas antioxidantes e metabólitos da ação de espécies oxidantes nos peixes, amostras de tecidos de músculos (50 mg) e brânquias (100 mg) foram conduzidas ao Laboratório de Ecofisiologia de Quirópteros do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa, homogeneizados em tampão fosfato (pH 7,0) e a suspensão centrifugada (12000 rpm à 4°C por 10 minutos). A concentração das enzimas catalase (CAT) e superóxido dismutase (SOD) foi avaliada no sobrenadante.

A concentração da CAT foi determinada pela taxa de queda do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (10 mmol L^{-1}) em espectrofotômetro a 240nm por 60s (Aebi et al., 1984). A concentração da SOD foi determinada em leitor de Elisa (abreviação de **Enzyme Linked ImmunonoSorbent Assay**) em 570 nm (modificado de Dieterich et al., 2000) baseado na capacidade desta enzima em catalisar a reação do superóxido O_2^- e o peróxido de hidrogênio e, assim, diminuir a razão de auto oxidação do pirogalol.

A determinação dos metabólitos da ação de espécies oxidantes (indicativo da peroxidação lipídica) se baseou na dosagem do malondialdeído (MDA). A dosagem do MDA foi realizada nas amostras de tecido muscular e branquial, homogeneizadas em tampão fosfato (pH 7,0), o sobrenadante centrifugado (10000 g por 10 min), adicionada solução TBARS (ácido tricloroacético 15% e 0,375% de ácido tiobarbitúrico, e HCL 0,25 N) em banho maria por 15 minutos, resfriados, centrifugados a 2500 rpm e o sobrenadante mensurado em espectrofotômetro a 535 nm (Buege e Aust, 1978). Os cálculos foram feitos utilizando-se o coeficiente de extinção molar $1,56 \times 10^{-5} \text{ M cm}^{-1}$.

Análise Estatística

A avaliação dos efeitos dos pigmentos da dieta e da variedade dos peixes sobre a qualidade da água, coloração da pele, desempenho produtivo, teores de glicose e glicogênio e estresse oxidativo foi realizada por meio de análise de variância a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SAEG. Quando identificado efeito significativo das dietas, foi realizado teste de Dunnett, desta forma comparando o controle positivo com os demais tratamentos, e regressão polinomial, ao nível de 5% de probabilidade para avaliar os efeitos da suplementação de cúrcuma. Quando identificado efeito significativo da variedade, a ANOVA foi considerada conclusiva.

Para escolha do modelo de regressão foi considerado a significância dos coeficientes de regressão, a magnitude dos coeficientes de determinação, calculados em função da soma quadrados da regressão/soma quadrados de tratamentos, bem como o comportamento das variáveis em estudo.

Resultados e Discussão

Qualidade da água e desempenho produtivo

Não foram observados efeitos da suplementação de cúrcuma na dieta nas variáveis de qualidade de água, assim como não foram observados diferenças significativas entre o tratamento controle positivo com cantaxantina e os demais tratamentos (Tabela 3). Entretanto, Nascimento (2013) observou efeito quadrático da suplementação de cúrcuma sobre o pH e oxigênio da água de cultivo de *Trichogaster lalius*, sendo os valores estimados que maximizam essas variáveis iguais a 10,60 e 1,39 g/kg de cúrcuma.

Tabela 3. Valores médios de oxigênio dissolvido (O₂), pH, amônia total (N_{total}) e amônia tóxica (NH₃) da água dos aquários de juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.

Dieta	O₂ (mg/L)	pH	N_{total} (ppm)	NH₃ (ppm)
Controle positivo (cantaxantina 0,5 g/kg)	5,47	6,88	0,19	0,0012
Cúrcuma 0,0 (g/kg)	5,56	6,81	0,25	0,0014
Cúrcuma 0,5 (g/kg)	5,35	6,85	0,16	0,0010
Cúrcuma 17,0 (g/kg)	5,40	6,98	0,25	0,0020
Cúrcuma 33,5 (g/kg)	6,01	6,89	0,13	0,0011
Cúrcuma 50,0 (g/kg)	5,86	6,83	0,17	0,0008
Efeito da dieta	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8,88	1,70	62,84	36,81

Para as variáveis consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) não foi possível isolar o efeito das variedades, uma vez que os peixes das variedades ouro e palhaço foram alojados no mesmo aquário. Para CR não houve diferenças significativas entre o controle positivo e os demais tratamentos, assim como não houve efeito significativo da suplementação de cúrcuma (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) pelos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.

Dieta	CR (g/peixe)	CA¹
Controle positivo (cantaxantina 0,5 g/kg)	2,70	1,32a
Cúrcuma 0,0 (g/kg)	2,65	1,31a
Cúrcuma 0,5 (g/kg)	2,32	1,36a
Cúrcuma 17,0 (g/kg)	2,08	1,57b
Cúrcuma 33,5 (g/kg)	2,31	1,48a
Cúrcuma 50,0 (g/kg)	2,44	1,45a
Efeito da dieta	ns	P < 0,05
CV (%)	12,77	8,44

Médias em cada coluna, seguidas da mesma letra, não diferem do tratamento controle positivo pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

$$^1 y = -0,00025x^2 + 0,01445x + 1,33880; R^2 = 0,79; P = 0,024.$$

Quando comparada a CA do controle positivo com a dos demais tratamentos, observou-se que este difere apenas do tratamento com 17 g/kg de cúrcuma (Tabela 4). Além disso, observou-se efeito quadrático da suplementação de cúrcuma sobre a CA, sendo o valor estimado para maximizar essa variável igual a 28,9 g/kg de cúrcuma na dieta (Fig. 2). A piora na conversão alimentar indica que a suplementação de cúrcuma em concentrações intermediárias (em torno de 17g/kg) causou menor eficiência de utilização dos nutrientes da dieta para o crescimento dos peixes. Esse efeito provavelmente se deve a ação inibitória da bisdesmetoxicurcumina (BDMC) sobre a α -amilase pancreática (Ponnusamy et al., 2012). Os referidos autores observaram que a ação inibitória da bisdesmetoxicurcumina sobre a amilase pancreática suína e humana tem efeito sigmoide, estabilizando a partir da concentração de 0,04mM de BDMC. Entretanto, o efeito inibitório da desmetoxicurcumina (DMC) sobre a amilase pancreática foi linear decrescente, causando portanto um efeito estimulante da atividade dessa enzima, quando em concentrações mais altas.

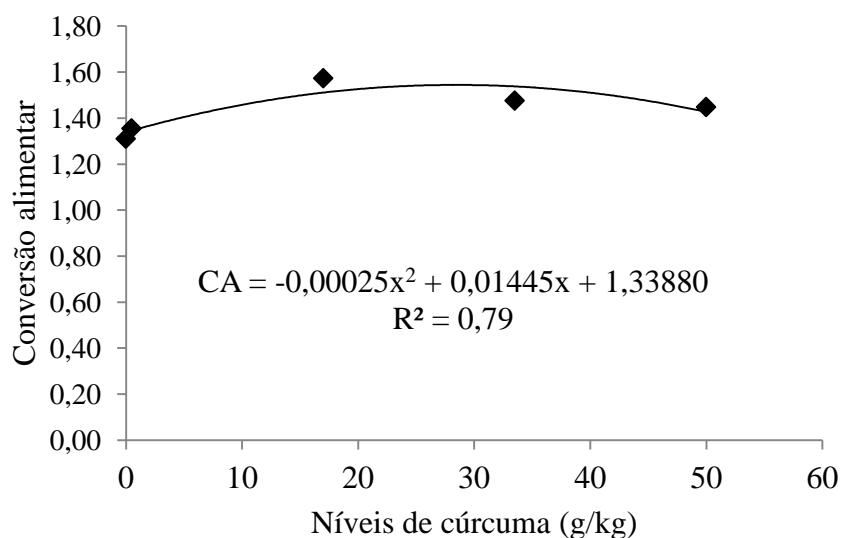


Figura 2. Conversão alimentar dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) variedades ouro e palhaço alimentados com níveis crescentes de cúrcuma (*Curcuma longa*) na dieta.

Assim, a melhora na CA observada no presente estudo, em doses mais altas de cúrcuma, pode ser explicada pelo efeito estimulante da DMC sobre a amilase pancreática dos peixes.

Para as demais variáveis de desempenho produtivo não houve interação significativa entre as dietas e as variedades dos peixes. Para peso final médio (PF), ganho de peso (GP) e taxa de crescimento específico (TCE) observou-se efeito significativo tanto da dieta quanto da variedade. Para o comprimento final (CF) observou-se efeito significativo apenas da dieta e para o fator de condição (K) houve efeito significativo apenas da variedade (Tabela 5). Para os parâmetros em que foram observados efeitos de variedade observou-se os melhores resultados para os peixes da variedade ouro. Segundo Gjedrem (1983), criadores e pesquisadores envolvidos no melhoramento genético de variedades de peixes muitas vezes realizam cruzamentos seletivos com o foco em uma ou poucas características de interesse comercial, podendo selecionar outras características acidentalmente, como consequência de ligações gênicas. Portanto, as diferenças no crescimento entre as duas variedades estudadas podem ser decorrentes do processo de seleção de indivíduos durante o melhoramento genético, através da ocorrência de seleção indireta de genes envolvidos no crescimento ou em comportamentos como voracidade e territorialismo.

Observou-se efeito quadrático da suplementação de cúrcuma sobre o PF, GP, CF e TCE (Fig. 3), sendo os valores estimados que minimizam essas variáveis iguais a 25,18; 26,40; 24,47 e 31,19 g/kg de cúrcuma, respectivamente. Esses resultados indicam que os níveis intermediários de suplementação de cúrcuma pioram o crescimento de juvenis de acará bandeira, entretanto, os níveis mais altos de suplementação de cúrcuma melhoram o crescimento. Como não foi observado efeito da suplementação de cúrcuma sobre o consumo de ração, a ação da cúrcuma sobre essas variáveis de desempenho produtivo deve estar relacionada a fatores como a eficiência de utilização de nutrientes e

Tabela 5. Valores médios de peso final (PF), ganho de peso (GP), comprimento final (CF), taxa de sobrevivência (TS), fator de condição (K) e taxa de crescimento específico (TCE) dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes fontes de pigmentos.

Dieta	PF¹ (g)	GP² (g)	CF³ (cm)	TS (%)	K	TCE⁴ (%/dia)
Efeito da interação Dieta x Variedade	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Controle positivo (cantaxantina 0,5 g/kg)	2,71a	2,07a	3,74a	88,86	5,11	1,85a
Cúrcuma 0,0 (g/kg)	2,68a	2,04a	3,67a	95,11	5,38	1,83a
Cúrcuma 0,5 (g/kg)	2,32a	1,72a	3,49b	88,45	5,40	1,76a
Cúrcuma 17,0 (g/kg)	1,93b	1,33b	3,32b	89,95	5,25	1,50b
Cúrcuma 33,5 (g/kg)	2,19b	1,56b	3,47b	90,95	5,24	1,62a
Cúrcuma 50,0 (g/kg)	2,43a	1,73a	3,56a	89,92	5,34	1,60a
Efeito da dieta	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05	ns	ns	P < 0,05
Variedade						
Ouro	2,54	1,90	3,57	90,97	5,56	1,77
Palhaço	2,22	1,59	3,52	90,11	5,01	1,62
Efeito da variedade	P < 0,05	P < 0,05	ns	ns	P < 0,05	P < 0,05
CV (%)	16,38	22,05	5,67	11,34	8,18	12,83

Médias em cada coluna, seguidas da mesma letra, não diferem do tratamento controle positivo pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

$$^1 y = 0,00076x^2 - 0,03827x + 2,49482; R^2 = 0,70; P = 0,024$$

$$^2 y = 0,00068x^2 - 0,03590x + 1,87453; R^2 = 0,70; P = 0,024$$

$$^3 y = 0,00033x^2 - 0,01615x + 3,57572; R^2 = 0,61; P = 0,062$$

$$^4 y = 0,00026x^2 - 0,01622x + 1,78691; R^2 = 0,75; P = 0,052$$

a motilidade gastrointestinal. Juvenis de *Oxyeleotris marmoratus* alimentados com doses crescentes de cúrcuma na dieta apresentaram diferenças significativas na atividade de lipases e peptidases (Rojtinnakorn et al., 2012), enzimas envolvidas diretamente na utilização de nutrientes. Foi observado por Prakash e Srinivasan (2013) que dieta contendo curcuminoides aumentou a velocidade de passagem intestinal de alimentos em ratos, podendo influenciar a digestibilidade dos nutrientes e, portanto, afetar o crescimento dos animais.

A redução no desempenho produtivo com níveis baixos ou intermediários e a melhora no desempenho com altos níveis de cúrcuma podem ser explicados pelos mesmos prováveis efeitos dos componentes curcuminoides sobre a amilase pancreática discutidos anteriormente. Resultados semelhantes foram observados para outra espécie de peixe ornamental, o *Trichogaster labiosa* (Nascimento, 2013). Mukherjee et al. (2009), avaliando cúrcuma em dietas para guppy (*Poecilia reticulata*) observaram que 0,9g/kg de cúrcuma proporcionou a maior taxa de crescimento específico e a melhor conversão alimentar aparente dos peixes.

Quando comparado o tratamento controle positivo com cantaxantina em relação aos demais tratamentos observou-se que para PF, GP e CF os tratamentos com 17,0 e 33,50 g/kg de cúrcuma foram piores que a cantaxantina, enquanto que para TCE o tratamento com 17,0 g/kg de cúrcuma foi pior que a cantaxantina (Tabela 5). Esses resultados indicam que a cúrcuma, tanto em baixas como em altas concentrações, promove crescimento dos peixes equivalente ao promovido pela cantaxantina.

A ausência de diferença significativa para as variáveis de crescimento entre o controle positivo com cantaxantina e o tratamento sem suplementação de fontes de pigmentos indica que esse tipo de dieta pode ser utilizada na alimentação de juvenis de acará bandeira sem prejuízo no crescimento. Resultados semelhantes em truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) foram observados quando comparadas dietas sem

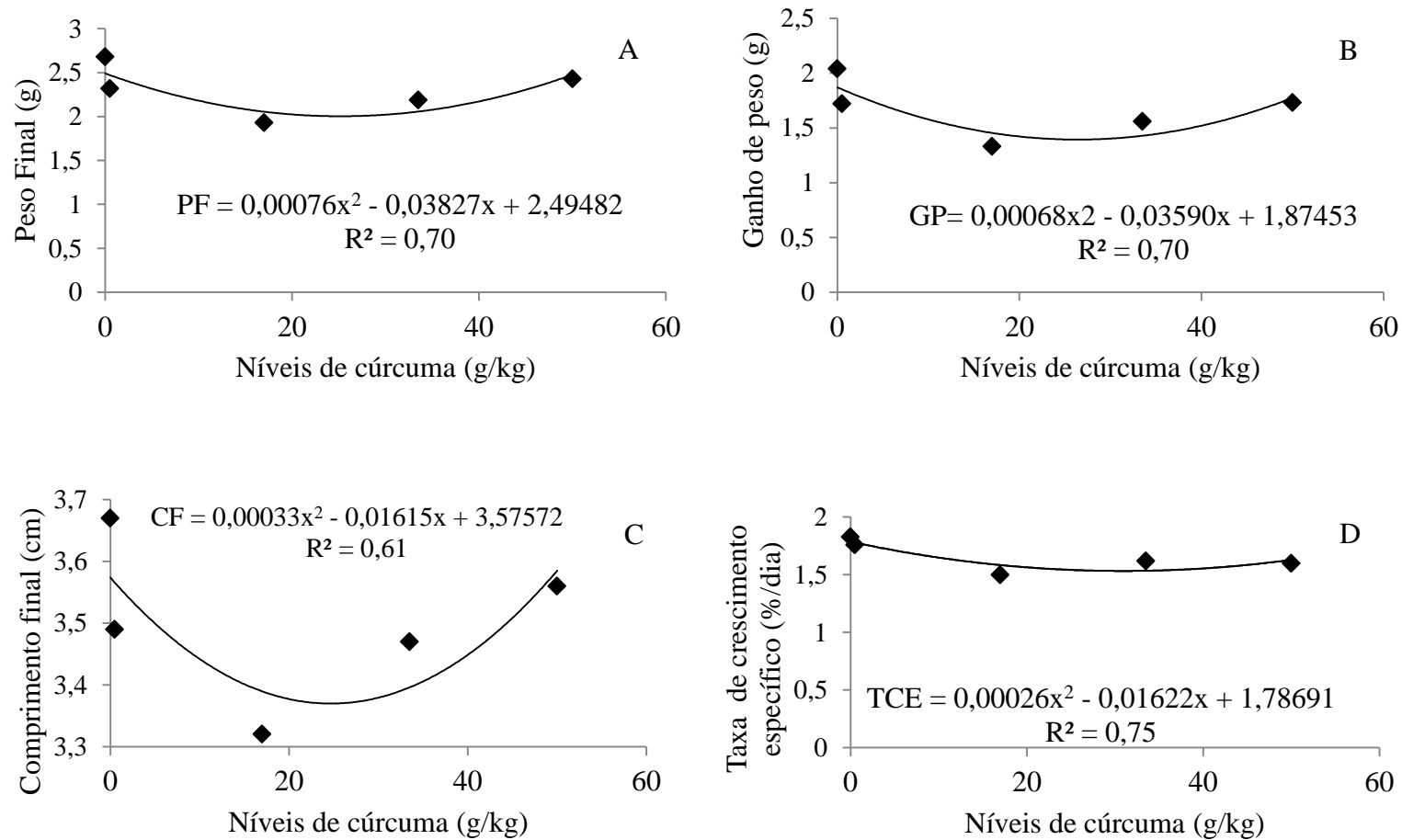


Figura 3. (A) Peso final, (B) ganho de peso, (C) comprimento final e (D) taxa de crescimento específico dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) variedades ouro e palhaço alimentados com níveis crescentes de cúrcuma (*Curcuma longa*) na dieta.

suplementação com carotenoides com dietas contendo diferentes carotenoides sintéticos, como a cantaxantina (Amar et al., 2001). Para *Trichogaster lalius* não foi observada diferença significativa entre os valores de PF obtidos com dietas sem suplementação de pigmentos e suplementadas com carotenoides sintéticos ou naturais (Baron et al. 2008). Resultados semelhantes a estes também foram relatados por Gouveia et al. (2003) para *Cyprinus carpio* e *Carassius auratus*, que não apresentaram efeitos significativos para GP e TCE quando comparadas dietas sem suplementação de pigmentos com dietas com suplementação de pigmentos naturais e artificiais.

Coloração da pele

Para o índice de coloração K da área 2 houve efeito significativo para o teste F, mas não foi observado efeito significativo para o teste de Dunnett e para regressão polinomial (Tabela 6). Para os índices de coloração da pele das áreas 1 e 2 dos peixes não houve interação significativa entre o efeito das dietas e das variedades dos peixes (Tabela 6). Para os índices de coloração M1, K1, M2 e Y2 observou-se efeito quadrático da suplementação de cúrcuma, com valores estimados que minimizam a intensidade dessas cores iguais a 28,80; 25,81; 24,15 e 21,77 g/kg de cúrcuma, respectivamente (Fig. 4 - A, B, D e E). Nessas áreas, a baixa pigmentação da pele causada pelas baixas concentrações de cúrcuma na dieta devem estar relacionadas com o rápido metabolismo da curcumina (Ireson et al., 2001). A melhora na pigmentação da pele com a suplementação de concentrações mais altas de cúrcuma indica que, mesmo a curcumina sendo metabolizada rapidamente, sua maior concentração permitiu sua deposição na pele. Para o índice de coloração C2 houve efeito linear crescente da suplementação de cúrcuma (Fig. 4 - C). O aumento na coloração ciano com a suplementação de cúrcuma na dieta também foi observado para *Trichogaster labiosa* (Nascimento, 2013).

Tabela 6. Valores médios, em radianos, de ciano, magenta, amarelo e preto na área 1 (C1, M1, Y1 e K1) e na área 2 (C2, M2, Y2 e K2) do corpo dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.

Dieta	C1	M1¹	Y1	K1²	C2³	M2⁴	Y2⁵	K2
Efeito da interação Dieta x Variedade	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Controle positivo (cantaxantina 0,5 g/kg)	0,67	0,73a	1,13	0,38a	0,39a	0,56a	1,08a	0,03
Cúrcuma 0,0 (g/kg)	0,68	0,67b	1,12	0,31b	0,40a	0,56a	1,01a	0,03
Cúrcuma 0,5 (g/kg)	0,67	0,65b	1,14	0,30b	0,39a	0,51a	0,94b	0,02
Cúrcuma 17,0 (g/kg)	0,66	0,62b	1,15	0,27b	0,40a	0,47b	0,90b	0,02
Cúrcuma 33,5 (g/kg)	0,66	0,63b	1,12	0,25b	0,41a	0,50b	0,94b	0,03
Cúrcuma 50,0 (g/kg)	0,68	0,65b	1,15	0,30b	0,42b	0,54a	1,01a	0,04
Efeito da dieta	ns	P < 0,05	ns	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05
Variedade	C1	M1	Y1	K1	C2	M2	Y2	K2
Ouro	0,668	0,66	1,14	0,31	0,40	0,53	0,98	0,02
Palhaço	0,669	0,66	1,12	0,28	0,41	0,52	0,98	0,03
Efeito da variedade	P < 0,05	ns	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05	ns	ns	ns
CV (%)	3,15	4,70	5,18	14,92	5,04	9,07	9,47	59,21

Médias em cada coluna, seguidas da mesma letra, não diferem do tratamento controle positivo pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

$$^1 y = 0,00005x^2 - 0,00288x + 0,66249; R^2 = 0,83; P = 0,008$$

$$^2 y = 0,00008x^2 - 0,00413x + 0,31085; R^2 = 0,92; P = 0,028$$

$$^3 y = 0,00054x + 0,39531; R^2 = 0,88; P = 0,024$$

$$^4 y = 0,00010x^2 - 0,00483x + 0,53565; R^2 = 0,70; P = 0,006$$

$$^5 y = 0,00015x^2 - 0,00653x + 0,97734; R^2 = 0,72; P = 0,030$$

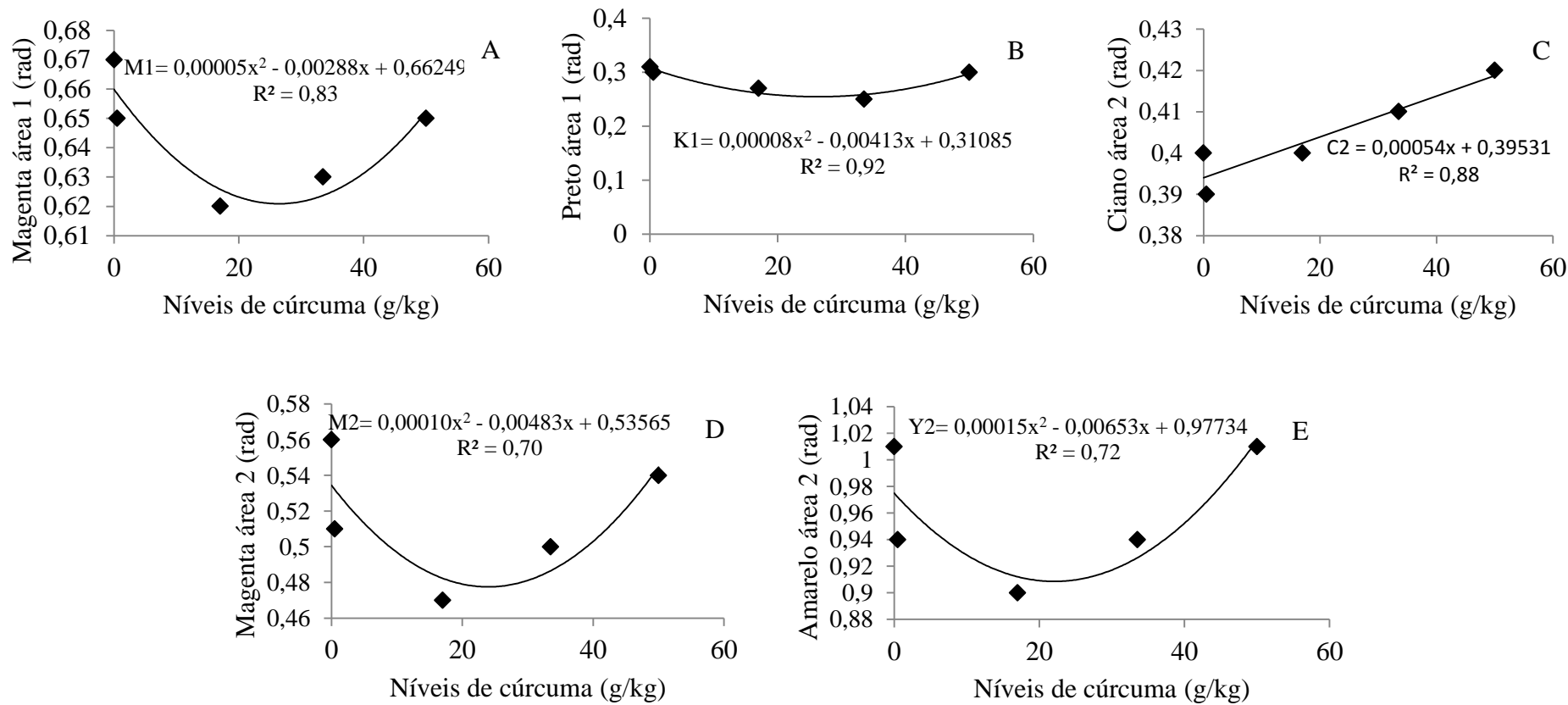


Figura 4. Índices de (A) magenta na área 1, (B) preto na área 1, (C) ciano na área 2, (D) magenta na área 2 e (E) amarelo na área 2 dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) variedades ouro e palhaço alimentados com níveis crescentes de cúrcuma (*Curcuma longa*) na dieta.

Quando comparados os índices de coloração das áreas 1 e 2 dos peixes do tratamento controle positivo com os dos demais tratamentos observou-se que M1 e K1 dos peixes dos demais tratamentos foram menores que do que da cantaxantina. Para o índice de coloração C2, apenas o tratamento com 50,0 g/kg de cúrcuma apresentou maior valor que o controle positivo, e os demais tratamentos foram iguais à cantaxantina. Para o índice de coloração M2, os tratamentos com 17,0 e 33,5 g/kg de cúrcuma apresentaram valores inferiores aos do tratamento com cantaxantina. Para o índice de coloração Y2 os tratamentos com 0,5; 17,0 e 33,5 g/kg de cúrcuma apresentaram valores menores que o tratamento controle positivo (Tabela 6). Assim, na área 1 a cantaxantina foi o pigmento que proporcionou os melhores resultados.

Na área 2, as menores e as maiores concentrações de cúrcuma causam intensidades de pigmentação amarelo e magenta equivalentes à cantaxantina. Apesar da ausência de diferença significativa entre a cantaxantina e a dieta sem suplementação de fontes de pigmentos para os índices Y e M na área 2, os efeitos da cantaxantina na área 1 justificam sua utilização em dietas para juvenis de acará bandeira das variedades ouro e palhaço. Na área 2, os resultados de coloração da pele com a utilização de 50,0 g/kg de cúrcuma iguais ao controle positivo para Y e M e maiores para C indicam que a cúrcuma pode substituir a cantaxantina em dietas para acará bandeira.

Assim, os resultados do presente estudo permitem afirmar que os diferentes pigmentos apresentam diferentes efeitos em diferentes partes do corpo dos peixes. Esse fato provavelmente está relacionado com a presença de diferentes tipos de cromatóforos nas diferentes partes da pele dos peixes. Estas células são responsáveis pela exposição de coloração intrategumentária em vertebrados. Muitas delas apresentam alta motilidade, permitindo mudanças de cor e tom em diferentes regiões da pele. Nos peixes, os melanóforos são responsáveis pelo armazenamento de eumelanina, um pigmento preto – amarronzado. Já os xantóforos possuem pigmentação ocre –

amarelada. Os eritróforos apresentam coloração avermelhada. Recentemente descobertos, os cianóforos armazenam pigmentos azulados. Os leucóforos apresentam coloração esbranquiçada e, por fim, os iridóforos armazenam pigmentos que dão o aspecto de brilho metálico da pele (Fujii, 2000). Além disso, Hawkes (1974) observou que os diferentes tipos de cromatóforos encontrados na pele de salmões apresentam variação em sua distribuição de acordo com a posição em relação à superfície da pele e com a região do corpo. Considerando, portanto, a motilidade e a diversidade de pigmentação e distribuição espacial destas células, o efeito da suplementação de pigmentos pode variar de acordo com a região do corpo dos peixes.

Para o índice de coloração ciano, tanto na área 1 como na área 2, a variedade palhaço apresentou maiores valores. Entretanto a variedade ouro apresentou maiores valores dos índices de coloração Y e K na área 1. Para os demais índices de coloração não houve efeito significativo de variedade (Tabela 6).

Na área 3 dos peixes da variedade ouro houve efeito linear negativo da suplementação de cúrcuma sobre o índice de coloração magenta (Fig. 5). Esta área é, dentre as três analisadas para esta variedade, a que naturalmente concentra menos pigmentos na faixa do magenta e amarelo em função da distribuição dos diferentes cromatóforos, com diversos pigmentos. Assim, as diferenças de distribuição dos distintos cromatóforos pode explicar os diferentes efeitos da suplementação de cúrcuma na coloração magenta (quadrático nas áreas 1 e 2 e linear decrescente na área 3).

Quando comparados os índices de coloração da área 3 dos peixes da variedade ouro do tratamento controle positivo com os dos demais tratamentos observou-se efeito significativo para os índices C, M e K (Tabela 7). Para ciano o tratamento sem suplementação de pigmentos foi igual ao controle positivo e os demais tratamentos inferiores ao controle positivo. Para os índices M e K o tratamento com cantaxantina apresentou valores superiores aos demais tratamentos. Esses resultados indicam a

necessidade de utilização da cantaxantina em dietas para a variedade ouro de acará bandeira. Entretanto, a utilização de cúrcuma não promove cores de intensidades equivalentes à cantaxantina.

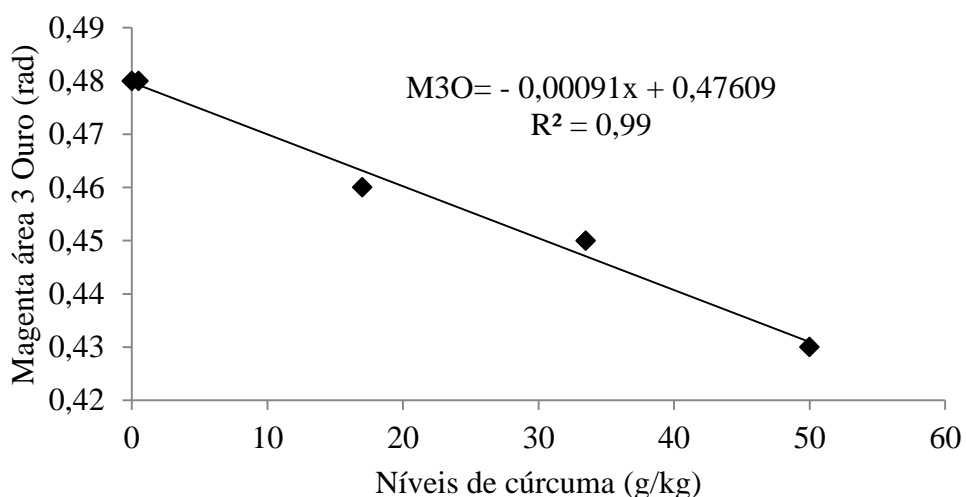


Figura 5. Índices de magenta na área 3 dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) variedade ouro alimentados com níveis crescentes de cúrcuma (*Curcuma longa*) na dieta.

Tabela 7. Valores médios (em radianos) de ciano, magenta, amarelo e preto na área 3 (C3O, M3O, Y3O e K3O) dos juvenis da variedade ouro alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.

Dieta	C3O	M3O ¹	Y3O	K3O
Controle positivo (cantaxantina 0,5 g/kg)	0,61a	0,55a	0,68	0,08a
Cúrcuma 0,0 (g/kg)	0,57a	0,48b	0,64	0,03b
Cúrcuma 0,5 (g/kg)	0,56b	0,48b	0,66	0,03b
Cúrcuma 17,0 (g/kg)	0,55b	0,46b	0,63	0,03b
Cúrcuma 33,5 (g/kg)	0,53b	0,45b	0,62	0,03b
Cúrcuma 50,0 (g/kg)	0,53b	0,43b	0,62	0,02b
Efeito da dieta	P < 0,05	P < 0,05	ns	P < 0,05
CV (%)	4,77	6,17	5,62	61,76

Médias em cada coluna, seguidas da mesma letra, não diferem do tratamento controle positivo pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

¹ $y = -0,00091x + 0,47609$; $R^2 = 0,99$; $P = 0,011$

Na área 3 dos peixes da variedade palhaço não foi observado efeito significativo da suplementação de cúrcuma (Tabela 8). Entretanto, para guppy, Mukherjee et al.

(2009) observaram que níveis crescentes de cúrcuma em dietas intensificaram a concentração de pigmentos na nadadeira caudal, análoga à área 3 da variedade palhaço aqui estudada. Tais resultados contrastantes indicam que o efeito da cúrcuma na pigmentação da pele, além de variar de acordo com a região do corpo, pode variar de acordo com a espécie estudada.

Na área 3 dos peixes da variedade palhaço houve efeito da dieta quando comparado o controle positivo com os demais tratamentos (Tabela 8). Para o índice de coloração magenta (M) foi observado que o controle positivo apresentou valor inferior aos demais tratamentos. Já para o índice de coloração amarelo (Y), o controle causou a mesma intensidade de coloração que o tratamento com suplementação de 17,0 g/kg de cúrcuma, sendo inferior aos demais tratamentos. Para o índice de coloração K, o controle positivo, apesar de ter apresentado valor semelhante aos tratamentos 0,5; 17,0 e 33,5 g/kg de cúrcuma, este foi inferior aos tratamentos 0,0 e 50,0 g/kg de cúrcuma. Este resultado indica que a suplementação de 0,5 g/kg de cantaxantina na dieta de juvenis de acará bandeira variedade palhaço é prejudicial para a pigmentação da nadadeira caudal.

Tabela 8. Valores médios (em radianos) de ciano, magenta, amarelo e preto na área 3 (base da nadadeira caudal) dos juvenis da variedade palhaço alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.

Dieta	C3P	M3P¹	Y3P²	K3P³
Controle positivo (cantaxantina 0,5 g/kg)	0,43	0,36a	0,49a	0,00a
Cúrcuma 0,0 (g/kg)	0,46	0,49b	0,60b	0,03b
Cúrcuma 0,5 (g/kg)	0,45	0,46b	0,58b	0,01a
Cúrcuma 17,0 (g/kg)	0,45	0,42b	0,55a	0,01a
Cúrcuma 33,5 (g/kg)	0,45	0,45b	0,56b	0,01a
Cúrcuma 50,0 (g/kg)	0,47	0,48b	0,58b	0,02b
Efeito da dieta	ns	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05
CV (%)	4,72	8,10	6,91	66,25

Médias em cada coluna, seguidas da mesma letra, não diferem do tratamento controle positivo pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

Glicose e glicogênio

Não houve efeito significativo da suplementação de cúrcuma sobre os níveis de glicose (GI), a porcentagem de glicogênio nos músculos (GM) e a porcentagem de glicogênio no fígado (GF) (Tabela 9). Entretanto, alguns estudos têm demonstrado efeito da cúrcuma sobre o metabolismo de glicose. Ratos diabéticos, alimentados com dietas suplementadas com cúrcuma apresentaram queda significativa da glicemia e aumento significativo da concentração de glicogênio hepático quando comparados com ratos diabéticos sem suplementação de cúrcuma na dieta. No entanto, ratos normais alimentados com dietas contendo cúrcuma não apresentaram diferenças na glicemia e na concentração de glicogênio hepático quando comparados com ratos normais alimentados sem cúrcuma (Seo et al., 2008).

Quando comparado o tratamento controle positivo com os demais tratamentos também não houve diferença significativa para as variáveis de reserva energética (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios de glicose sanguínea (GI) , glicogênio muscular (GM) e glicogênio no fígado (GF) dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.

Dieta	GI	GM	GF
Controle positivo (cantaxantina 0,5 g/kg)	40	0,21	5,42
Cúrcuma 0,0 (g/kg)	34	0,46	8,23
Cúrcuma 0,5 (g/kg)	42,5	0,42	3,74
Cúrcuma 17,0 (g/kg)	35,25	0,22	9,95
Cúrcuma 33,5 (g/kg)	39	0,27	6,92
Cúrcuma 50,0 (g/kg)	33	0,33	4,98
Efeito da dieta	ns	ns	ns
CV (%)	32,74	61,38	47,11

Estresse oxidativo muscular e branquial

Para a enzima catalase (CAT) muscular observou-se efeito linear decrescente da suplementação de cúrcuma (Fig. 6). Para as demais enzimas musculares e branquiais não foram observados efeitos da suplementação de cúrcuma (Tabelas 10 e 11). A ação oxidante de diversos radicais, como o superóxido (O_2^-) resultante das reações de oxirredução da cadeia de transporte de elétrons, é prejudicial para a integridade das membranas e de outras estruturas celulares (Limón-Pacheco e Gonsenbatt, 2009). O excesso de O_2^- e outras espécies reativas de oxigênio (EROS) produz o metabólito malondialdeído (MDA), indicador, portanto, do nível de estresse oxidativo do organismo. A enzima superóxido dismutase atua na transformação de O_2^- em peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que é então convertido em H_2O e O_2 pela ação da enzima catalase (CAT). Desta forma, a função destas enzimas é controlar o nível de EROS em contato com as membranas celulares, por isso são consideradas enzimas antioxidantes (Hermes-Lima, 2004). Desta forma, a redução da concentração de CAT, sem alteração na concentração de malondialdeído evidencia a ação antioxidante da cúrcuma, como observada para outras espécies que receberam *Curcuma longa* ou seus extratos via dieta (Manju et al., 2011; Sevgiler et al., 2011). A ação dos compostos curcuminoides reduzindo EROS (Masuda et al., 1999) pode ter causado a redução da expressão gênica da enzima CAT, como observado para outras substâncias antioxidantes em diversos grupos de vertebrados (Limón-Pacheco e Gonsenbatt, 2009).

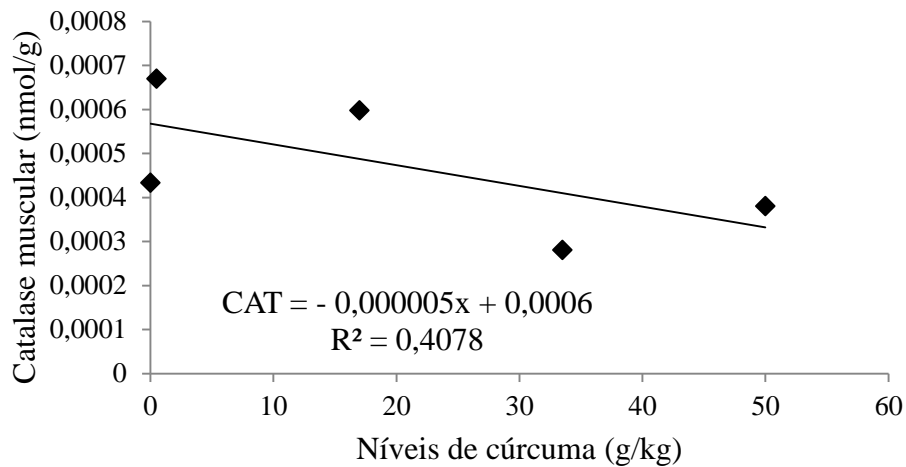


Figura 6. Concentração de catalase muscular dos juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) variedades ouro e palhaço alimentados com níveis crescentes de cúrcuma (*Curcuma longa*) na dieta.

Tabela 10. Valores médios de concentração das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) e do metabólito malondialdeído (MDA) observados nos músculos de juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.

Dieta	SOD (nmol/g)	CAT¹ (nmol/g)	MDA (nmol/g)
Controle positivo (cantaxantina 0,5 g/kg)	0,000389	0,040946	98,53
Cúrcuma 0,0 (g/kg)	0,000434	0,037478	70,59
Cúrcuma 0,5 (g/kg)	0,000670	0,024553	89,54
Cúrcuma 17,0 (g/kg)	0,000598	0,044525	133,82
Cúrcuma 33,5 (g/kg)	0,000281	0,031797	54,90
Cúrcuma 50,0 (g/kg)	0,000380	0,040608	105,39
Efeito da dieta	ns	ns	ns
CV (%)	33,95	14,43	45,70

$$^1 y = -0,000005x + 0,000567; R^2 = 0,408; P = 0,054.$$

Quando comparado o tratamento controle positivo com os demais tratamentos não foram observadas diferenças significativas para nenhuma das enzimas musculares e branquiais analisadas (Tabelas 10 e 11). Como os carotenoides também apresentam efeito antioxidante (Palozza e Krinski, 1992), esperava-se efeito da suplementação de cantaxantina sobre a concentração das enzimas envolvidas no estresse oxidativo, assim como o observado para *Hyphessobrycon eques* por Wang et al., (2006).

Tabela 11. Valores médios de concentração das enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) e do metabólito malondialdeído (MDA) observados nas brânquias de juvenis de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*) alimentados com dietas suplementadas com diferentes pigmentos.

Dieta	SOD (nmol/g)	CAT (nmol/g)	MDA (nmol/g)
Controle positivo (cantaxantina 0,5 g/kg)	0,001187	0,118390	131,86
Cúrcuma 0,0 (g/kg)	0,000969	0,116727	87,741
Cúrcuma 0,5 (g/kg)	0,001313	0,130275	91,66
Cúrcuma 17,0 (g/kg)	0,001440	0,118032	77,45
Cúrcuma 33,5 (g/kg)	0,001196	0,123657	100,00
Cúrcuma 50,0 (g/kg)	0,001168	0,118095	115,68
Efeito da dieta	ns	P = 0,05	ns
CV (%)	46,66	35,76	93,16

Médias em cada coluna, seguidas da mesma letra, não diferem do tratamento controle positivo pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade

Conclusões

A Curcuma longa influencia o crescimento de juvenis de acará bandeira.

A Curcuma longa influencia a pigmentação da pele de acará bandeira, podendo aumentar ou diminuir a intensidade da cor, dependendo de sua concentração na ração, cor avaliada, região do corpo analisada e variedade.

A Curcuma longa atua como antioxidante e, portanto, promove a saúde de juvenis de acará bandeira.

A cantaxantina não atua como promotor de crescimento e da saúde para acará bandeira.

A cantaxantina atua como pigmentante da pele de acará bandeira de forma mais ou menos intensa que as demais dietas, dependendo da cor avaliada, região do corpo analisada e variedade.

Referências

- Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S. and Watanabe, T. (2001) Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defence mechanisms in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, v.32, p.162-173.
- Baron M., Davies S. and Alexander L. (2008) The effect of dietary pigments on the coloration and behavior of flame-red dwarf gourami, *Colisa lalia*. *Animal Behaviour*, v. 75, p.1041- 1051.
- Buege, J.A. Aust, S.D. (1978) Microsomal lipid peroxidation methods. *Enzymol.*, v.52, p.302 - 310.
- Chapman, F.A., Fitz-Coy, S.A., Thunberg, E.M. and Adams, C.M.. (1997) United States of America trade in ornamental fish. *Journal of the World Aquaculture Society*, v.28 p.1-10.
- Chattopadhyay, I., Biswas, K., Bandyopadhyay, U. and Banerjee, R.K. (2004) Turmeric and curcumin: Biological actions and medicinal applications. *Current Science*, v.87, p.44-53.
- De La Mora, I.G., Figueroa A.J.L., Palafox P.J.T., Soca B.I.D.A. and Carter, V.J.E. (2006) Comparison of red chilli (*Capsicum annum*) oleoresin and astaxanthin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet pigmentation. *Aquaculture Research*, v.258, p.487-495.
- Dharmaraj, S. and Dhevendaran, K. (2011) Application of microbial carotenoids as a source of colouration and growth of ornamental fish *Xiphophorus helleri*. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, v.3, p.137-144.
- Dieterich, S., Bieligk, U., Beulich, K., Hasenfuss, G. and Prestle, J. (2000) Gene expression of antioxidative enzymes in the human heart: Increased expression of catalase in the end-stage failing heart. *Circulation*, v.101, p.33-39.
- Fujii, R. (2000) The regulation of motile activity in fish chromatophores. *Pigment Cell Res*, v.13, p.300–319.
- Fujimoto, R.Y., Vendruscolo, L., Schalch, S.H.C. and Moraes, F.R. (2006) Avaliação de três diferentes métodos para o controle de monogênicos e capillaria sp. (nematoda: capillariidae), parasitos de acará-bandeira (*Pterophyllum scalare* Liechtenstein, 1823). *Boletim do Instituto da Pesca*, v.32, n.2, p.183-190.

- Gjedrem, T. (1983) Genetic variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish. *Aquaculture*, v.33, p.51-72.
- Goldstein, R.J. (2001) *Angelfish: a complete pet owner's manual: everything about purchase, care, nutrition, behavior, and aquarium maintenance*. Barron's Educational Series, 95p.
- Gouveia, L., Rema, P., Pereira, O. and Empis, J. (2003) Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. *Aquaculture Nutrition*, v. 9, p.123-129.
- Hauptli L. (2006) Extratos vegetais para porcas e leitões na creche. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- Hawkes, J.C. (1974) The Structure of Fish Skin, II. The Chromatophore Unit*. *Cell Tiss. Res.*, v.149, p.159-172.
- Ikeda, A.K., Zuanon, J.A.S., Salaro, A.L., Freitas, M.B.D., Pontes, M.D., Souza, L.S. and Santos, M.V. (2011) Vegetable oil sources in diets for freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*, Cichlidae): growth and thermal tolerance. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.63, n.3, p.670-677.
- Ireson, C., Orr, S., Jones, D.J.L., Verschoyle, R., Lim, C., Luo, J., Howells, L., Plummer, S., Jukes, R., Williams, M., Steward, W.P. and Gescher, A. (2001) Characterization of metabolites of the chemopreventive agent Curcumin in human and rat hepatocytes and in the rat in vivo, and evaluation of their ability to inhibit phorbol ester-induced prostaglandin E2 production. *Cancer Research*, v.61, p.1058-1064.
- Kop A. and Durmaz Y. (2008) The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum* sp., Heckel, 1840). *Aquaculture International*, v.16, p.117-122.
- Limón-Pacheco, J. and Gonsebatt, M.E. (2009) The role of antioxidants and antioxidant-related enzymes in protective responses to environmentally induced oxidative stress. *Mutation Research*, v.674, p.137-147.
- Luthra P.M., Singh R. and Chandra R. (2001) Therapeutic uses of *Curcuma longa* (turmeric). *Indian Journal of Clinical Biochemist*, v.16, p.153-160.
- Mata A.R., Nelson D.L., Afonso R.J.C.F., Glória M.B.A. and Junqueira R.G. (2004) Identificação de compostos voláteis da cúrcuma empregando microextração por fase sólida e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.24, p.151-157.

Mesa M.D., Ramírez-Tortosa M.C., Aguilera C.M., Ramírez-Boscá A.Y. and Gil A. (2000) Efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de *Curcuma longa* y de los cucuminoides. *Ars Pharmaceutica Journal*, v.41, p.307-321.

Mukherjee A., Mandal B. and Banerjee S. (2009) Turmeric as a carotenoid source on pigmentation and growth of fantail guppy, *Poecilia reticulata*. *Proceeding Zoological Society*, v.62, p.119–123.

Naghetini C.C. (2006) Caracterização físico-química e atividade antifúngica dos óleos essenciais da cúrcuma. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

Nascimento, L.S. (2013) Cúrcuma (*Curcuma longa*) em dietas para juvenis de *Trichogaster labiosa*. Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Pan C.H. and Chien Y.H. (2009) Effects of dietary supplementation of alga *Haematococcus pluvialis* (Flotow), synthetic astaxanthin and β -carotene on survival, growth, and pigment distribution of red devil, *Cichlasoma citrinellum* (Günther). *Aquaculture Research*, v.40, p.871-879.

Pan C.H., Chien Y.H. and Wang Y.J. (2010) The antioxidant capacity response to hypoxia stress during transportation of characins (*Hypessobrycon callistus* Boulenger) fed diets supplemented with carotenoids. *Aquaculture Research*, v.41, p.973-981.

Paolinelli S.T., Reen R. and Santos T.M. (2006) *Curcuma longa* ingestion protects in vitro hepatocyte membrane peroxidation. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v.42, p.429-435.

Pérez, E.; Diaz, F. and Espina, S. (2003) Thermoregulatory behavior and critical thermal limits of angelfish *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein) (Pisces: Cichlidae). *J. Therm. Biol.*, v.28, p.531-537.

Ponnusamy, S., Zinjarde, S., Bhargava, S., Rajamohanam, P.R. and RaviKumar, A. (2012) Discovering Bisdemethoxycurcumin from *Curcuma longa* rhizome as a potent small molecule inhibitor of human pancreatic- α -amylase, a target for type-2 diabetes. *Food Chemistry*, v.135, p. 2638-2642.

Palozza, P. and Krinsky, N.I. (1992) Astaxanthin and canthaxanthin are potent antioxidants in a membrane model. *Archives of biochemistry and biophysics*, v. 297, n. 2, p. 291-295.

Rezende F. P., Vidal Júnior M. V., Andrade D. R., Mendonça P.P. and Santos M. V. B. (2012) 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*, v.2, p.606-613.

Rojtinnakorn J., Rittiylang, S., Tongsir, S. and Chaibu, P. (2012) Turmeric Extract Inducing Growth Biomarker in Sand Goby (*Oxyeleotris marmoratus*). 2nd International Conference on Chemical, Biological and Environment Sciences (ICCEBS'2012), p.41-43.

Seo, K., Choi, M., Jung, U.J., Kim, H., Yeo, J., Jeon, S. and Lee, M. (2008) Effect of curcumin supplementation on blood glucose, plasma insulin, and glucose homeostasis related enzyme activities in diabetic db/db mice. *Mol. Nutr. Food Res.*, v.52, p.995-1004.

Sevgiler, Y., Karaytug, S. and Karayakar, F. (2011) Antioxidative effects of n-acetylcysteine, lipoic acid, taurine, and curcumin in the muscle of *Cyprinus carpio* L. exposed to cadmium. *Arh Hig Rada Toksikol*, v.62, p.1-9.

Wang Y.J., Chien Y.H. and Pan C.H. (2006) Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus*. *Aquaculture*, v.261, p.641-648.

Wickenberg J., Ingemansson S.L. and Hlebowicz J. (2010) Effects of *Curcuma longa* (turmeric) on post prandial plasma glucose and insulin in healthy subjects. *Nutrition Journal*, v.9, p.1-5.