

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL

**Uso de farinha de manga na alimentação do híbrido**  
*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x  
*Vieja synspilum* ♂

**Jéssica Cerqueira dos Santos**

**CRUZ DAS ALMAS-BA  
2019**

**Uso de farinha de manga na alimentação do híbrido *Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂**

**Jéssica Cerqueira dos Santos**

Zootecnista

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciência animal (Nutrição e Alimentação de Não-Ruminantes).

**Orientador:** Prof. Dr. Rodrigo Fortes da Silva

**Coorientador:** Dr. Felipe Guedes de Araújo

**Coorientador (a):** Dra. Edenilce de F. F. Martins

**Cruz das Almas-BA  
2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

B237u Santos, Jéssica Cerqueira dos.  
Uso de farinha de manga na alimentação do híbrido *Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂ / Jéssica Cerqueira dos Santos. – Cruz das Almas, BA, 2019.  
56f.; il.

Orientador: Rodrigo Fortes da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.

1.Peixes – Criação. 2.Peixes – Nutrição animal.  
I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 639.3

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.  
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento das Chagas  
(Bibliotecário - CRB5 / 1615). Os dados para catalogação foram enviados  
pela usuária via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO**

**USO DE FARINHA DE MANGA NA ALIMENTAÇÃO DO HÍBRIDO**  
*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂

Aprovada em: 30 de abril de 2019

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de  
Jéssica Cerqueira dos Santos

---

Prof.º Dr. Jerônimo Ávito Gonçalves, de Brito  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB  
Presidente

---

Prof.º Dr. Fábio de Souza Dias  
Universidade Federal da Bahia - UFBA  
Examinador Externo

---

Dr.ª Ednilce de Fátima Ferreira Martins  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
Examinador Externo

## DEDICATÓRIA

À Bernardo,  
meu filho e amor da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por guiar todos os meus passos e me fortalecer em todos os momentos, mostrando seu amor incondicional o tempo todo.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia juntamente com o programa de pós-graduação em Ciência Animal pela oportunidade na realização do curso de mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo durante a maior parte do curso.

A minha mãe Rosana e ao meu filho Bernardo, por todos os dias me mostrarem o verdadeiro significado da palavra amor, vocês são a minha VIDA!

A minha Tia Patrícia, por me aconselhar e motivar com palavras de incentivo e torcida.

Agradeço ao Professor Rodrigo Fortes pela confiança e orientação da graduação ao mestrado.

A Ednilce, uma figura exemplar de profissional e ética, só tenho a te agradecer pela amizade, confiança e apoio! Sou eternamente grata!

Agradeço de coração a família AQUAUFRB, um grupo que eu me orgulho em ter participado, vocês se tornaram a minha família na minha vida acadêmica, em especial aos meus estagiários Lucas, Thamires e Yasmin.

Agradeço aos meus amigos (Thiago, Charlle, Ângela, Núbia, Jefferson, Jaiala, Laiane e Serginho) mais íntimos pelos momentos de apoio, força, sinceridade e alegrias compartilhada.

Agradeço, em especial, à minha amiga Júlia Fernandes, por todo amor, respeito, carinho, conselhos e união, nos últimos momentos do mestrado percebemos mais ainda o quanto nossa amizade é verdadeira e sólida.

Agradeço aos servidores dos laboratórios que estiveram em minha trajetória, aos funcionários da limpeza e aos técnicos em manutenção por toda ajuda e convivência.

Ao Professor Fábio Dias, por toda gentileza, conhecimento, auxílio, disponibilizando seu tempo na ajuda nas análises.

Aos professores Programa de Pós-graduação em Ciência Animal pelo incentivo e contribuições concedidas na minha formação acadêmica.

Agradeço aos meus colegas do mestrado em ciência animal, especialmente Thaís, Carlinha, Diego, Delcivan e Caline pela divisão de alegrias, angústias e conhecimento.

E por fim, agradeço as pessoas que de forma direta ou indireta colaboraram pela realização desse ciclo.

## USO DE FARINHA DE MANGA NA ALIMENTAÇÃO DO HÍBRIDO *Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂

**RESUMO:** Realizou-se um estudo para determinar o crescimento, composição corporal, alterações hematológicas, deposição de carotenóides e cor da pele de ciclídeos ornamentais (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* x *Vieja synspilum*), alimentados com farinha de trigo substituída por dietas à base de farinha de manga. Quatro dietas experimentais foram calculadas para conter 0, ~20, ~40 e ~60% (G0, G20, G40 e G60) da farinha de manga (*Mangifera indica* L) para substituir a fonte total de carboidratos. Quarenta e oito adultos (*C. labiatus* x *V. synspilum*), pesando  $48,66 \pm 7,9$  g, foram distribuídos em 16 tanques (3 peixes / tanque). Os peixes criados nas dietas G40 e G60 apresentaram peso corporal final pesado ( $P < 0,05$ ). Os peixes alimentados com G40 apresentaram maior ganho de peso diário, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência alimentar e consumo de ração ( $P < 0,05$ ). O índice hepatostomático, viscerossomático, gonadossomático e glicose plasmática, hematócrito e proteína total, não apresentaram diferenças ( $P > 0,05$ ). A proteína corporal foi maior no G40 e no G60 ( $P < 0,05$ ). A maior concentração de carotenóides foi obtida no G40 ( $P < 0,05$ ). G0 apresentou baixo b\* (amarelo) no ponto 2 e G40 alto L\* (luminosidade) no ponto 3 ( $P < 0,05$ ). Os resultados indicaram que a melhor refeição dietética de manga em substituição à farinha de trigo foi de 40%.

**Palavras Chave:** Inovação Aquafeed; Avaliação de Rações; Metabolismo de Glicose; Carotenoides Naturais; Peixes Ornamentais; Ciclídeos Coloridos.

**USE OF MANGO FLOUR IN THE HYBRID FEED *Amphilophus citrinellus* x  
*Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂**

**ABSTRACT:** A study was conducted to determine growth, body composition, hematological parameters changes, carotenoid deposition and skin color of ornamental cichlid (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) reared on wheat flour replaced with mango meal diets. Four experimental diets were calculated to contain 0, ~20, ~40 and ~60% (G0, G20, G40 and G60) of mango meal (*Mangifera indica* L) to substitute the total carbohydrate source. Forty-eight adult (*C. labiatus* x *V. synspilum*), weighing  $48,66 \pm 7.9\text{g}$ , were distributed in 16 tanks (3 fish/ tank). Fish reared on G40 and G60 diets had a heavy final body weight ( $P < 0.05$ ). The fish fed G40 showed higher daily weight gain, specific growth ratio, feed efficiency ratio and feed intake ( $P < 0.05$ ). Hepatosomatic, viscerosomatic, gonadosomatic index, and plasma glucose, haematocrit and total protein, showed no differences ( $P > 0.05$ ). Body protein was higher in G40 and G60 ( $P < 0.05$ ). The highest carotenoid concentration was achieved in G40 ( $P < 0.05$ ). G0 showed low  $b^*$  (yellow) at point 2 and G40 has high  $L^*$  (luminosity) at point 3 ( $P < 0.05$ ). The results indicated that the best dietary mango meal in substitution for wheat flour was 40%.

**Keywords:** Aquafeed Innovation, Feed evaluation, Glucose metabolism, Natural Carotenoids, Ornamental Fish, Colored Cichlid.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Drawing of hybrid ornamental cichlid (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂). The drawing shows the area limited by three sample points, used to measure skin color by the Hunter system: Point 1: dorsoventrally; Point 2: dorsal; Point 3: tail.....37
- Figura 2.** Representative photos of hybrid ornamental cichlid (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) fed mango meal inclusion (D0: a, b, c; D20: d,e,f; D40: g,h,i and D60: j,k,l) after 60 trial days. The drawing shows the area limited by skin color measurements.....44

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Ingredients and proximate compositions of the experimental diets.....	36
<b>Tabela 2.</b> Weight and feed utilization of adult hybrid ( <i>Amphilophus citrinellus</i> x <i>Amphilophus labiatus</i> ♀ x <i>Vieja synspilum</i> ♂) fed dietary mango meal inclusion levels. ....	38
<b>Tabela 3.</b> Whole-body composition of the adult hybrid ( <i>Amphilophus citrinellus</i> x <i>Amphilophus labiatus</i> ♀ x <i>Vieja synspilum</i> ♂) fed different mango meal inclusion levels.....	40
<b>Tabela 4.</b> Hematological parameters of the adult hybrid ( <i>Amphilophus citrinellus</i> x <i>Amphilophus labiatus</i> ♀ x <i>Vieja synspilum</i> ♂) fed mango meal inclusion dietary levels.....	41
<b>Tabela 5.</b> Color intensity at three body points and the values of the total carotenoids of the adult hybrid ( <i>Amphilophus citrinellus</i> x <i>Amphilophus labiatus</i> ♀ x <i>Vieja synspilum</i> ♂) fed different mango flour meal inclusion levels. ....	41

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO GERAL	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Piscicultura Ornamental	3
2.1.1. <i>Amphilophus citrinellus</i> x <i>Amphilophus labiatus</i> ♀ x <i>Vieja synspilum</i> ♂	3
2.2. Manga	5
2.3. Carboidratos	7
2.4. Carotenoides	8
2.5. Flavonoides	10
CAPÍTULO 1 – Artigo 1	19
3.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
4.CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

## 1.INTRODUÇÃO GERAL

A coloração no setor ornamental tem grande importância atrativa para o mercado, pois valoriza as espécies em função da beleza e raridade, sendo assim é um dos maiores desafios na produção de peixes ornamentais é manter a cor natural exata dos peixes no ambiente cativo. Variedades de pigmentos de carotenóides são usadas na dieta de peixes para melhorar a cor. A cor é a primeira característica percebida e é um critério de seleção determinante, diretamente relacionado à aceitação ou rejeição de peixes ornamentais (SHAHIDI et al., 1998; BARON et al., 2008), pois adicionam maior preço no mercado comercial.

Como os peixes não podem sintetizar os seus próprios pigmentos de coloração, precisam ser incorporados na dieta corantes que são sintetizados por algumas plantas, algas e microrganismos (JOHNSON e An, 1991). Variedades de corantes são usadas na aquicultura como um importante critério para os peixes, uma vez que sua cor afeta a aceitabilidade comercial.

Os carotenoides são pigmentos naturais solúveis em gordura, amplamente difundidos, com diversas estruturas e responsáveis pela cor dos alimentos. Há evidências crescentes de que os carotenoides são suplementos benéficos para várias espécies de aquicultura, com efeitos que vão desde o aumento do crescimento (STOREBAKKEN e GOSWAMI, 1996), à melhoria do desempenho de reprodutores (VERAKUNPIRIYA et al., 1997) e ao aumento da resistência a doenças (TACHIBANA et al., 1997).

A manga é uma importante fruta no setor econômico nacional, ocupando o ranking em terceiro lugar nas frutas mais exportadas, apresentando atributos atrativos como cor, aroma e sabor para o mercado consumidor, além de ser uma fruta rica em nutrientes, antioxidantes e compostos fenólicos, desempenham um importante papel na absorção e na neutralização de radicais livres, promovendo benefícios na saúde dos peixes.

A farinha de manga é rica em carotenoides que pode ser capaz de influenciar a intensidade da pigmentação da pele dos peixes, pois como os

animais não são capazes de sintetizar esses pigmentos, os mesmos precisam ser obtidos da dieta.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos de dietas com farinha de manga no híbrido de peixe ornamental (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) sobre a performance zootécnica, coloração, carotenoides totais e flavonoides totais .

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Piscicultura Ornamental

A piscicultura ornamental de animais engloba uma ampla diversidade de organismos de água doce e/ou marinhos, em um suprimento contínuo de animais aquáticos saudáveis e vibrantes (TLUSTY *et al.*, 2002) com valor estimado entre 15 e 6 bilhões de dólares (RANI *et al.*, 2013).

A piscicultura ornamental é uma atividade que vem se destacando no cenário aquícola, devido ao sucesso no mercado através da exportação de espécies que muitas vezes atingem altos valores individuais. O comércio aquícola ornamental, no entanto, é dominado por peixes de águas doce, pois a tecnologia para o cultivo está disponível para várias espécies destas do que as espécies marinhas (ANDREWS, 1990).

A maioria das espécies ornamentais mantidas como animais de estimação são peixes tropicais, com exceção do goldfish e a carpa Koi, que são peixes subtropicais (SNEDDON e WOLFENDE, 2018). A grande parte dos peixes de aquário estão na Bacia Amazônica, Colômbia e Peru, sendo que o Brasil ocupou a 18ª posição mundial na exportação de peixes ornamentais, existindo cerca de 18 milhões de peixes ornamentais produzidos no país (ABINPET, 2018).

Entre os vários atributos físicos (forma, tamanho, cor da pele, forma da barbatana entre outros), a cor da pele é um dos mais importantes critérios de qualidade que influenciam largamente o valor de mercado da piscicultura ornamental (LI *et al.*, 2018), sendo assim os peixes ornamentais são caracterizados pela sua diversidade de cores e padrões na coloração, havendo então uma exigência do mercado pela intensificação da coloração e atividade comportamental dos peixes

#### 2.1.1. *Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂

Os ciclídeos são peixes pertencente à família Cichlidae, possuindo uma diversidade de espécies, apresentando características morfológicas distintas (SAMPAIO e GOULART, 2011) distribuídas em rios e lagos dos continentes Europeu, Asiático, Americano (Norte, Centro e Sul) e Africano.

*Amphilophus* é o gênero de peixes perciformes ciclídeos. Entre eles estão os peixes midas que apresentam cor corporal amarelo ouro presente em ambos os sexos e encontrados nos dois grandes lagos (lagos Manágua e Nicarágua) e alguns lagos de crateras da Nicarágua (ELMER *et al.*, 2009).

*Amphilophus citrinellus* é caracterizado pelo seu polimorfismo da cor amarela, encontrado nos grandes lagos da Nicarágua (KLINGEBERG *et al.*, 2003), portanto, provavelmente é o ancestral de todas as populações das crateras no complexo de lagos (RECKNAGEL *et al.*, 2013) é um dos peixes menos exigentes em questão de alimentação.

A espécie *Amphilophus labiatus*, conhecida popularmente pelo nome Red Devil, é um peixe ciclídeo neotropical nativo dos grandes lagos da Nicarágua (SOWERSBY *et al.*, 2015) com um polimorfismo de cor estável. É um peixe territorialista, podendo-se tornar agressivo com outros peixes do mesmo porte, possuindo um padrão de cor vermelha e/ou alaranjada (LOISELLE, 1980), sendo esses seletivamente criados para o comércio ornamental, resultando, porém, em várias formas de cores diferentes para esta espécie, incluindo a coloração branca, cinza e amarela. Os peixes “Red Devil”, geralmente começam a mudar de cor com cerca de três a 12 meses de idade, isto é, iniciando a transição antes de atingirem a maturidade sexual (SOWERSBY *et al.*, 2015).

As duas espécies se diferem pela morfologia, (ELMER *et al.*, 2009), *A. labiatus* possui lábios caracteristicamente grandes e o *A. citrinellus* possui cabeça maior, aparência mais espessa e lábios simples. A cor do corpo frequentemente se correlaciona com características comportamentais e fisiológicas, como estratégia reprodutiva, agressividade, função imunológica e resposta ao estresse (TORRES-DOWDALL *et al.*, 2014).

A espécie *Vieja synspilum* (Günther, 1862), é conhecida como peixe da cabeça vermelha, é uma das espécies de ciclídeos mais colorida, suas cores variam entre o laranja, vermelho, azul e rosa. São endêmicos da América Central, Rio Usumacinta no México e Guatemala (KULLANDER, 2003).

## 2.2. Manga

A manga (*Mangifera indica* L.) pertence à família Anacardaceae e ao gênero *Mangifera*, é originada do Sudeste Asiático seu cultivo em escala comercial é feito atualmente em 87 países, localizados em toda a região tropical abrangendo Brasil, México, África do Médio Oriente, Paquistão, Índia, Indonésia e Filipinas, e países como Austrália, Egito, Estados Unidos (Florida, Havaí) e Ilhas das Índias Ocidentais (CHAUHAN *et al.*, 2010).

Trata-se de uma fruta de grande importância para o Brasil, que se destaca como um dos principais produtores por cultivo intensivo de manga. Entre as principais variedades produzidas estão a Haden, Tommy Atkins e Keitt (FRANCO *et al.*, 2004). Estima-se que a produção nacional é de cerca de 1.087.091 t/ano (IBGE, 2017), concentra-se em especial no Nordeste, principalmente no estado da Bahia com cerca 438.603 t/ano da produção (IBGE, 2017).

A manga contém altos níveis de compostos bioativos como polifenóis, vitamina C, carotenoides, antocianina e flavonóides (ZAFAR e SIDHU, 2017). É uma das frutas mais populares do mundo, conhecida popularmente como "o rei dos frutos", devido à sua cor atrativa, delicado sabor e por suas excelentes propriedades nutricionais (SINGH *et al.*, 2013). Os cinco maiores países exportadores são o México, Índia, Tailândia, Brasil e Paquistão, que respondem por 66% das exportações mundiais (FAO, 2015).

A manga é bastante delicada, altamente perecível, sofrendo assim um desperdício significativo pós-colheita durante a sua alta temporada principalmente, como resultado de um manuseio inadequado (AZIZ *et al.*, 2012).

A farinha de manga já vem sendo utilizada na dieta de animais como frangos e peixes (VIEIRA *et al.*, 2008; LIMA, 2010).

Ao utilizar níveis de farelo de manga (0%, 33%, 66% e 100%) na alimentação de ovinos Santa Inês, Santos *et al.*, (2013) concluiu que este farelo pode substituir o milho sem comprometer o consumo e ganho de peso.

Segundo Costa *et al.*, (2009) as cascas e o bagaço desidratado da manga apresentam em sua composição bromatológica média de 84,64% de matéria



seca, 3,19% de proteína bruta, 0,89% de extrato etéreo, 12,88% de fibra bruta e 3.455 Kcal/kg de energia bruta.

A utilização da manga pode ser considerada um bom potencial como fonte alternativa energética na dieta para espécies de peixes de acordo com os trabalhos já realizados.

O uso da manga na alimentação de peixes ainda é muito pouco explorado, mas alguns estudos apontam favoravelmente para seu emprego. Melo *et al.* (2012) substituíram o farelo de milho pela farinha de manga nas dietas da tilápia com diferentes concentrações de farinha de manga 0, 33, 66, e 100%, e obtiveram resultados satisfatórios no desempenho não havendo diferenças significativas nas variáveis em comparação ao milho, podendo este ser substituído a 100% sem comprometer o desempenho, porém em outros trabalhos estudados, Souza *et al.*, (2013) concluiu que a farinha de manga pode ser utilizada até a concentração de 33 % em em rações para a tilápia do Nilo sem prejudicar o desempenho zootécnico e a composição química da carcaça, sendo que a inclusão de 100% teve o menor desempenho do que os demais tratamentos.

A inclusão de níveis de farinha de manga sem casca nas rações tanto para tilápia (LIMA *et al.*, 2011) quanto para tambaqui (SEABRA *et al.*, 2009) não houveram diferenças estatística nos tratamentos para ganho de peso e conversão alimentar nos peixes.

Santos *et al.*, (2012) concluiu que a inclusão de 100 % de farinha de manga interfere na diminui a deposição de proteína bruta e reduz a deposição de lipídios na composição corporal em alevinos de tilápias do Nilo, sendo que o 33 % de inclusão de farinha de manga pode ser adicionado sem comprometer o desempenho e as característica química da composição corporal das carcaças.

O acúmulo de pigmentos na manga depende do cultivar, mas, em geral, a manga tem um alto conteúdo de carotenoides no mesocarpo, responsável pela cor amarela intensa (KABIR *et al.*, 2017). Vários carotenoides foram identificados em diferentes cultivares da manga, mas apenas alguns deles ocorrem em concentrações significativas (ORNELAS-PAZ *et al.*, 2007). Durante o amadurecimento dos frutos, os carotenoides acumulam-se de forma exponencial nas mangas, sendo o betacaroteno o principal carotenoide presente na composição da fruta (KABIR *et al.*, 2017).

### 2.3. Carboidratos

Os animais necessitam de energia para executar suas atividades bioquímicas, fisiológicas que são indispensáveis para a sua sobrevivência, crescimento e reprodução (MEYER *et al.*, 2004), sendo que a quantidade de energia necessária para a suas atividades varia com o comportamento e fisiologia das espécies.

Os carboidratos  $(CH_2O)_n$  são oriundos quase exclusivamente de alimentos de origem vegetal, onde são sintetizados a partir de dióxido de carbono e água usando energia aproveitada da luz solar (LUNN e BUTTRISS, 2007). São nutrientes importantes na nutrição animal e humano por ser uma ótima fonte energética, que na pecuária se torna uma fonte energética de baixo custo, entretanto não devem ser incluídos na dieta em níveis acima daqueles metabolizados de forma eficiente por peixes (KALAMAN *et al.*, 2017).

Não existe uma exigência dietética de carboidratos, no entanto, certas espécies de peixes apresentam crescimento reduzido quando alimentados com dietas sem carboidratos (WU *et al.*, 2016). Entre as diferentes formas que o carboidrato se encontra em fontes vegetais, apenas os açúcares e os amidos têm valor nutritivo na nutrição de peixes (KAUSHIK, 2001), pois são facilmente digeridos pelos animais e têm elevado valor energético.

O milho é a principal fonte energética que constitui as rações para peixes onívoros e herbívoros, entretanto sua contribuição como fonte energética é relativamente menor para espécies carnívoras (RIBEIRO *et al.*, 2012).

A utilização de carboidratos na dieta também parece estar relacionada à complexidade do carboidrato, certas espécies demonstraram utilizar açúcares simples melhor do que carboidratos complexos, enquanto outras espécies não utilizam açúcares simples como fonte de energia (WILSON, 1994).

Ao se utilizar fontes alternativas de carboidrato deve-se estudar de forma bastante criteriosa o nível de inclusão, principalmente para ingredientes ricos em NSP, além disso, deve-se atentar para relação proteína-energia da dieta pois essa relação influencia na utilização dos aminoácidos absorvidos para síntese de tecido muscular e também na taxa de excreção de nitrogênio na forma de

amônia (WANG *et al.*, 2005). A utilização adequada de carboidratos na dieta traz benefícios à piscicultura, atuando como fator de redução no custo da dieta.

#### **2.4. Carotenoides**

Os carotenoides, também chamados de tetraterpenoides, são pigmentos orgânicos produzidos por plantas e algas, bem como várias bactérias e fungos. Os carotenoides formam umas das classes mais importantes de pigmentos vegetais e desempenham um papel crucial na definição dos parâmetros de qualidade das frutas e vegetais (VAN DER BERG *et al.*, 2000) porque eles são responsáveis pelas colorações dos alimentos e também fazem importantes contribuições para o sabor e qualidade nutricional (YAHIA e ORNELAS-PAZ, 2010).

Existem mais de 600 carotenoides conhecidos; eles são divididos em duas classes, xantofilas (que contêm oxigênio) e carotenos (que são puramente hidrocarbonetos e não contêm oxigênio). Todos são derivados de tetraterpenos, o que significa que eles são produzidos a partir de 8 moléculas de isopreno e contêm 40 átomos de carbono. Em geral, os carotenoides absorvem comprimentos de onda variando de 400-550 nanômetros (violeta a luz verde). Isso faz com que os compostos sejam profundamente coloridos, amarelo, laranja ou vermelho (SAJILATA *et al.*, 2008). As frutas são importantes fontes de carotenoides, que são responsáveis pela tonalidade de sua polpa e casca (VARAKUMAR *et al.*, 2011). Os carotenoides presentes nas frutas variam bastante de espécie para espécie e também conforme o estado de maturação podendo ocorrer síntese e transformação inclusive após a colheita (YAHIA e ORNELAS-PAZ, 2010).

Atualmente, os carotenoides utilizados industrialmente como aditivos nas dietas animais são sintetizados quimicamente, mas uma pequena porção é obtida da extração de plantas ou algas (MEZZOMO e FERREIRA, 2016).

São responsáveis pela grande variedade de cores em peixes que é um pré-requisito essencial para a qualidade e valor comercial (GUPTA *et al.*, 2006). Os carotenoides em peixes, além de possibilitar a coloração, têm a função de ser precursor de vitamina A e potente fonte antioxidante (SEFC *et al.*, 2014). A

tilápia, assim como as demais espécies de peixes, não podem sintetizar seus próprios pigmentos colorantes, os pigmentos que são sintetizados por algumas plantas e algas precisam ser incorporados na dieta (GUPTA *et al.*, 2006; THODESEN *et al.*, 2013).

A Luteína (amarelo esverdeado), Betacaroteno (laranja), zeaxantina (amarelo-laranja), cantaxantina (vermelho-laranja), astaxantina e eichinenona (vermelha) são os principais carotenoides com suas respectivas cores que ocorrem geralmente em peixes (AROUS *et al.*, 2014).

Existe uma grande variação entre as diferentes espécies de peixes quanto à capacidade de metabolizar e utilizar os carotenoides da dieta. Algumas espécies são capazes de utilizar de forma eficiente os carotenos, outras necessitam que seja fornecida a xantofila para deposição na pele (SEFC *et al.*, 2014).

De forma geral, considera-se que o principal pigmento presente nos cromatóforos dos peixes seja a astaxantina (LIM *et al.*, 2017), essa constatação levou a indústria aquícola a incluir nas rações astaxantina sintética, no entanto esse aditivo é extremamente caro e o uso de fontes alternativas tem sido encorajado. Existem relatos que apontam para a capacidade da tilápia em utilizar o betacaroteno como pigmento em sua pele (BEHRENDTS *et al.*, 1984; PALAFOX *et al.*, 2004). Essa capacidade permitiria, em tese, que se empreguem de forma eficiente fontes mais baratas de pigmentantes em sua ração.

O interesse nos carotenoides que existem nos alimentos aumenta a cada ano, principalmente devido à pigmentação que é de suma importância para os peixes, já que sua cor afeta a aceitabilidade comercial (GUPTA *et al.*, 2007).

A acumulação de carotenoides nos peixes ocorre principalmente nos seus tegumentos e gônadas, com poucas exceções dos salmonídeos onde a astaxantina se acumula no músculo (GARCÍA-CHAVARRÍA E LARA-FLORES, 2013). Os peixes absorvem carotenoides da dieta através da mucosa intestinal (FURR e CLARK, 1997), transportando através do sangue (soro), oxidando metabolicamente para outras formas (KATAYAMA *et al.*, 1973) e depositando em células especializadas da pele chamadas cromatóforos (CHATZIFOTIS *et al.*, 2005). Geralmente diferentes espécies possuem vias distintas para o metabolismo de carotenoides, portanto, não há transformação universal de carotenóides e nos tecidos de peixes e, como resultado, a eficácia da fonte de

carotenóides em termos de deposição e função fisiológica é específica para cada espécie (CHATZIFOTIS *et al.*, 2005). Meyers e Chen (1982) classificam os animais aquáticos em três categorias por sua capacidade de converter carotenos em astaxantina. Tipo I: tipo salmonídeos, que não pode oxidar  $\beta$ -ionona dos carotenos e só pode usar as xantofilas oxidadas. Tipo II: tipo carpa, que pode usar e converter zeaxantina em astaxantina e armazenar astaxantina. Tipo III: tipo de crustáceo, que pode converter caroteno, zeaxantina, cantaxantina e echinenona em astaxantina.

O betacaroteno é um carotenoide hidrofóbico encontrado na natureza não sendo facilmente solubilizado no ambiente aquoso do trato gastrointestinal, portanto, os carotenoides estão associados aos lipídios para realizar o transporte no organismo (CASTENMILLER e WEST, 1998). A absorção de carotenoides no peixe é um processo muito mais lento em comparação com outros nutrientes, aproximadamente 18 a 30 horas são necessárias para a absorção de aproximadamente 35% de astaxantina em Salmonídeos através do intestino proximal.

## 2.5. Flavonoides

Flavonoides são compostos polifenólicos compostos por 15 carbonos ligados a 2 anéis aromáticos (JAGANATH e CROZIE, 2010), compreendem um dos maiores grupos de metabólitos secundários das plantas, sendo que está em quase todas as partes destas e é relatada como pigmento vegetal mais abundante junto com a clorofila e carotenoides (KOES *et al.*, 1994; RUIZ-CRUZ *et al.*, 2017).

Seu nome é derivado de "flavus" (grego, que significa "amarelo"), indicando que muitos dos seus representantes são pigmentos de plantas amarelas (SOUZA *et al.*, 2011), a maioria dos flavonoides pigmentados na coloração amarela na natureza coocorrem com carotenoides, servindo como atrativos de polinização ou pigmentos de proteção UV (GIUSTI e WALLACE, 2009).

As flavonas, flavonóis, flavanóis, flavanonas, isoflavonas e antocianinas são representantes de subgrupos dos flavonoides que variam estruturalmente pelo seu padrão de oxigenação, metilação, prenilação e glicosilação (PETERSON *et al.*, 1998; MIRANDA *et al.*, 2012). Os flavonoides são utilizados na indústria de alimentos e melhorarias na saúde em humanos, devido ao seu potencial para diminuir o risco de várias doenças (RUIZ-CRUZ *et al.*, 2017).

Os flavonoides desempenham em plantas papéis na alelopatia, atração de polinizadores, proteção contra danos causados pela luz solar, proteção contra herbívoros e microorganismos e no crescimento e desenvolvimento das plantas (SCHWINN e DAVIES, 2004). A formação dos flavonoides nas plantas depende das condições ambientais, características genéticas das plantas, luminosidade, grau de maturação, processamento e armazenamento (YAO *et al.*, 2004).

Os flavonóis são os mais difundidos dos flavonoides nos alimentos vegetais, variando da cor branca para amarela e estão intimamente relacionados em estrutura às flavonas, representados principalmente pela quercetina, kaempferol e miricetina, sendo que a quercetina é o mais presente em frutas e vegetais (JAGANATH e CROZIE, 2010). Em estudos, com utilização de camundongos para redução do colesterol, identificou que a quercetina foi a substância que mais reduziu o colesterol-HDL em doses de 5 mg (OLIVEIRA *et al.*, 2002).

Os flavonoides ingeridos por animais e humanos são principalmente na forma de glicosídeos, sendo estes hidrolisados nos intestinos. As formas livres resultantes (agliconas) podem ser degradadas em ácidos fenólicos ou conjugadas com ácido glucurônico, sulfato e grupos metila pela microflora intestinal e pelo fígado (MIRANDA *et al.*, 2012).

Os flavonoides absorvidos são frequentemente metabolizados rapidamente, isto é, as concentrações plasmáticas e intracelulares de flavonoides são baixas devido à má absorção, metabolismo extenso e excreção rápida do corpo (HODGSON *et al.*, 2006). Variam em sua absorção e seu metabolismo ainda não está claro, são conjugados no fígado ou no rim e excretados na bile ou na urina (PETERSON *et al.*, 1998). A sua biodisponibilidade, geralmente definida como a fração da quantidade ingerida absorvida, depende do tipo de flavonoides, no caso os isoflavonas são os

flavonoides mais biodisponíveis do que flavonóis e antocianinas em seres humanos (MIRANDA *et al.*, 2012).

Uma dieta rica em alimentos que concentram flavonoides pode levar a redução de colesterol no sangue, acarretando uma melhora na função endotelial, diminuindo a incidência de doenças cardiovasculares (HODGSON *et al.*, 2006) e também podem atuar como moduladores do metabolismo bacteriano, inibindo enzimas-chave.

Os flavonoides são substâncias fitoquímicas que não podem ser sintetizados pelos seres humanos, porém podem ser utilizados como aditivos alimentares para melhorar os efeitos benéficos à saúde e aumentar sua quantidade em humanos (PETERSON *et al.*, 1998), sendo também que estes pode ser benéfico a saúde de alguns animais, incluindo os peixes, apesar de ainda não existirem muitas pesquisas relacionadas diretamente a esse grupo.

A manga é uma fonte rica de vários compostos fitoquímicos bioativos, assim como outros compostos polifenólicos, funcionam principalmente como antioxidantes, uma propriedade que lhes permite proteger as células humanas contra danos causados pelo estresse oxidativo, levando à peroxidação lipídica, danos no DNA e muitas doenças degenerativas. Entre os principais flavonoides presentes na polpa da manga estão a quercetina e a catequina e os principais flavonoides identificados na casca da manga foram kaempferol e quercetina (KABIR *et al.*, 2017).

Os flavonóides foram estudados recentemente por possuírem propriedades antioxidantes, antiinflamatórias, antimicrobianas, antitumorais ou cardioprotetoras, que têm sido utilizados na indústria de alimentos devido à sua capacidade de conservar alimentos, fornecer cor e sabor e fazer suplementos dietéticos, entre outras aplicações industriais (SARBU *et al.*, 2019). Suas funções podem ser divididas em duas: atividade geral ou inespecífica, que está relacionada à presença de compostos fenólicos e atividade específica, que depende das características químicas e estruturais particulares do composto ativo (RUIZ-CRUZ *et al.*, 2018).

## **CAPÍTULO 1 –Artigo 1**

Artigo submetido ou a ser submetido ao Periódico “Aquaculture Nutrition”,  
Qualis A1 na Área Zootecnia/Recursos Pesqueiros.



**Responses of ornamental (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) to dietary mango meal: effect on weight, body composition, hematological parameters and skin color .**

Jéssica Cerqueira dos Santos<sup>1</sup>, Edenilce de Fátima Ferreira Martins<sup>1</sup>, Fábio Souza Dias<sup>2</sup>, Adailton Thiago da Silva dos Santos<sup>3</sup>, Lucas Santos da Silva<sup>1</sup>, Rodrigo Fortes da Silva<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>*Laboratory of Feeding Behavior and Fish Nutrition, Center of Agricultural Sciences, Environmental and Biological (CCAAB/NEPA/AQUAUFRB), Campus Cruz das Almas, Federal University of Bahia (UFRB), 44380-000-Bahia, Brazil.*

<sup>2</sup>*Institute of Technological Sciences and Innovation, Campus Camaçari, Federal University of Bahia (UFBA), 40170-110-Bahia, Brazil.*

<sup>3</sup>*Department of Animal Science and Veterinary Medicine, Campus Salvador, Federal University of Bahia (UFBA), 40170-110-Bahia, Brazil.*

\* Corresponding authors: E-mail address: [fortes@ufrb.edu.br](mailto:fortes@ufrb.edu.br) and [fortesrs@yahoo.com.br](mailto:fortesrs@yahoo.com.br) (R. Fortes-Silva).

**Abstract:** A study was conducted to determine growth, body composition, hematological parameters changes, carotenoid deposition and skin color of ornamental cichlid (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) reared on wheat flour replaced with mango meal diets. Four experimental diets were calculated to contain 0, ~20, ~40 and ~60% (G0, G20, G40 and G60) of mango meal (*Mangifera indica* L) to substitute the total carbohydrate source. Forty-eight adult (*C. labiatus* x *V. synspilum*), weighing  $48.66 \pm 7.9$ g, were distributed in 16 tanks (3 fish/ tank). Fish reared on G40 and G60 diets had a heavy final body weight ( $P < 0.05$ ). The fish fed G40 showed higher daily weight gain, specific growth ratio, feed efficiency ratio and feed intake ( $P < 0.05$ ). Hepatosomatic, viscerosomatic, gonadosomatic index, and plasma glucose, haematocrit and total protein, showed no differences ( $P > 0.05$ ). Body protein was higher in G40 and G60 ( $P < 0.05$ ). The highest carotenoid concentration was achieved in G40 ( $P < 0.05$ ). G0 showed low  $b^*$  (yellow) at point 2 and G40 has high  $L^*$  (luminosity) at point 3 ( $P < 0.05$ ). The results indicated that the best dietary mango meal in substitution for wheat flour was 40%.

**Keywords:** Aquafeed innovation, Feed evaluation, Glucose metabolism, natural carotenoids, ornamental fish, colored Cichlid.

## 1. INTRODUCTION

The global ornamental fish trade includes 125 countries worldwide and involves more than \$15–30 billion each year, 90% by freshwater fishes (Evers, Pinnegar & Taylor, 2019). Of all the neotropical species suitable for ornamental aquaculture exploitation, cichlids have a diversity of species distributed in rivers and lakes of the European, Asian, American and Africa continents (Sampaio & Goulart, 2011). Cross-species practices are

common and economically important on the ornamental market (Amado et al., 2008). Cichlids hybridization between closely related species is a usual practice to obtain the color-assortative mating desired by the market (Egger, Sefc, Makasa, Sturmbauer & Salzburger, 2012). *Amphilophus citrinellus* is characterized by its yellow color polymorphism (Klingeberg, Barluenga & Meyer, 2003). *Amphilophus labiatus*, popularly known as Red Devil, (Sowersby, Lehtonen & Wong, 2015), has a red- and/or orange-colored pattern (Loiselle, 1980). The genus *Vieja* represents a group of cichlids that are distributed on the Atlantic and Pacific slopes of North and Central America (McMahan, Geheber & Piller, 2010). Despite the importance of these species and their hybrids for the pet market, very little has been done in the natural food field, which is a current world trend.

Color is the first characteristic to be perceived and is a determinant selection criterion that is directly related to ornamental fish acceptance or rejection (Shahidi, Metusalach & Brown, 1998; Baron, Davies, Alexander, Snellgrove & Sloman, 2008), as they add higher prices on the commercial market. However, fish cannot synthesize their own coloring pigments. In turn, the coloring agents synthesized by some plants, algae and microorganisms, need to be incorporated into diet (Johnson & An, 1991). It has been suggested that coloring agents are also beneficial supplements for several aquaculture species, with effects ranging from growth enhancement in Atlantic salmon, *Salmo salar* (Storebakken & Goswami, 1996), improvement of broodstock performance in yellowtail (Verakunpiriya et al., 1997) to enhanced resistance to diseases in Japanese parrotfish (*Oplegnathus fasciatus*) and Spotted parrotfish (*Oplegnathus punctatus*) (Tachibana, Yagi, Hara, Mishima & Tsuchimoto, 1997).

Mango (*Mangifera indica* L) is an important fruit in the economic sector of tropical countries with appealing attributes like color, aroma and flavor. The global large

mango players are India (50%), China (9%), Mexico (6%), Thailand (5%), the Philippines (5%) and Pakistan (4%), and 2.5% of the world production comes from Brazil (Teixera et al., 2008). Just as carotenoids are the pigments largely found in mango (*Mangifera indica* L.), flavonoid and phenolic contents contribute to this fruit's antioxidant activity (Rumainum, Worarad, Srilaong & Yamane, 2018). Likewise, the natural pet food segment has expanded, which has led to a wide spectrum of products (Buff, Carter, Bauer & Kersey, 2014). For example, the anthropomorphism of dogs and cats has resulted in pet owner preference for pet foods containing ingredients that they find in their own diet, including fruit and vegetables (Barnard, 2010; Buff, Carter, Bauer & Kersey, 2014). Some studies have already proposed using mango pulp as a carbohydrate source for aquafeed (Lima et al., 2011; Souza, Melo, Nogueira Filho, Campeche & Figueiredo, 2013; Bezerra, Souza, Melo & Campeche, 2014). According to Souza et al., (2015), fruit unsuitable for human consumption has a nutritive potential and can be used as a source of carbohydrates to formulate fish diets.

Carbohydrate is the most economical dietary energy, although no consistent results about the different complexities of carbohydrate utilization among fish species can be found (Tan, Xie, Zhu, Lei & Yang, 2006). The utilization of dietary carbohydrates by fish as an oxidative substrate can play a key role to blood cell parameters, gluconeogenic activity and amino acid oxidation pathways (Hemre, Mommsent & Krogdahl, 2002). The main sugar of mango (*M. indica* L.) is sucrose (Rumainum, Worarad, Srilaong & Yamane, 2018). Disaccharides, like other carbohydrates, lead to shift blood glucose concentrations via hepatic glycogenolysis, glycolysis and gluconeogenesis (Kamalam, Medale & Panserat, 2017), and can influence variation in hematocrit, which may be indicative of homeostasis loss (Santos, Caldas, Primel, Tesser & Monserrat, 2016). In addition, total plasma proteins are a major constituent in diet metabolism, and can suggest

a protein catabolism condition by inefficient carbohydrate use in tilapia (Boonanuntasarn et al., 2018).

The purpose of this experiment was to study the utilization of mango meal to substitute wheat bran for adult ornamental fish (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) and its effect on the weight, body composition and blood parameters. Total carotenoids, flavonoid body deposition and skin color of fish were also evaluated.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Animal housing

This experiment was conducted at the Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB (Cruz das Almas, Bahia) in Brazil. The experimental protocols followed in this study were approved by the Ethics Commission on Animal Use of the Federal University of Bahia and were in accordance with Protocol number 2GD8686L (CEUA/UFRB).

Animals were obtained from a local farm and were housed in tanks (100 L each), connected in a recirculation system equipped with physico-biological filters and air diffusers. Water was daily recharged at 20%. The photoperiod was controlled at 12L:12D light/dark. Fish were kept for 2 weeks until the experiment began.

Water quality was daily monitored throughout the experiment by analyzing the following variables: temperature, pH, dissolved oxygen and toxic ammonia. Temperature, oxygen and pH were checked at 08:00h and 16:00h using a digital portable multiparameter probe. The values for the water quality parameters fell within the

recommended standards for aquaculture (Boyd, 1990), dissolved oxygen  $7.49 \pm 0.64$  mg L<sup>-1</sup>, pH  $7.15 \pm 0.25$  and temperature  $25.78 \pm 2.72$ °C.

## 2.2 Experimental diets

Four experimental diets were formulated to contain ~28% of crude protein and ~4100 kcal kg<sup>-1</sup> of gross energy (Table 1). Diets were calculated to contain 0%, ~20%, ~40% and ~60% of mango meal (*Mangifera indica* L) to substitute the total carbohydrate source. Basically, the sources of carbohydrates were wheat flour and mango meal from the local remnants of fairs. This inclusion level was reported in the study of Souza, Melo, Nogueira Filho, Campeche and Figueiredo, (2013) as an inclusion calculation guide. Mango pulp was removed and dried at 60°C with forced ventilation for 48 h. The ingredients with a larger particle size were processed in a hammer-mill until reduced to 0.5 mm or smaller. All the ingredients were mixed with 20% water during the pelletization process. Diets were pelletized in 2.5-mm pellets, packed in black bags and stored as daily portions refrigerated (2.5°C) until used. Aliquots of each diet were taken in triplicate and stored at -20°C for proximal composition.

## 2.3 Experimental conditions

The experiment was carried out in the Fish Nutrition and Behavior Laboratory of UFRB for 60 days. The experiment was conceived by following a totally random design with four groups (mango flour to substitute total carbohydrate: 0%, ~20%, ~40% and ~60%, corresponding to groups G0, G20, G40 and G60, respectively, and four replicates (tanks). Forty-eight adults (*C. labiatus* x *V. synspilum*), weighing  $48.66 \pm 7.9$  g, were distributed in 16 tanks (3 fish/tank). Fish were separated inside each tank by a screen container to avoid fighting as this species is very aggressive.

During the experiments, feed was provided 3 times a day (08:00h; 12:00h and 16:00h). Animals were feed until apparent satiation and any uneaten feed was removed (approx. 30 minutes after each meal) and dried at 60°C to then calculate feed intake.

#### *2.4 Sampling procedures and growth indices*

At the end of the experiment, fish were submitted to a 24-hour feed restriction period to empty their gastrointestinal tracts. Animals were anesthetized with eugenol solution (50 mg L<sup>-1</sup>). After deep anesthesia, fish were individually weighed and measured. Then animals were euthanized by medullary section to proceed with dissection. Whole-body samples were collected for the centesimal composition and stored at -80°C until analyzed.

The following parameters were evaluated at the end of experiment: final weight (g); weight gain (WG, g); daily weight gain (g day<sup>-1</sup>, DWG); specific growth rate (SGR, %); feed intake (FI, g kg<sup>-1</sup>); daily feed intake (DFI, g day<sup>-1</sup>); feed efficiency ratio (FER, g), survival (%); hepatosomatic index (%); viscerosomatic index (%); gonadosomatic index (%).

The feed utilization indicators were also measured as follows:

- Final weight (g)
- Weight gain  $WG = \text{weight}_{\text{final}} (\text{g}) - \text{weight}_{\text{initial}} (\text{g})$
- Specific growth rate  $SGR = 100 \times (\ln \text{fish weight}_{\text{final}} (\text{g}) - \ln \text{fish weight}_{\text{initial}} (\text{g})) / d$
- Daily weight gain  $DWG = \text{final body weight} (\text{g}) - \text{initial body weight} (\text{g}) \times \text{days of experimental trial}^{-1}$
- Feed intake  $FI = \text{daily feed intake} (\text{g}) / \text{of body weight} (\text{kg})$

- Daily feed intake DFI = feed intake (g) / [(final weight(g)+initial weight(g))/2]/days of trial
- Feed efficiency ratio FER = weight gain (g) / dry feed intake (g) x 100.
- Hepatosomatic index HSI = 100 x (liver weight) x (net body weight)<sup>-1</sup>
- Viscerosomatic index = 100 x (viscera weight) x (net body weight)<sup>-1</sup>
- Gonadosomatic index = 100 x (gonad weight) x (net body weight)<sup>-1</sup>

Survival (S) as a percentage was measured at the end of experiment (60 days) by counting individuals.

### *2.5 Centesimal composition analysis*

Eight fish were randomly collected from each replicate to determine whole-body composition. Diets were analyzed from three replicates. Diets and whole-body composition, expressed as crude protein, total lipids and ash were determined as described by the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). Briefly, dry matter was determined by drying samples at 105°C until constant weight; ash by incineration in a muffle furnace at 600°C for 4 h; lipid by petroleum ether extraction in a Goldfish (after acid hydrolysis): crude protein by measuring nitrogen (N x 6.25) by the Kjeldahl method.

### *2.6 Fish skin colour assessment*

At the end of experiment, skin color intensity according to the Hunter coordinate system (L\*, a\*, b\*) was measured with a portable digital colorimeter (CM-A177 Komica Minolta). The skin color intensity of live fish was obtained from the mean value obtained by reading three skin points (Figure 1). All the measurements were expressed in colorimetric space L\*, a\* and b\* in accordance with the recommendations of the Commission Internationale de L'Éclairage (CIE, 1976). In this colorimetric space, L



describes luminosity (black = 0 white = 100), a = intensity in red ( $a > 0$ ) and b = intensity in yellow ( $b > 0$ ).

The hue ( $H_{ab}^{\circ}$ ) and chroma ( $C_{ab}^{*}$ ) values were calculated from the  $a^{*}$  and  $b^{*}$  values. Hue, namely observable colour (e.g., red, yellow), is an angular measurement where  $0^{\circ}$  indicates a red hue,  $90^{\circ}$  denotes a yellow hue, and is calculated by the equation:

$$H_{ab}^{\circ} = \text{Tan}^{-1}(b^{*}/a^{*})$$

Chroma is an expression of the saturation or color intensity attained and is calculated by the following equation (Wyszecki & Stiles, 1967).

$$C_{ab}^{*} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

### *2.7 Total Carotenoids Extraction*

An extract with 0.1 g of the sample, previously comminuted ground, was prepared in a light-protected falcon tube with 1 mL of acetone. This material was taken to the ultrasonic bath Elma for 15 minutes and centrifuged for 10 minutes (Fanem Baby centrifuge at speed 9). After extraction, the supernatants (carotenoids + acetone) were transferred to a separation funnel (covered with aluminum foil), where 10 mL of hexane and 30 mL of ultrapurified water were added to remove acetone.

After separating the hexane fraction, it was dried with anhydrous sodium sulfate ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) and the extract was transferred with the help of a 5-mL pipette to a falcon tube duly covered with aluminum foil until it was read in the spectrophotometer. Total carotenoids was determined by a spectrophotometer (pro-analysis mark, model UV-1600). Measurements were taken at a wavelength of 453 nm. The result was expressed in  $\beta$ -carotene equivalents.

The standard analytical curve using  $\beta$ -carotene (Sigma-Aldrich) in hexane gave the resulting equation of  $Y = 0.1313X + 0.0077$  ( $R^2$  0.9975). The analyses were performed in triplicate and the results were expressed as  $\text{mg/g}^{-1}$ .

### *2.8 Total Flavonoid Extraction*

First 0.6 g of diets were triturated and thoroughly mixed with 15 mL of a mixture containing 57% of water, 35% of ethanol and 8% methanol in a glass tube. The test tube was immersed in an ultrasonic bath (Elma Ultrasonic S10H), f.: 50/60 Hz, P.: 90 W (Germany), which was sonicated for 10 min at 30°C according to the methodology proposed by Moreira and Dias (2018).

Total flavonoids were determined by spectrophotometry using the reagent quercetin, and according to the methodology proposed by Liazid et al., (2010), with some modifications. Absorbance was measured at 750 nm by the spectrophotometer (Tecnal, Piracicaba, SP, Brazil). The analyses were performed in triplicate and the results were expressed as  $\text{mg/g}^{-1}$ .

### *2.9 Blood parameters*

After the anesthetic procedure, eight fish were randomly collected from each replicate to determine the hematological parameters. Blood was collected by caudal puncture and stored in a freezer (-20°C) to further analyze the blood parameters (hematocrit and total protein). A syringe (3 mL) was used with a 21G sterile hypodermic needle, previously heparinized with anticoagulant EDTA (50 IU). The tubes with blood samples were centrifuged for 5 min at 4000 rpm. Plasma was carefully pipetted out, aliquoted and stored at -20°C until analyzed. These samples were used to obtain the biochemical index in blood plasma glucose (GLU). Glucose was analyzed by the

enzymatic method with an aliquot of a 10  $\mu$ L/sample. Readings were taken by a spectrophotometry (BioPlus semi-automatic, 2000) with absorbance at 510 nm.

### 2.9.1 Statistical analysis

All the statistical analyses were performed using version 9.0 of the Statistical Analysis Software (SAS), with a significance threshold (P) of 0.05. The data subjected to statistical tests were first checked for normality (Cramér-von Mises test) and homoscedasticity (Levene test). All the data were analyzed by ANOVA, followed by Tukey's *post hoc* test.

## 3. RESULTS

No mortality and external pathological signs were observed during the experiment. The body parameters for adult fish are shown in Table 2. G40 and G60 showed a heavier final body weight than other groups ( $P < 0.05$ ). WG, DWG, SGR, FI and DFI were higher in the fish fed 20% and 40% of mango meal to substitute the total carbohydrate source ( $P < 0.05$ ). The fish in G0 and G40 showed higher FER ( $P \leq 0.05$ ). However, no differences were observed in the hepatosomatic, viscerosomatic and gonadosomatic indices (Table 2).

For centesimal body composition, significant differences were found in protein, etheral extract, ash and dry matter (Table 3) ( $P < 0.05$ ). The protein levels in G40 and G60 were higher than in other groups ( $P < 0.05$ ). A similar etheral extract content was observed for G0, G20, and G40 with a low value for G60 ( $P < 0.05$ ). G0 showed a low ash content and high dry matter ( $P < 0.05$ ).

Regarding the blood parameters, no differences were found for hematocrit, plasma glucose and total protein (Table 4) ( $P > 0.05$ ).

The skin color analysis indicated differences for the different groups and points samples (Table 5, Figure 2). G0 showed low  $b^*$  at point 2 ( $P < 0.05$ ). Moreover, the fish from G40 had a high  $L^*$  at point 3 ( $P < 0.05$ ). Finally, G40 showed higher total body carotenoids than the other groups ( $P < 0.05$ ).

#### 4. DISCUSSION

In general, the weight parameters improved in the fish fed 20% or 40% mango meal as regards to the total carbohydrate source, which suggests that mango meal has a high potential as aquafeed for crossed ornamental cichlids (*A. citrinellus* x *A. labiatus* ♀ x *V. synspilum* ♂) at this level. In addition, no differences were observed in the hepatosomatic, viscerosomatic and gonadosomatic indices, which suggests that mango substitution did not negatively affect these parameters. Lima et al., (2011) evaluated the effect of mango to substitute maize meal at 0%, 5%, 10% and 15% on the digestibility coefficients and growth parameters. These authors concluded that higher levels promoted better results. Souza, Melo, Nogueira Filho, Campeche and Figueiredo (2013) found that 30% mango meal to substitute corn meal did not affect weight gain, daily weight gain, specific growth rate and feed efficiency in tilapia. These findings may suggest that the studied hybrid cichlide could efficiently use disaccharides from the 40% mango meal to substitute the polysaccharides source. The activity of predominant starch digestive enzymes (1,4- $\alpha$ -D-glucan glucanohydrolase, 1,4- $\alpha$ -glucosidase and oligo-1-6-glucosidase) in fish intestine varies with species, and is based on their feeding habits (Sinha, Kumar, Makkar, De Boeck & Becker, 2011). Tilapia uses more disaccharides than glucose, but less than starch (Shiau & Chuang, 1995). However, giant grouper

(*Epinephelus lanceolatus*) larvae fed maize starch display a higher weight gain than the fish fed cellulose, glucose or maltose (Lu et al., 2018). The abundance of carbohydrate-related metabolisms, such as starch and sucrose, fructose and mannose, galactose and glycolysis/gluconeogenesis, is greater in herbivorous and omnivorous fishes than in carnivorous ones (Liu et al., 2016). The use of carbohydrates by fish still lacks further studies to explain such differences. It has been suggested that the slow entry of glucose derived from starch in the blood stream allows better cellular sequestration as a result of digestion-related parameters (Lu et al., 2018). Apparently however, digestibility of carbohydrates and their intestinal uptake can decrease with increasing molecular complexity (Sinha, Kumar, Makkar, De Boeck & Becker, 2011). In short, the present study reveals that the complex to simple levels of substituting carbohydrates from mango meal should be taken into account for weight maintenance purposes in adult ornamental cichlids.

The fish fed only wheat bran as the carbohydrate source showed low body protein, but high ethereal extract and dry matter compared to the fish fed the 60% mango meal substitution. The low ether extract in the fish fed the 60% mango meal could be due to dietary flavonoid content. In rats, flavonoids can have effect by suppressing hepatic fatty acid synthase, glucose-6-phosphate dehydrogenase, as well as phosphatidate phosphohydrolase activities, and can increase fecal triglycerides (Jung, Lee, Park, Kang & Choi, 2006). In addition, omnivore species can show protein sparing compared to carnivores by efficiently metabolizing dietary carbohydrates (Shimeno & Shikata, 1993). It has been suggested that glucose is the preferred oxidative substrate for fish tissue and the dietary carbohydrate type can divert amino acids away from oxidative pathways due to reduced gluconeogenic activity (Sanchez-Muros, Garcia-Rejon, Lupianez & De la Higuera, 1996). The carbohydrate substitution pattern herein consider might partly

explain the metabolic pathway results. NADPH from the pentose-phosphate pathway is involved in the synthesis of most membrane lipids and is an important activator of protein synthesis (Sanchez-Muros, Garcia-Rejon, Lupianez & De la Higuera, 1996). However, very few studies have reported small sugar molecules as saccharose use by fish, especially tropical cichlids. White Sturgeon (*Acipenser transmontanas*) fed 27.2% of different carbohydrates included in their diet have shown a similar retained body energy when fed sucrose, dextrin or raw corn starch rather than lactose, fructose or cellulose (Huang et al., 1989). In lunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fingerlings, no difference has been reported in body lipid content when dietary supplementation were 0.5, 1.0 or 8 (g kg<sup>-1</sup> diet) of dietary fructooligosaccharide (Wu et al., 2013). This result resembles ours as higher body lipid contents seem to be related to higher feed intake and better performance. However, more studies are needed about the use of simple carbohydrates for fish, mainly freshwater cyclids.

Regarding blood parameters, no differences were found for plasma glucose, hematocrit or total plasma protein. Plasma glucose was somewhat variable not only between species, but also within species, in different life stages (Hemre, Mommsen & Krogdahl, 2002). This can be explained by the complex steps that involve using different carbohydrates sources. The glucose blood pattern can change in relation to carbohydrate source, digestibility, gut absorption, carbohydrate metabolic enzymes activity and glucose tolerance (Shiau, 1997). It has also been well established that dietary fibers can influence the absorption of carbohydrates in tilapia (Shiau, Kwok, Chen, Hong & Hsieh, 1989). Indeed the substitution levels of mango flour for wheat flour employed in the present study did not affect blood glucose. Hematocrit was similar in cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus.) fed sucrose, wheat starch, corn starch and dextrin than maltose (Cui, Zhou, Liang, Yang & Zhao, 2010). Atlantic salmon (*Salmo salar*) showed no differences

in hematocrit, glucose or total blood protein when fed 10% starch from wheat, corn and oat (Hemre & Hansen, 1998). When studying adults, growth stages may also affect the use of carbohydrates by changes in enterocyte transporter SGLT1 and blood or liver transporter GLUT2 (Geurden, Aramendi, Zambonino-Infante & Panserat, 2007). In short, no metabolic disorder or homeostatic imbalance of the mango meal starch levels herein used were suggested.

Regardless of the inclusion level, the fish fed the mango meal obtained higher values for  $b^*$  (intensity in yellow) at point 2. G40 gave a higher value for  $L^*$  (luminosity) at point 3 according to the colorimetric analysis. Astaxanthin,  $\beta$ -carotene, or canthaxanthin in diet significantly enhanced skin brightness by week 5 in False Clownfish, *Amphiprion ocellaris* (Yasir & Qin, 2010). *Chlorella vulgaris* influenced carotenoid content and  $L^*$  impacted red hue intensity more than those obtained using a control in koi carp (*Cyprinus carpio*) (Gouveia, Rema, Pereira & Empis, 2003).

The yellow and blue colorations (yellow tail cichlid *Pseudotropheus*) increased when fish were fed a natural carotenoid source (Güroy, Sahin, Mantoğlu & Kayali, 2012). Although  $\beta$  carotene is not the most important pigment in fish skin, it has been considered an important component of color determination for some species (Gupta, Jha, Pal & Venkateshwarlu, 2007; Alishahi, Karamifar & Mesbah, 2015), and some controversial results can be found in the literature. The yellow coloring of the integument and carotenoids deposited in ovaries increased with diets contained lutein, zeaxanthin, and  $\beta$ -carotene from marigold, but diet did not change carotenoid allocation to skin in cichlids (*Amantitlania nigrofasciata*) (Brown, McGraw & Clotfelter, 2013). Fish cannot fully synthesize their own carotenoid colorings which must, therefore, be included in their diet (Gouveia, Rema, Pereira & Empis, 2003). In our study, the fish at G40 showed higher total carotenoids in their whole body compared to the other groups. Furthermore, the fish

at G0 and G20 showed low contents of body carotenoids. These findings agree with the skin color parameters. Ornamental *C. carpio* and *Carassius auratus* displayed increased total skin carotenoid content when fed a dietary carotenoid supplement of freshwater microalgae (*C. vulgaris*, *Haematococcus pluvialis*, *Arthrospira maxima* and synthetic astaxanthin (Gouveia, Rema, Pereira & Empis, 2003). Sweet potato used to boost natural dietary  $\beta$ -carotene increased the indicator  $a^*$  value for the redness of false Clownfish (*Amphiprion ocellaris*) (Nhan, Minh, Liew, Hien & Jha, 2019). These studies reveal the tendency of natural  $\beta$ -carotene sources in aquafeeds for ornamental fish. Synthetic pigment production can be expensive and carotenoids from natural sources are an important source of fish skin pigments (Gouveia, Rema, Pereira & Empis, 2003).

## 5. CONCLUSION

Diets containing 40% mango meal to substitute wheat flour improve growth parameters and do not cause changes in either the gonadosomatic, hepatosomatic or viscerosomatic indices or the blood parameters of adults (*A. citrinellus* x *A. labiatus* ♀ x *V. synspilum* ♂). In addition, this inclusion level favors body protein and total carotenoids deposition and enhances fish color. The present results can be considered to extend the natural pet food segment to promote new aquafeed products for consumers.



**Table 1.** Ingredients and proximate compositions of the experimental diets

<i>Mango meal substitution in relation to carbohydrates source (%)</i>				
<i>Ingredients (gkg<sup>-1</sup>)</i>	<b>0</b>	<b>~20</b>	<b>~40</b>	<b>~60</b>
Fish Flour	14.36	16.1	18.2	20.3
Soybean meal	35.0	35.0	35.0	35.0
Mango meal	-	7.5	15.0	22.5
Wheat flour	41.5	32.3	22.6	13.1
Soybean oil	3.0	3.0	3.0	3.0
Bicalcic phosphate	3.0	3.0	3.0	3.0
Mineral premix <sup>b</sup>	2.0	2.0	2.0	2.0
Vitamin premix <sup>c</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0
DL-methionine <sup>d</sup>	0.1	0.1	0.1	0.1
Antioxidant (BHT) <sup>e</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01
Dry Matter (%)	91.03	93.45	93.89	92.41
Crude Protein (%)	27.09	27.55	27.16	28.42
Crude Fiber (%)	4.84	3.02	1.95	2.34
Gross Energy (kcal/kg)	4137.5	4145.0	4152.5	4068.0
Crude Lipid (%)	2.57	3.47	3.50	4.01
Ash (%)	12.28	12.56	12.44	12.47
Total Flavonoids (µg/g <sup>-1</sup> )	3.3	4.5	7.7	9.2
Total Carotenoids (µg/g <sup>-1</sup> )	2.8	5.7	14.5	24.0

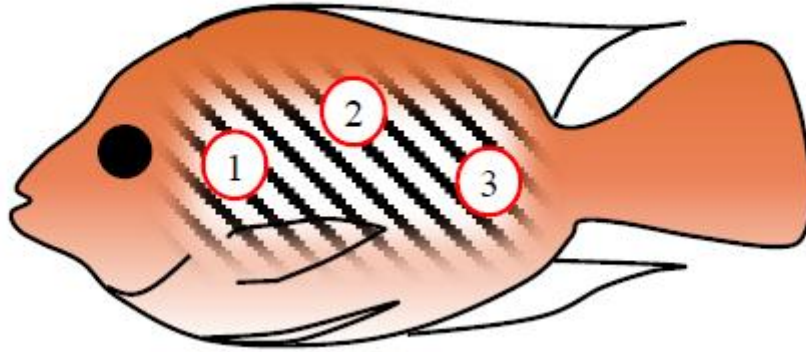
<sup>a</sup> These levels were based on previous result on mango meal in substitution for corn meal in tilapia (Souza et al., 2013).

<sup>b</sup> Mineral Premix: Choline Chloride (100.00 g/kg). Copper Sulphate (3.500.00 mg/kg). Iron Sulphate (20.00 g/kg). Manganese Sulphate (10.000.00 mg/kg). Cobalt Carbonate (80.00 mg/kg). Calcium Iodate (160.00 mg/kg). Sodium Selenite (100.00 mg/kg). Zinc Sulphate (24.00 mg/kg). Inositol (25.00 g/kg).

<sup>c</sup> Vitamin Premix (Vitre): Vit. A (2.400.000.00 UI/kg). Vit. D3 (600.000.00 UI/kg). Vit. E (30.000.00 UI/kg). Vit. K3 (3.000.00 mg/kg). Vit. B1 (4.000.00 mg/kg). Vit. B2 (4.000.00 mg/kg). Vit. B6 (3.500.00 mg/kg). Vit. B12 (8.000.00 mcg/kg). Vit. C (60.00 g/kg). Calcium Pantothenate (10.000.00 mg/kg). Niacin (20.00 g/kg). Folic Acid (1200.00 mg/kg). Biotin (200.00 mg/kg<sup>-1</sup>).

<sup>d</sup> Evonik, SP, Brazil.

<sup>e</sup> BHT (5.000.00 mg/kg).



**Figure 1.** Drawing of hybrid ornamental cichlid (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂). The drawing shows the area limited by three sample points, used to measure skin color by the Hunter system: Point 1: dorsoventrally; Point 2: dorsal; Point 3: tail.

**Table 2.** Weight and feed utilization of adult hybrid (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) fed dietary mango meal inclusion levels.

Groups	Mango meal substitution (%)				P value
	G0	G20	G40	G60	
Parameters					
Final body weight (g)	57.19a ± 6.54 <sup>c</sup>	64.27 ± 3.82 <sup>b</sup>	73.84 ± 7.68 <sup>a</sup>	71.52 ± 10.02 <sup>a</sup>	0.006
Weight gain (WG, g)	16.74 ± 4.28 <sup>b</sup>	18.05 ± 2.00 <sup>a</sup>	22.11 ± 4.73 <sup>a</sup>	15.03 ± 4.67 <sup>b</sup>	0.002
Daily weight gain (DWG, g day <sup>-1</sup> )	0.27 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.30 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.36 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.001
Specific growth ratio (SGR, %)	27.90 ± 7.13 <sup>b</sup>	30.08 ± 3.33 <sup>ab</sup>	36.84 ± 7.89 <sup>a</sup>	25.05 ± 7.78 <sup>b</sup>	0.002
Feed intake (FI, g kg <sup>-1</sup> )	194.68 ± 3.72 <sup>c</sup>	232.49 ± 5.49 <sup>b</sup>	232.35 ± 8.12 <sup>b</sup>	243.16 ± 8.29 <sup>a</sup>	0.000
Daily Feed intake (DFI, g day <sup>-1</sup> )	3.24 ± 0.06 <sup>c</sup>	3.87 ± 0.09 <sup>b</sup>	3.87 ± 0.13 <sup>b</sup>	4.05 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.000
Feed efficiency ratio (FER, g)	8.62 ± 2.31 <sup>a</sup>	7.76 ± 0.84 <sup>b</sup>	8.60 ± 2.17 <sup>a</sup>	6.19 ± 1.96 <sup>b</sup>	0.005
Survival (%)	100	100	100	100	-
Hepatosomatic index (%)	1.52 ± 0.53	1.22 ± 0.47	1.47 ± 0.48	1.24 ± 0.30	0.449
Viscerosomatic index (%)	9.22 ± 3.02	7.67 ± 3.19	7.30 ± 3.51	6.53 ± 1.83	0.149

---

Gonadosomatic index (%)	4.56 ± 3.77	3.54 ± 2.47	4.31 ± 3.22	3.50 ± 1.78	0.393
-------------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------

---

Data are presented as means (n=12). Different superscript letters within the same line denotes statistical difference by the Tukey post hoc test at 1 level.

**Table 3.** Whole-body composition of the adult hybrid (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) fed different mango meal inclusion levels.

Parameters	Mango meal substitution (%)					<i>P</i> value
	Initial	G0	G20	G40	G60	
Protein	54.96 ± 0.81	46.66 ± 1.22 <sup>c</sup>	47.67 ± 2.22 <sup>bc</sup>	53.89 ± 1.26 <sup>a</sup>	50.93 ± 3.13 <sup>ab</sup>	0.001
Ethereal extract	8.56 ± 0.19	10.97 ± 2.50 <sup>a</sup>	9.46 ± 0.68 <sup>ab</sup>	11.81 ± 1.75 <sup>a</sup>	7.08 ± 2.65 <sup>b</sup>	0.002
Ashes	19.88 ± 2.17	19.24 ± 0.94 <sup>b</sup>	22.55 ± 0.32 <sup>a</sup>	20.23 ± 1.91 <sup>ab</sup>	21.63 ± 1.75 <sup>ab</sup>	0.001
Dry matter	87.90 ± 0.48	92.72 ± 0.67 <sup>a</sup>	88.08 ± 1.36 <sup>c</sup>	88.04 ± 0.60 <sup>c</sup>	89.93 ± 0.84 <sup>b</sup>	0.000

Data are presented as means (n=12). Different superscript letters within the same line denotes statistical difference by the Tukey post hoc test at  $P < 0.05$  significance level.

**Table 4.** Hematological parameters of the adult hybrid (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) fed mango meal inclusion dietary levels.

Groups	Mango meal substitution (%)				<i>P</i> value
	G0	G20	G40	G60	
Parameters					
Hematocrit	25.45 ± 4.06	19.50 ± 3.10	21.75 ± 3.10	25.62 ± 2.75	0.051
Glucose (µg/dl)	77.75 ± 10.36	87.62 ± 24.90	83.20 ± 14.55	89.20 ± 18.20	0.597
Total protein (g/dl)	80.70 ± 5.35	79.12 ± 6.61	76.66 ± 5.24	71.43 ± 4.39	058

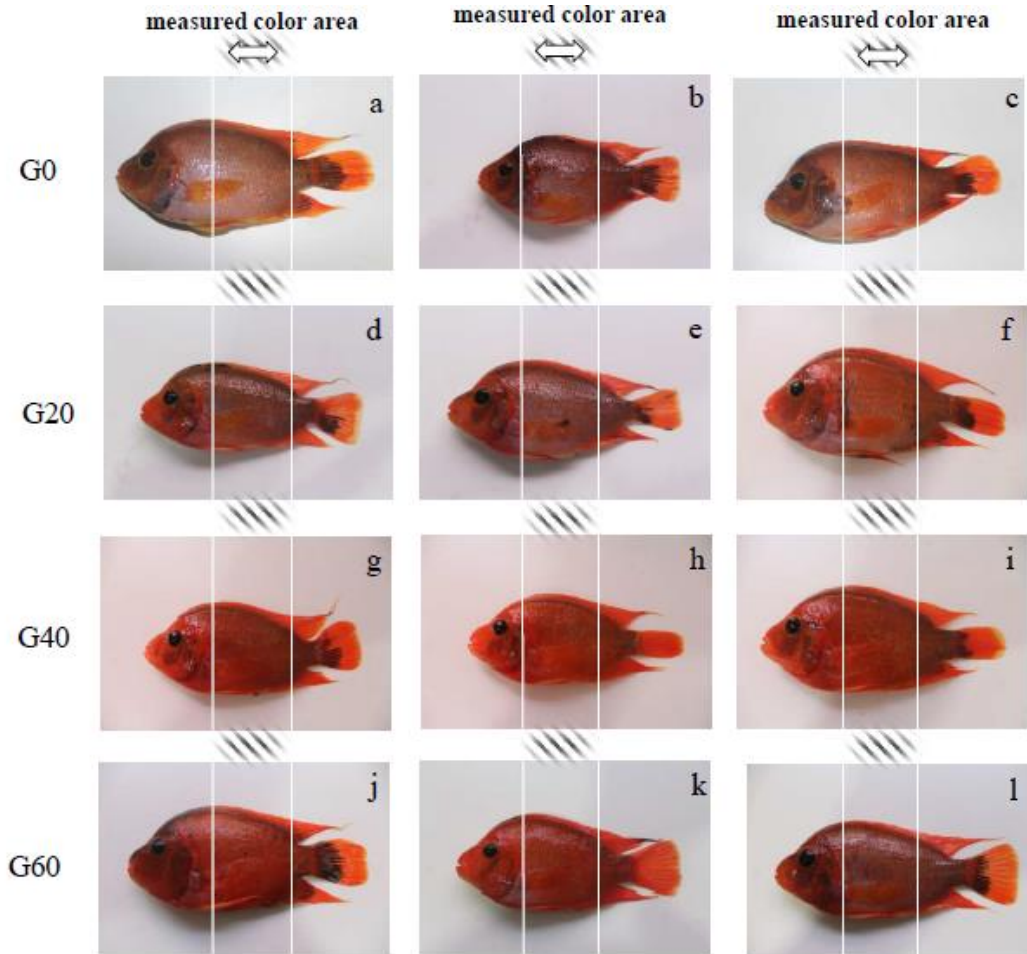
Date are presented as means (n=12). Different superscript letters within the same line denotes statistical difference by the Tukey post hoc test at  $P < 0.05$  significance level.

**Table 5.** Color intensity at three body points and the values of the total carotenoids of the adult hybrid (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) fed different mango flour meal inclusion levels.

	Mango meal substitution (%)				P value
	G0	G20	G40	G60	
Point 1					
L*	38.15 ± 0.97	38.65 ± 0.70	38.26 ± 1.24	38.14 ± 3.17	0.978
a*	23.11 ± 4.22	25.40 ± 0.71	24.30 ± 3.25	24.13 ± 3.02	0.707
b*	21.74 ± 2.96	23.92 ± 1.48	23.39 ± 2.95	22.22 ± 1.99	0.440
Hue	1.41 ± 0.19	1.40 ± 0.22	1.44 ± 0.04	1.39 ± 0.36	0.967
croma	44.86 ± 2.28	49.32 ± 5.04	47.70 ± 3.39	46.36 ± 4.31	0.562
Point 2					
L*	39.04 ± 1.17	38.65 ± 6.27	39.12 ± 1.02	38.27 ± 1.84	0.486
a*	18.21 ± 0.86	19.97 ± 1.12	20.42 ± 0.83	19.40 ± 1.35	0.164
b*	21.32 ± 2.95 <sup>b</sup>	23.40 ± 2.36 <sup>a</sup>	22.46 ± 1.53 <sup>a</sup>	22.22 ± 0.94 <sup>ab</sup>	0.004

Hue	$1.73 \pm 0.18$	$1.62 \pm 0.25$	$1.81 \pm 0.12$	$1.86 \pm 0.27$	0.295
croma	$37.04 \pm 2.34^b$	$40.08 \pm 1.57^{ab}$	$41.89 \pm 1.56^a$	$39.52 \pm 2.98^{ab}$	0.064
Point 3					
L*	$37.82 \pm 0.97^b$	$38.07 \pm 0.84^b$	$39.87 \pm 1.16^a$	$38.15 \pm 1.71^b$	0.001
a*	$17.40 \pm 1.13$	$17.12 \pm 2.42$	$17.08 \pm 1.88$	$16.97 \pm 1.76$	0.762
b*	$18.31 \pm 1.16$	$17.56 \pm 2.66$	$19.09 \pm 1.84$	$17.89 \pm 2.70$	0.744
Hue	$2.09 \pm 0.54$	$1.69 \pm 0.14$	$4.98 \pm 3.01$	$3.30 \pm 3.25$	0.565
croma	$35.72 \pm 2.28$	$34.69 \pm 5.04$	$36.17 \pm 3.39$	$34.87 \pm 4.31$	0.777
Total carotenoids in whole body ( $\mu\text{g/g}$ )	$20.22 \pm 9.95^c$	$33.76 \pm 2.50^{bc}$	$60.72 \pm 16.00^a$	$35.16 \pm 14.38^b$	0.000





**Figure 2.** Representative photos of hybrid ornamental cichlid (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂) fed mango meal inclusion (D0: a,b,c; D20: d,e,f; D40: g,h,i and D60: j,k,l) after 60 trial days. The drawing shows the area limited by skin color measurements.

### 3.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINPET. Mercado 2018 Pet Brasil. 2018. Disponível em: < <http://abinpet.org.br/mercado/> >. Acesso em 30 novembro de 2018.

AMADO, M. V.; HRBEK, T.; GRAVENA, W.; FANTIN, C.; DE ASSUNÇÃO, E. N.; ASTOLFI-FILHO, S.; FARIAS, I. P. 2008. Isolation and characterization of microsatellite markers for the ornamental discus fish *Symphysodon discus* and cross-species amplification in other Heroini cichlid species. **Molecular Ecology Resources**. 8:1451–1453. doi:10.1111/j.1755-0998.2008.02200.x

ANDREWS, C. 1990. The ornamental fish trade and fish conservation. **Journal of Fish Biology**. 37 (Supplement A), 53–59.

ALISHAHI, M.; KARAMIFAR, M.; MESBAH, M. 2015. Effects of astaxanthin and *Dunaliella salina* on skin carotenoids, growth performance and immune response of *Astronotus ocellatus*. **Aquaculture International**. 23:1239-1248.

ANDREWS, C. 1990. The ornamental fish trade and fish conservation. **Journal of Fish Biology**. 37 (Supplement A), 53–59.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th. ed. **AOAC International**, Gaithersburg, Md.

ARANDA A.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F, J.; ZAMORA, S.; MADRID, J.A. 2000. Self-design of fish diets by means of self-feeders: validation of procedures. **Journal Physiology Biochemistry**. 56:155–166

AROUS, W. H.; EL-BERMAWI, N. M.; SHALTOUT, O. E.; ESSA, M. A. 2014. Effect of adding different carotenoid sources on growth performance, pigmentation, stress response and quality in red tilapia (*Oreochromis Spp*). **Middle East Journal of Applied Sciences**, 4: 988-999.

AZIZ, N. A. A.; WONG, L. M.; BHAT, R.; CHENG, L. H. 2012. Evaluation of processed green and ripe mango peel and pulp flours (*Mangifera indica* var Chokanan) in term of chemical, antioxidant compounds and functional properties. **Journal of the Science of Food & Agriculture**, 92: 557–563

BARNARD, N. D. 2010. Trends in food availability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 91, 1530S–1536S.

BARON, M.; DAVIES, S.; ALEXANDER, L.; SNELLGROVE, D.; SLOMAN, K.A. 2008. The effect of dietary pigments on the coloration and behaviour of flame-red dwarf gourami, *Colisa lalia*. **Animal Behavior**. 75: 1041–1051. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2007.08.014>

BEHREND, L.L.; NELSON, R.G.; SMITHERMAN, R.O.; STONE, N.M. 1984. Breeding and culture of the red-gold color phase of tilapia. **Journal of the World Aquaculture Society** 13:210-220.

BEZERRA, S. K.; SOUZA, R. C.; MELO, J. F. B. ; CAMPECHE, D. F. B. 2014. Growth of tambaqui fed with different concentrations of manga and protein meal in feed. **Revista Archivos de Zootecnia**. 63: 587-598.

BOONANUNTANASARN, S.; KUMKHONG, S.; YOOHAT, K.; PLAGNES-JUAN, E.; BUREL, C.; MARANDEL, L.; PANSERAT, S. 2018. Molecular responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to different levels of dietary carbohydrates. *Aquaculture*.482:117–123. doi: 10.1016/j.Aquaculture.2017.09.032

BOYD, CLAUDE E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. **Birmingham, Ala.: Auburn University Press**.

BROWN, A. C. ; MCGRAW, K. J.; CLOTFELTER, E. D. 2013. Dietary Carotenoids Increase Yellow Nonpigment Coloration of Female Convict Cichlids (*Amantitlania igrofasciata*). **Physiological and Biochemical Zoology**.83: 312-322.

- BUFF, P. R.; CARTER, R. A.; BAUER, J. E.; KERSEY, J. H. 2014. Natural pet food: A review of natural diets and their impact on canine and feline physiology. **Journal of Animal Science**. 92:3781-3791.
- CASTENMILLER, J.J.M.; WEST, C.E. 1998. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. **Annual Review of Nutrition**. 18: 19-38.
- CHATZIFOTIS, S.; PAVLIDIS, M.; JIMENO; C. D., VARDANIS, G.; STERIOTI, A.; DIVANACH, P. 2005. The effect of different carotenoid sources on skin coloration of cultured red porgy (*Pagrus pagrus*). **Aquaculture Research**. 36: 1517-1525.
- CHAUHAN, O.P.; RAU, P.S.; BAWA, A.S. 2010. Mango flavor. **Handbook of Fruit and Vegetable Flavors (edited by Y.H. Hui)**. 319– 344. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- COSTA, W. M.; LUDKE, M. C. M. M.; BARBOSA, J. M.; HOLANDA, M. A.; SANTOS, E.L.; RICARTE M. Digestibilidade de nutrientes e energia de resíduos de frutas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Maringá – PR. 2009.
- CUI, X. J.; ZHOU, Q. C.; LIANG, H. O.; YANG, J.; ZHAO, L. M. 2010. Effects of dietary carbohydrate sources on the growth performance and hepatic carbohydrate metabolic enzyme activities of juvenile cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus.). **Aquaculture Research**. 42:99–107
- EGGER, B.; SEFC, K. M.; MAKASA, L.; STURMBAUER, C.; SALZBURGER, W. 2012. Introgressive Hybridization between Color Morphs in a Population of Cichlid Fishes Twelve Years after Human-Induced Secondary Admixis. **Journal of Heredity**. 103: 515 -522.
- ELMER, K.R., LEHTONEN, T.K. & MEYER, A. 2009. Color assortative mating contributes to sympatric divergence of neotropical cichlid fish. **Evolution** 63, 2750– 2757.
- EVERS, H. G.; PINNEGAR, J. K.; TAYLOR, M. I. 2019. Where are they all from? - sources and sustainability in the ornamental freshwater fish trade. **Journal of Fish Biology**. doi:10.1111/jfb.13930
- Food and agriculture organization (fao), world health organization (who). Food safety risk analysis. A guide for national foodsafety authorities. Rome: FAO; 2016.
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations] (2015) Crop Production Data [Online]. Acesso em: 22 jul. 2017
- FILHO, E.C.T.N.; MATTOS, B.O.; SANTOS, A. A.; BARRETO, K.A; ALBINATI, R.C.B., OLIVEIRA VIDAL, L.V.; FORTES-SILVA, R. 2018. Geometric approach to evaluate the energy/protein balance in tambaqui (*Colossoma macropomum*): Can fish ensure nutritional intake targets by postingestion signals? **Aquaculture Nutrition** .24:741-747.
- FRANCO, M.R.B.; RODRIGNEZ AMAYA, D.; LANCAS, F.M. 2004. Volatile composition of three cultivars of mango (*Mangifera indica* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 24: 165 -169.
- FORTES-SILVA, R.; ROSA, P.V.; ZAMORA, S.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F., J. 2012. Dietary self-selection of protein-unbalanced diets supplemented with three essential amino acids in Nile tilapia. **Physiology Behavior**. 105:639–644
- FURR, H.C.; CLARK, R.M. 1997 Intestinal absorption and tissue distribution of carotenoids. **Nutritional Biochemistry** .8(7): 364-377.
- GEURDEN, I.; ARAMENDI, M.; ZAMBONINO-INFANTE; J.; PANSERAT, S. 2007. Early feeding of carnivorous rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with a hyperglucidic diet during a short period: effect on dietary glucose utilization in juveniles. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**. 292:R2275–R2283.
- GIUSTI, M.M.; WALLACE, T.C. 2009. Flavonoids o natural pigments. Handbook of natural colorants. New York: John Wiley & Sons Inc. 257– 77.
- GOUVEIA, L.; REMA, P.; PEREIRA, O.; EMPIS, J. 2003. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. **Aquaculture Nutrition**. 9:123–129
- GUPTA, S. K.; JHA, A. K.; PAL, A. K.; VENKATESHWARLU, G. 2007. Use of natural carotenoids for pigmentation in fishes. **Natural Product Radiance**, 6: 46-49.

- GÜROY, B.;ŞAHIN, İ.; MANTOĞLU, S.;KAYALI, S. 2012. *Spirulina* as a natural carotenoid source on growth, pigmentation and reproductive performance of yellow tail cichlid *Pseudotropheus acei*. **Aquaculture International**.20: 869–878.
- Haidar, M.; Petie, M.; Heinsbroek, L.; Verreth, J.; Schram J. 2016. The effect of type of carbohydrate (starch vs. nonstarch polysaccharides) on nutrients digestibility, energy retention and maintenance requirements in Nile tilapia. **Aquaculture**, 463: 241-247.
- HEMRE, G. I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHL, A. 2002. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**. 8:175–194.
- HEMRE, G. I.; HANSEN, T. 1998. Utilisation of different dietary starch sources and tolerance to glucose loading in Atlantic salmon (*Salmo salar*), during parr–smolt transformation. **Aquaculture**.161: 145–157.
- HODGSON, J.; KROFT, K.D. 2006. Dietary flavonoids: Effects on endothelial function and blood pressure. **Journal of the Science of Food and Agriculture** .86:2492–2498.
- HUNG, S.S.O.; FYNN-AIKINS, F. K.; LUTES; P. B.; XU, R. 1989. Ability of juvenile white sturgeon (*Acipensei transmontanas*) to utilize different carbohydrate sources. **Journal Nutrition** .119: 727-733.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. 2016. Produção pecuária municipal. RIO DE JANEIRO 2016
- JAGANATH, I.B.; CROZIER, A. 2010. Dietary flavonoids and phenolic compounds. In **Plant Phenolics and Human Health: Biochemistry, Nutrition, and Pharmacology**. C.G. Fraga, Ed.: 1– 4. John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey KOES.
- JOHNSON, E.A., AN, G.H. 1991. Astaxanthin from microbial sources. **Critical Reviews of Biotechnology**. 11:297-326.
- JUNG, U. J.; LEE, M. K.; PARK, Y. B.; KANG, M. A.; CHOI, M. S. 2006. Effect of citrus flavonoids on lipid metabolism and glucose-regulating enzyme mRNA levels in type-2 diabetic mice. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**. 38:1134–1145.
- KABIR, Y.; SHEKHAR, H.U.; SIDHU, J.S. 2017. Phytochemical Compounds in Functional Properties of Mangoes, Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition.
- KAMALAM, B.S.; MEDALE.F.; PANSEERAT, S. 2017. Utilization of dietary carbohydrates in farmed fishes: New insights on influencing factors, biological limitations and future strategies. **Aquaculture** 467:3-27.
- KATSUYAMA, M.; T. MATSUNO, 1988. Carotenoid and vitamin A, and metabolism of carotenoids, beta-carotene, canthaxanthin, astaxanthin, zeaxanthin, lutein and tunaxanthin in tilapia, *Tilapia nilotica*. Comparative. **Biochemistry and Physiology**, 90B: 131-139.
- KAUSHIK, S., 2001. Carbohydrate nutrition: importance and limits of carbohydrate supplies. In: Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., Metailler, R. (Eds.), **Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans**. Praxis Publishing Ltd., Chichester, 131–144.
- KLINGENBERG, C. P.; BARLUENGA, M.; MEYER, A. 2003. Body shape variation in cichlid fishes of the *Amphilophus citrinellus* species complex. **Biological Journal of the Linnean Society**.80, 397–408.
- KOES, R.E.; QUATTROCCHIO, F. ;MOL, J.N.M. 1994. The flavonoid biosynthetic pathway in plants: function and evolution. **BioEssays**.16: 123– 132.
- KROGDAHL, A.; HEMRE, G. I.; MOMMSEN, T. P. 2005. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. **Aquaculture nutrition**. 1. 103-122.
- KULLANDER, S. O. 2003. Family Cichlidae (Cichlids). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O. & FERRARIS JR., C. J. eds. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, **EDIPUCRS**. p.605-654.
- LI, M.; RAHMAN, M.M.; LIN, Y.V.; CHIU, K. 2018. Effect of dietary lipid on growth, expression of canthaxanthin-based coloration, digestive enzymes activities and immunity in blood parrot

cichlid *Amphilophus citrinellus* × *Paraneetroplus synspilus*. **Aquaculture Nutrition**.24:277-284. DOI: 10.1111/anu.12556

LIAZID, A., SCHWARZ, M., VARELA, R. M., PALMA M., GUILLÉN, D. A., JA BRIGUI, F. A.M., BARROSO C. G. 2010. Evaluation of various extraction techniques for obtaining bioactive extracts from pine seeds. **Food Bioprod Process**. 88: 247–252.

LIM, K.C.; YUSOFF, F.MD.; SHARIFF, M.; KAMARUDIN, M.S. 2017. Astaxanthin as feed supplement in aquatic animals. *Aquaculture* 0:1-36.

LIMA, M.R. 2010. Avaliação de resíduos de frutas nas rações de tilápia do Nilo. **Dissertação (mestrado)**. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE. 61 pp.

LIMA, M.R.; LUDKE, M.C.M.M.; PORTO-NETO, F.F.; PINTO, B.W.C.; TORRES, T.R.; SOUZA, E.J.O.2011. Farelo de resíduo de manga para tilápia do Nilo. **Acta Scientiarum**.33:65-71.

LIU, H.; GUO, X.; GOONERATNE, R.; LAI, R.; ZENG, C.; ZHAN, F.; WANG, W. 2016. The gut microbiome and degradation enzyme activity of wild freshwater fishes influenced by their trophic levels. **Scientific Reports**. 6,:1-12.

LOISELLE; P.V.1980. **Frashwater and Marine Aquarium**. 67:30-35.

LUNN; J.; BUTTRISS; J.L. 2007. Carbohydrates and dietary fibre. **Nutrition Boletim** 32:21-64.

LU, S.; WU, X.; GAO, Y.; GATLIN, D. M.; WU, M.; YAO, W.; JIN, Z.; LI, X.; DONG, Y. 2018.. Effects of dietary carbohydrate sources on growth, digestive enzyme activity, gene expression of hepatic GLUTs and key enzymes involved in glycolysis-gluconeogenesis of giant grouper *Epinephelus lanceolatus* larvae. **Aquaculture**. 484: 343–350.

MCMAHAN, C. D.; GEHEBER, A. D.; PILLER, K. R. 2010. Molecular systematics of the enigmatic Middle American genus *Vieja* (Teleostei: Cichlidae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**. 57: 1293–1300.

MEURER; F.; HAYASHI; C.2003. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de peixes-revisão. **Arquivos de Ciência de veterinária e Zootecnia** 6:127-138.

MELO; J.F.B.; SEABRA; A.G.L.; SOUZA; R.C.; FIGUEIREDO; R.A.C.R. 2012. Substituição do farelo de milho pela farinha de manga no desempenho da tilápia-do-nilo; **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 64:177-182.

MEYER; G.; FRACALLOSSI; D.M.; BORBA; M.R.2004. A importância na quantidade de energia na ração dos peixes. **Revista Panorama da Aquicultura** 83:53-58.

MEYERS, S. P.; CHEN, H. M. 1982. Astaxanthin and its role in fish culture. **Proceeding of the warmwater fish culture**. 153-165.

MEZZOMO; N.; FERREIRA; S. R. S.2016. Carotenoids functionality; sources; and processing by supercritical technology: A Review. **Journal of Chemistry** 2016:16p.

MIRANDA; C.L.; MAIER; C.S.; STEVENS; J.F.2012. Flavonoids. **ELS**. John Wiley & Sons; Ltd: Chichester.1-13.

MOREIRA, G.C.; DIAS, F.S.D. 2018. Mixture design and Doehlert matrix for optimization of the ultrasonic assisted extraction of caffeic acid, rutin, catechin and trans-cinnamic acid in *Physalis angulata* L. and determination by HPLC DAD. **Microchemical Journal**.  
Doi:10.1016/j.microc.2018.04.035

NHAN, H. T.; MINH, T. X.; LIEW, H. J.; HIEN, T. T. T.; JHA, R. 2019. Effects of natural dietary carotenoids on skin coloration of false Clownfish (*Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830). **Aquaculture Nutrition**. 2: 1-7.

OLIVEIRA; T.T.; GOMES; S.M.; NAJEM; T.J.; COSTA; N.M.B.; SECOM; P.R.2002. Effect of different doses of flavonoids on hyperlipidemic rats. **Revista de Nutrição**. 15: 45–51.

ORNELAS-PAZ; J.J.; YAHIA; E.M.; GARDEA-BEJAR; A. 2007. Identification and quantification of xanthophyll esters; carotenes; and tocopherols in the fruit of seven Mexican mango cultivars by liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-time-of-flight mass spectrometry [LC- (APCl (+)) -MS]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 55:6628–6635.



- PALAFOX; J.P.T.; FIGUERO; J. A. L.; CARTER; E. V.J.2004.Pigmentación de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) con carotenoides de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en comparación con la astaxantina; **Revista Mexicana de Ingeniería Química** 3:219-225.
- PETERSON; J.; DWYER; J.1998.Flavonoids: Dietary occurrence and biochemical activity. **Nutrition Research**. 18: 1995–2018.
- RANI; P.; IMMANUEL; S.; ANANTHAN; P. S.; OJHA; S. N.; KUMAR; N. R.; KRISHNAN; M. 2013. Export performance of Indian ornamental fish: an analysis of growth; destination and diversity. **Indian Journal of Fisheries**. 60(3): 81-86.
- RECKNAGEL; H.; KUSCHE; H.; ELMER; K. R; MEYER; A.2013.Two new endemic species in the Midas cichlid species complex from Nicaraguan crater lakes: *Amphilophus tolteca* and *Amphilophus viridis* (Perciformes; Cichlidae). **Aqua; International Journal of Ichthyology**; 19:207–224.
- RIBEIRO; P.A.P.; MELO; D.C.; COSTA; S.L.; TEIXEIRA; E.A.2012. Carboidratos na nutrição de peixes. **Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce**.92 p.
- RUIZ-CRUZ; S.; CHAPARRO-HERNÁNDEZ; S.; HERNÁNDEZ-RUIZ; K.L.; CIRA-CHÁVEZ; L.A.; ESTRADA-ALVARADO; M.I.; ORTEGA; L.E.G.; ORNELAS-PAZ; J.J.; MATA; M.A.L. 2017.Flavonoids: Important Biocompounds in Food. In Flavonoids - **From Biosynthesis to Human Health**. ed. Justino; J.353-369.
- RUMAINUM, I. M.; WORARAD, K.; SRILAONG, V.; YAMANE, K. 2018. Fruit quality and antioxidant capacity of six Thai mango cultivars. **Agriculture and Natural Resources**. doi:10.1016/j.anres.2018.06.007
- SAJILATA; M.G.; SINGHAL; R.S.; KAMAT; M.Y.2008. The Carotenoid Pigment Zeaxanthin—A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** 7:29-47.
- SAMPAIO A.L. N & GOULART E. 2011.Ciclídeos Neotropicais: Ecomorfologia Trófica.**Oecologia Australis**. 15(4): 775-798.
- SANCHEZ-MUROS, M. J.; GARCIA-REJON, L.; LUPIANEZ, J. A.; DE LA HIGUERA, M. 1996. Long-term nutritional effects on the primary liver and kidney metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 2. Adaptive response of glucose-6-phosphate dehydrogenase activity to high carbohydrate/low-protein and high-fat/ non-carbohydrate diets. **Aquaculture Nutrition**.2: 193–200.
- SANTOS, R. A.; CALDAS, S.; PRIMEL, E. G.; TESSER, M. B.; MONSERRAT, J. M. 2016. Effects of lipoic acid on growth and biochemical responses of common carp fed with carbohydrate diets. **Fish Physiology and Biochemistry**. 42: 1699–1707.
- SANTOS, R. D. DAS; NEVES, A. L. A; PEREIRA, L. G.R; ARAÚJO, G.. G. L; COSTA, C.T. F; OLIVEIRA, G.F. DE.,2013.Utilização do Farelo de Manga na Alimentação de Ruminantes. **Embrapa Semi-Árido**, 5p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 103).
- SARBU; L; G.; BAHRIN; L.G.; BABII; C.; STEFAN; M.; BIRSA; M.I.2019. Synthetic flavonoids with antimicrobial activity: a review. **Journal of Applied Microbiology**. <https://doi.org/10.1111/jam.14271>
- SAS 9.0, 2017. SAS® University Edition. SAS Institute Inc., Cary.
- SEABRA; A.G.L.; MELO J.F.B.; SOUSA; S.A.; CAMPECHE; D.F.B.; FIGUEIREDO; R.A.C.R.; CAMPOS; R.M.L.; BATISTA; K.M. 2009.Substituição de farelo de milho pela manga no desempenho de alevinos de tambaqui. Anais XVI congresso Brasileiro de Engenharia de pesca; p. 1922-1926; Natal-RN; 2009
- SEFC; K. M.; BROWN; A. C.; CLOTFELTER; E. D. 2014. Carotenoid-based coloration in cichlid fishes. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A; **Molecular & Integrative Physiology** 173: 42-51.
- SCHWINN; K.E.; DAVIES; K.M. 2004.Flavonoids. **Plant Pigments and Their Manipulation**. **Annual Plant Reviews**.Vol. 14 (ed. K. Davies); pp. 92– 147; CRC Press Blackwell; Oxford; UK. SOUZA.

- SINGH; Z.; SINGH; R.K.; SANE; V.A.; NATH; P.; 2013. Mango - postharvest biology and biotechnology. **Critical Reviews in Plant Sciences** .32:217–236.
- SHAHIDI, F.; A. METUSALACH.; BROWN, J.A. 1998. Carotenoid pigments in seafood and aquaculture. **Critical Reviews of Food Science and Nutrition**. 38:61-67.
- SHIAU, S. Y. 1997. Utilization of carbohydrates in warmwater fish - with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**.151: 79–96.
- SHIAU, S.Y.; CHUANG, J.C. 1995. Utilization of disaccharides by juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. **Aquaculture**.133: 249–256.
- SHIAU, S. Y.; KWOK, C. C.; CHEN, C. J.; HONG, H. T.; HSIEH, H. B. 1989. Effects of dietary fibre on the intestinal absorption of dextrin, blood sugar level and growth of tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Journal of Fish Biology**. 34: 929–935.
- SHIMENO, S.; SHIKATA, T. 1993. Regulation of carbohydrate metabolism in fish. XIV. Effects of acclimatization temperature and feeding rate on carbohydrate metabolizing enzyme activity and lipid content of common carp. **Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish**. 59: 661–666.
- SINGH; Z.; SINGH; R.K.; SANE; V.A.; NATH; P.; 2013. Mango - postharvest biology and biotechnology. **Critical Reviews in Plant Sciences** .32:217–236.
- SINHA; A.K.; KUMAR; V.; MAKKAR; H.P.S.; DE BOECK; G.; BECKER; K.; 2011. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition - a review. **Food Chemistry** 127: 1409–1426.
- SNEDDON; L.; WOLFENDEN; D.2018. Ornamental Fish (Actinopterygii): **The UFAW Companion Animal Handbook**. First Edition. Edited by James Yeates. John Wiley & Sons Ltd. 440-466.
- SOUZA, A. M.; MELO, J. F. B.; MOREIRA, E. M. S.; SOUZA, E. M. 2015. The effect of mango waste meal in the protein: carbohydrate ratio on performance and body composition of pacamã fish (*Lophiosilurus alexandri*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 67: 527–534.
- SOUZA; R.C.; MELO; J.F.B.; NOGUEIRA FILHO; R.M.; CAMPECHE; D.F.B.; FIGUEIREDO; R.A.C.R.2013. Influência da farinha de manga no crescimento e composição corporal da tilápia do Nilo. **Archivos da Zootecnia** 62:217-225.
- SOWERSBY; W.; LEHTONEN; T.K.; WONG; B.B.M. 2015. Background matching ability and the maintenance of a colour polymorphism in the red devil cichlid. **Journal Evolutionary Biology**. 28:395–402
- STOREBAKKEN, T.; GOSWAMI, U.C. 1996. Plasma carotenoid concentration indicates the availability of dietary astaxanthin for Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**. 146: 147-153.
- TACHIBANA, K.; YAGI, M.; HARA, K., MISHIMA, T.; TSUCHIMOTO, M. 1997. Effects of feeding b-carotene supplemented rotifers on survival and lymphocyte proliferation reaction of fish larvae of Japanese parrotfish (*Oplegnathus fasciatus*) and Spotted parrotfish (*Oplegnathus punctatus*): preliminary trials. **Hydrobiologia**. 358:313-316.
- TAN, Q.; XIE, S., ZHU, X.; LEI, W.; YANG, Y. 2006. Effect of dietary carbohydrate sources on growth performance and utilization for gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) and Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Gunther). **Aquaculture Nutrition**. 12: 61–70.
- TEIXEIRA, A. H. DE C.; BASTIAANSEN, W. G. M.; MOURA, M. S. B.; SOARES, J. M.; AHMAD, M. D.; BOS, M. G. 2008. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**. 148:1524–1537.
- THODESEN; J.; RYE; M.; WANG; Y.X.; LI; S.J.; BENTSEN; H.B.; YAZDI; M.H.; GJEDREM; T.2013. Genetic improvement of tilapias in China: genetic parameters and selection responses in growth; survival and external color traits of red tilapia (*Oreochromis spp.*) after four generations of multi-trait selection. **Aquaculture** 416–417: 354–366.
- TLUSTY; M .2002. The benefits and risks of aquacultural production for the aquarium trade. **Aquaculture** .205: 203–219.

TORRES DOWDALL; J.; MACHADO-SCHIAFFINO; G.; KAUTT; A.F.; KUSCHE; H.; MEYER; A.2014. Differential predation on the two colour morphs of Nicaraguan Crater lake Midas cichlid fish: implications for the maintenance of its gold dark polymorphism. **Biological Journal of the Linnean Society**.31:112:123.

VAN DER BERG; H.; FAULKS; R.; GRANADO; F.H.; HIRSCHBERG; J.; OLMEDILLA; B.; SANDMANN; G.; SOUTHON; S.; STAHL; W. (2000). The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 80:880-912.

VARAKUMAR, S., KUMAR, Y. S., & REDDY, O. V. S. 2011. Carotenoid composition of mango (*Mangifera indica* L.) wine and its antioxidant activity. **Journal of Food Biochemistry**. 35: 1538–1547.

VERAKUNPIRIYA, V.; WATANABE, K.; MUSHIAKE, K.; KAWANO, K.; KOBAYASHI, T.; HASEGAWA, I.; KIRON, V.; SATOH, S.; WATANABE, T. 1997. Effect of krill meal supplementation in soft dry pellets on spawning and quality of egg of yellowtail. **Fisheries Science**. 63: 433-439.

VIEIRA; P. A. F.; QUEIROZ; J. H.; ALBINO; L. F. T.; MORAES; G. H. K.; BARBOSA; A. A.; MÜLLER; E. S.; VIANA; M. T. S.2008. Efeitos da inclusão de farelo resíduo de manga no desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**.37:2173-2178.

WANG, Y.; LIU, Y.J.; TIAN, L.X.; DU, Z.Y.; WANG, J.T.; WANG, S.; XIAO, W.P. 2005. Effects of dietary carbohydrate level on growth and body composition of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. **Aquaculture Research**. 14: 1408-1413.

WILSON R.P. 1994.Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture** 124:67-80.

WU; C.; YE; J.; GAO; J.; YANG; J.; ZHANG; Y.2016. Effect of varying carbohydrate fractions on growth; body composition; metabolic; and hormonal indices in juvenile black carp; *Mylopharyngodon piceus*. **Journal of the world aquaculture Society** 47:435-449

WYSZECKI, G.; STILES, W. S. 1967. **Color science**. New York, USA: John Wiley and Sons.

YAHIA; M. E.; ORNELAS-PAZ; J. J. 2010. Chemistry; stability and biological actions of carotenoids. In L. A. de la Rosa; E. Alvarez-Parrilla; & G. A. Gonzalez-Aguilar (Eds.); **Fruit and vegetable phytochemicals** 1:177–222.

YASIR, I., QIN, J. G. 2010. Effect of Dietary Carotenoids on Skin Color and Pigments of False Clownfish, *Amphiprion ocellaris*, Cuvier. **Journal of the World Aquaculture Society**. 41: 308–318.

YAO; L. H.; JIANG; Y. M.; SINGANUSONG; R.; DATTA; N.; DÕARCY; B.; CAFFIN; N.; RAYMONT; K. 2004. Phenolic acids and abscisic acid in Australian Eucalyptus honeys and their potential for floral authentication. **Food Chemistry**.84; 253–26

ZAFAR; A.T.; SIDHU; S.J. Composition and Nutritional Properties of Mangoes.2017. **Handbook of Mango Fruit: Production; Postharvest Science; Processing Technology and Nutrition**.217-236. Wiley-Blackwell



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo; conclui-se que a o tratamento G40 influenciou positivamente no desenvolvimento e intensidade da cor amarela na região dorsal da pele do híbrido (*Amphilophus citrinellus* x *Amphilophus labiatus* ♀ x *Vieja synspilum* ♂), ou seja, a farinha de manga pode ser utilizada com alimento alternativo em substituição a ingredientes convencionais. A alimentação dos peixes tem sido trabalhada de forma bastante intensa nos centros de pesquisa de forma a obterem-se formulações que promovam melhor desempenho e saúde aos animais; sendo assim a manga pode ser uma alternativa viável na elaboração de dietas; porém necessita de mais estudos em relação a sua composição em relação aos peixes e viabilidade econômica para o setor ornamental.

