

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Veterinária da UFMG

Programa de Pós-graduação em Zootecnia

Helder de Oliveira Guilherme

**COMPORTAMENTO ALIMENTAR, DESEMPENHO E BIOQUÍMICA SANGUÍNEA
DE *Colossoma macropomum* EM DIFERENTES ESQUEMAS DE ALIMENTAÇÃO**

Belo Horizonte

2021

Helder de Oliveira Guilherme

**COMPORTAMENTO ALIMENTAR, DESEMPENHO E BIOQUÍMICA SANGUÍNEA
DE *Colossoma macropomum* EM DIFERENTES ESQUEMAS DE ALIMENTAÇÃO**

Versão final

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição e comportamento animal.

Prof.^a. Orientadora: Dra. Paula Adriane Perez Ribeiro.

Belo Horizonte

2021

Guilherme, Helder de Oliveira, – 1991.

G956c Comportamento alimentar, desempenho e bioquímica sanguínea de *Colossoma macropomum* em diferentes esquemas de alimentação/ Helder de Oliveira Guilherme, -2021.

54f:il.

Orientadora: Paula Adriane Perez Ribeiro

Dissertação (Mestrado) apresentado à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

Bibliografia f. 20 – 26.

1. Tambaqui - Teses - 2. Pescados – Qualidade - Teses – 3. Comportamento animal – Teses – I. Ribeiro, Paula Adriane Perez – II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária - III. Título.

CDD – 636.08

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes – CRB2569



Escola de Veterinária
UFMG

ESCOLA DE VETERINÁRIA DA UFMG
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Av. Antônio Carlos 6627 - CP 567 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte- MG
TELEFONE (31)-3409-2173

www.vet.ufmg.br/academicos/pos-graduacao
E-mail: cpzootec@vet.ufmg.br

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE HELDER DE OLIVEIRA GUILHERME

As 13:00 horas do dia 30 de abril de 2021, reuniu-se, remotamente, a Comissão Examinadora de dissertação, aprovada em reunião ordinária no dia 05/04/2021, para julgar, em exame final, a defesa da dissertação intitulada: “COMPORTAMENTO ALIMENTAR, DESEMPENHO E BIOQUÍMICA SANGÜÍNEA DE *Colossoma macropomum* EM DIFERENTES ESQUEMAS DE ALIMENTAÇÃO”, como requisito final para a obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia, área de concentração Nutrição Animal – Aquacultura.

Abrindo a sessão, a Presidente da Comissão, Profa. Paula Adriane Perez Ribeiro, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da Defesa de dissertação, passou a palavra ao (a) candidato (a), para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato (a). Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento da dissertação, tendo sido atribuídas as seguintes indicações:

	Aprovada	Reprovada
Prof.(a)/Dr.(a) Galileu Crovatto Veras	X	
Prof.(a)/Dr.(a) Leandro Santos Costa	X	
Prof.(a)/Dr.(a) Paula Adriane Perez Ribeiro	X	

Pelas indicações, o (a) candidato (a) foi considerado (a): Aprovado (a)

Reprovado (a)

Para concluir o Mestrado, o(a) candidato(a) deverá entregar 03 volumes encadernados da versão final da dissertação acatando, se houver, as modificações sugeridas pela banca, e a comprovação de submissão de pelo menos um artigo científico em periódico recomendado pelo Colegiado dos Cursos. Para tanto terá o prazo máximo de 60 dias a contar da data defesa.

O resultado final, foi comunicado publicamente ao (a) candidato (a) pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ata, que será assinada por todos os membros participantes: da Comissão Examinadora e encaminhada juntamente com um exemplar da dissertação apresentada para defesa.

Belo Horizonte, 30 de abril de 2021.

Assinatura dos membros da banca:

Leandro Santos Costa

Paula Adriane Perez Ribeiro

Paula Adriane Perez Ribeiro

(Vide Normas Regulamentares da defesa de Tese no verso)
(Este documento não terá validade sem assinatura e carimbo do Coordenador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos concedidas em minha vida.

À Universidade Federal de Minas Gerais, pela oportunidade de ampliação dos meus conhecimentos e pela realização dessa pós-graduação;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos;

À minha Orientadora Dra. Paula Adriane Perez Ribeiro, por me guiar, auxiliar e incentivar desde os tempos de iniciação científica até hoje. Ao longo desses anos adquiri muitos aprendizados e muito conhecimento técnico e científico.

Ao professor Dr. Leandro Santos Costa pela coorientação e auxílio em diversos estudos, além dos conhecimentos transmitidos.

À equipe do Laboratório de Nutrição do Laqua – UFMG, por toda ajuda nas atividades relacionadas a essa pesquisa, e nas dificuldades encontradas nesse percurso.

À minha mãe, Maria Helena, que sempre me apoiou, me dando forças para seguir em frente. Apesar de estar passando um dos momentos mais difíceis de sua vida, devido a problemas de saúde, sempre se manteve firme, me passando confiança e positividade.

Ao meu saudoso pai, Ferdinando Guilherme, que apesar de não estar mais entre nós, sinto sua presença constantemente, me guiando pelos caminhos da vida.

À minha noiva Izabela Soares por todo esse tempo juntos, sempre me motivando, dando forças e incentivando na caminhada da graduação e pós-graduação.

Aos amigos do Laqua, Fábio, Pedro, Verônica e Luiz Felipe que sempre me ajudaram e me incentivaram em todo o percurso acadêmico, da graduação até o mestrado.

De forma geral, agradeço a todas as pessoas que me apoiaram de um modo ou de outro, na condução dessa pesquisa e em todo o percurso acadêmico da pós-graduação.

Dedico esta Dissertação

Primeiramente a Deus, e aos meus pais, principalmente minha mãe que é a minha base e ao meu pai (in memoriam) pois, mesmo não estando presente, sinto sua presença me guiando em meus caminhos. Dedico também a minha noiva Izabela pelo companheirismo e força nos momentos difíceis, e a minha família e amigos pelos incentivos nessa caminhada.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1	49
Tabela 2	50

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 1	51
Figura 2	52
Figura 3	53

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO 1	13
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Comportamento alimentar	14
2.2 Frequência alimentar	16
2.3 Parâmetros sanguíneos	19
2.4 Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	20
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO 2	27
Comportamento alimentar, desempenho e bioquímica sanguínea de <i>Colossoma macropomum</i> alimentados em diferentes esquemas de alimentação	28
Resumo	29
Introdução	30
Material e métodos	31
<i>Comportamento alimentar</i>	33
<i>Desempenho zootécnico dos animais</i>	33
<i>Bioquímica sanguínea</i>	33
<i>Análises de dados</i>	34
Resultados	34
<i>Comportamento alimentar</i>	34
<i>Desempenho zootécnico dos animais</i>	34
<i>Bioquímica sanguínea</i>	35

Discussão	35
Conclusões	38
Referências	39
Tabela 1.....	49
Tabela 2	50
Figura 1	51
Figura 2	52
Figura 3	53

RESUMO

Guilherme, H. O. COMPORTAMENTO ALIMENTAR, DESEMPENHO E BIOQUÍMICA SANGUÍNEA DE *Colossoma macropomum* EM DIFERENTES ESQUEMAS DE ALIMENTAÇÃO. 2021. Dissertação de mestrado (Zootecnia – Nutrição animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes frequências de alimentação e autoalimentação sobre o comportamento, desempenho e parâmetros bioquímicos do sangue de juvenis de *Colossoma macropomum*, durante dois períodos de alimentação (dia / noite). Cento e sessenta e dois juvenis de *C. macropomum* ($3,63 \pm 0,05$ g) foram submetidos a nove tratamentos: autoalimentação de 24 horas (SF); autoalimentação à vontade durante o dia (SFD) e alimentação em frequências fixas de duas (2D), quatro (4D) e seis (6D) vezes ao dia; autoalimentação à vontade durante a noite (SFN) e alimentação em frequências fixas de duas (2N), quatro (4N) e seis (6N) vezes por noite. SF exibiu 95,7% de atividade alimentar noturna e 4,3% diurna ($p < 0,05$). SFD e SFN mostraram atividade alimentar ao longo do dia e da noite, respectivamente. O peso final, ganho de peso e o consumo total de ração foram maiores para os animais em 2D, 4D, 6D, 2N, 4N e 6N ($p < 0,05$). A conversão alimentar aparente foi melhor para os animais em SF, SFD, 4D, SFN e 4N ($p < 0,05$). Os valores de colesterol e HDL foram menores para os peixes mantidos em regime de alimentação SF, SFN, 2N, 4N e 6N ($p < 0,05$). Os animais do SF apresentaram os menores valores de triglicérides entre os esquemas alimentares ($p < 0,05$), enquanto glicose, albumina, LDL, ALT e AST não diferiram significativamente entre os tratamentos. Conclui-se que juvenis de *C. macropomum* apresentam ampla plasticidade alimentar. Os resultados mostraram que os juvenis de *C. macropomum*, alimentados quatro vezes ao dia, apresentam bom desempenho. Os indicadores metabólicos sanguíneos foram influenciados pelos padrões alimentares e períodos noturnos / diurnos estudados.

Palavras-chave: autoalimentação, frequência alimentar, tambaqui, fotoperíodo.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate different feeding frequencies and self-feeding on the behavior, performance and blood biochemistry parameters of juvenile *Colossoma macropomum*, during two feeding periods (day/night). One hundred and sixty-two juveniles of *C. macropomum* (3.63 ± 0.05 g) were subjected to nine treatments: 24-hour self-feeding (SF); day self-feeding at will (SFD) and feeding at fixed frequencies of two (2D), four (4D) and six (6D) times a day; night self-feeding at will (SFN) and feeding at fixed frequencies of two (2N), four (4N) and six (6N) times a night. SF exhibited 95.7% nocturnal and 4.3% diurnal activity ($p < 0.05$). SFD and SFN showed feeding activity throughout the day and night, respectively. Final weight, weight gain and total feed consumption were higher for animals in 2D, 4D, 6D, 2N, 4N and 6N ($p < 0.05$). Apparent feed conversion was better for animals in SF, SFD, 4D, SFN and 4N ($p < 0.05$). Cholesterol and HDL values were lower for fish maintained on SF, SFN, 2N, 4N and 6N feeding schemes ($p < 0.05$). The animals in the SF had the lowest triglyceride values among the feeding schemes ($p < 0.05$) while glucose, albumin, LDL, ALT and AST did not differ significantly among the treatments. It is concluded that juveniles of *C. macropomum* has ample food plasticity. The results showed that juvenile *C. macropomum* fed four times a day, have good performance. Blood metabolic indicators were influenced by the dietary patterns and night/day periods studied.

Keywords: self-feeding, food frequency, tambaqui, photoperiod.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a aquicultura abrange a produção de organismos aquáticos marinhos e de água doce, com a utilização de técnicas que garantem grande volume de produção e alta qualidade do alimento (FAO, 2016). A aquicultura tem grande importância mundial para a alimentação, nutrição e geração de empregos para milhões de pessoas (FAO, 2018). Com a captura relativamente estagnada da produção pesqueira e aumento da população mundial, conseqüentemente, se tem uma maior demanda por alimento e, nesse cenário, a aquicultura é um setor com amplo crescimento (FAO, 2018).

De acordo com a FAO, a produção aquícola alcançou um recorde histórico de 114,5 milhões de toneladas de peso vivo em 2018, com valor de venda de \$ 263,6 bilhões (FAO, 2020). Desse montante, a produção de peixes representa 54,3 toneladas, no valor de \$ 139,7 bilhões (FAO 2020). No Brasil, a produção de peixes cresceu 4,9%, atingindo 758.006 toneladas em 2019, sendo a tilápia a espécie mais produzida, representando 57% de toda a piscicultura brasileira (432.149 toneladas), seguida por espécies nativas que representaram cerca de 39,84% (287.910) da produção total, sendo o tambaqui a mais produzida no país (Peixe BR, 2019).

Na produção do pescado vários fatores estão ligados à produtividade e rentabilidade do setor, destacando-se a qualidade da água e da ração, taxa de arraçoamento e frequência alimentar. De acordo com a Secretaria de Estado de Produção Rural - AM (Sepror/Sepa), a ração representa cerca de 70% dos custos na produção de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Dessa forma, estudos vêm sendo feitos para aprimorar as técnicas de cultivo, no intuito de obter maior aproveitamento pelos animais da ração fornecida e diminuição dos custos. O consumo de ração pelos peixes é influenciado por fatores como: condições ambientais, comportamento alimentar, composição da dieta, quantidade de alimento, frequência alimentar, fase de vida dos animais, estado fisiológico e saúde (Cyrino et al., 2010). Portanto, esses fatores têm grande influência no desenvolvimento dos animais (Riche et al., 2004).

A complexidade dos estudos relacionados ao comportamento alimentar em peixes é reflexo da grande diversidade de espécies e fatores que podem influenciar esse comportamento. Os padrões alimentares e o comportamento em relação à alimentação variam em função da

espécie e sofrem, ainda, influência direta do hábito alimentar, tipo de dieta, sensibilidade a detecção do alimento, disponibilidade de alimento e fatores ambientais (qualidade de água, temperatura, fotoperíodo, dentre outros). Os peixes apresentam ritmos de alimentação, aspecto que vem sendo estudado em diferentes espécies comerciais. A otimização da alimentação na piscicultura é importante para garantir lucratividade. Assim, o uso de autoalimentadores permite demonstrar com mais clareza características comportamentais em peixes (Reis et al., 2019). Esse método de alimentação evita excesso e falta de alimento, uma vez que o animal busca o alimento conforme sua necessidade (Covès et al., 2006). Entretanto, alguns fatores podem influenciar no desempenho de animais utilizando autoalimentadores, dentre eles, competição, formação de hierarquia e diferenças na aprendizagem de cada animal ao utilizar o sistema.

Na produção aquícola em geral as alimentações são fixas, distribuídas ao longo do dia, variando de acordo com o tipo de produção e espécie cultivada. A frequência alimentar tem grande importância no sistema produtivo. A dieta é oferecida aos animais em horários pré-estabelecidos, estimulando os mesmos a buscarem alimento somente nesses horários. Desse modo, esse manejo pode contribuir para redução na conversão alimentar, melhoria no ganho de peso, redução de desperdícios e, conseqüentemente, manutenção dos parâmetros de qualidade de água, além de reduzir custos no sistema de produção (Carneiro e Mikos, 2005). A frequência de alimentação ideal para peixes é variável entre as espécies (Catarino et al., 2019). Portanto, informações sobre o comportamento alimentar e frequência de alimentação ideal em peixes podem ser ferramentas úteis ao desenvolvimento satisfatório dos animais, melhorando sua produtividade em cativeiro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Comportamento alimentar

O comportamento alimentar de peixes é considerado complexo, estando diretamente ligado a fatores como hábito alimentar, mecanismo de detecção do alimento, quantidade, frequência alimentar, habitat e fatores ambientais (temperatura, fotoperíodo e salinidade) (Volkoff e Peter, 2006). Esse comportamento, em diversas espécies de peixes, tem sido objetivo de estudos atualmente. As pesquisas visam compreender os mecanismos e interações que possam estar atrelados ao comportamento alimentar (Marusov e Kasumyan, 2017). A quantidade de alimento no trato digestivo e tipo de dieta influenciam no comportamento

alimentar dos animais. Carpas comum (*Cyprinus carpio*) alimentadas com dietas ricas em carboidratos, por exemplo, demoram mais tempo para buscar novamente o alimento, quando comparadas àquelas alimentadas com dietas ricas em proteína, como resultado do processo digestivo diferenciado de ambas as dietas (Kuz'mina, 2009).

Em muitas espécies de peixes a busca pelo alimento está relacionada a mecanismos sensoriais de detecção. O olfato possui importante papel nesse processo, uma vez que os animais buscam o alimento por meio de odores; entretanto, a sensibilidade olfativa tem ampla variação entre as espécies de peixes (Raubenheimer et al., 2012; Marusov e Kasumyan 2017). Tilápias nilóticas (*Oreochromis niloticus*) apresentam ampla sensibilidade olfativa a odores alimentares, demonstrando que essa espécie consegue buscar alimento em condições adversas, como elevada turbidez da água, período noturno e em meio a vegetações. Com a perda do olfato existe um bloqueio sobre a resposta desses peixes a odores, mostrando que a tilápia possui poucos ou até mesmo nenhum outro mecanismo externo para detecção de alimentos. Dessa forma, destaca-se que o sentido olfativo tem grande importância na busca e detecção de alimento para a tilápia (Marusov e Kasumyan 2017).

Os peixes possuem ritmos alimentares, com horários de preferência, onde buscam e consomem o alimento, tanto durante o dia quanto à noite, variando conforme a espécie. Nem sempre o padrão de alimentação está diretamente relacionado à atividade locomotora do animal. O comportamento alimentar pode divergir entre as espécies (Fortes-silva et al., 2010). Os sistemas de autoalimentação são ferramentas que auxiliam no estudo do comportamento alimentar dos peixes, para compreensão dos ritmos de alimentação, sendo objetivo de estudo. Podem ser integrados a softwares computacionais que registram dados referentes ao comportamento alimentar (horário, frequência e padrões de alimentação) (Kitagawa et al., 2015; Mattos et al., 2016; Benhaim et al., 2017; Fortes-Silva et al., 2018; Reis et al., 2019). Os alimentadores automáticos podem ser acionados por hastes com um objeto na ponta (interruptor), um pouco abaixo da superfície, de modo que os peixes consigam puxar a haste e fazer o acionamento (Pratiwy et al., 2017), ou podem ser acionados por meio de fotocélulas de luz infravermelha, onde o peixe passa pelo feixe de luz para acionar o alimentador (Santos et al., 2019). Tais sistemas podem melhorar a eficiência alimentar dos animais, com consequente redução no desperdício de ração (Mattos et al., 2016).

Juvenis de pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) utilizando um sistema de autoalimentação, apresentaram atividade locomotora e alimentar noturna; entretanto, os animais mostraram

plasticidade para se adaptarem à ingestão de alimento também no período diurno (Kitagawa et al., 2015). Resultados semelhantes foram descritos para o híbrido *Pseudoplatystoma reticulatum*♀ × *Leiarius marmoratus*♂, que demonstrou preferência alimentar (89%) e atividade locomotora (94,1%) noturna (Fortes-Silva et al., 2017).

A atividade alimentar de tilápias nilóticas (*Oreochromis niloticus*), avaliada com auxílio de um sistema de autoalimentação apresentou-se estritamente diurna (Toguyeni et al., 1997). Dados divergentes foram descritos por Fortes-Silva et al. (2010), que relataram atividade locomotora de tilápias 66,7% diurna e atividade alimentar estritamente noturna, com 93% de demanda alimentar nesse período. Em estudo recente, tilápias mantidas em temperatura controlada e fotoperíodo de 12L:12E (luz:escuro) mostraram um padrão de alimentação diurna. Os animais em ambiente externo, sem controle de fotoperíodo e temperatura, apresentaram padrão diurno, que foi do início do verão ao início do outono, sendo que ao final do outono manifestaram uma preferência de alimentação noturna. Isso demonstra que esse comportamento é influenciado pelo fotoperíodo e temperatura e que a tilápia apresenta plasticidade no padrão alimentar (Pratiwy e Khobara, 2017). Por meio da utilização de um sistema de autoalimentação sem restrição de horário ou acesso ao alimento, Reis et al. (2019) descreveram que o tambaqui (*Colossoma macropomum*) tem preferência alimentar noturna. Essa espécie também apresenta um padrão de atividade locomotora noturna (Fortes-Silva et al., 2015; Fortes-Silva et al., 2018). Entretanto, o tambaqui possui plasticidade alimentar e estudos já demonstraram que esta espécie se alimenta e se desenvolve bem no período diurno (Sandre et al., 2017; Pereira et al., 2018; Assis et al., 2020; Frisso et al., 2020).

O mecanismo de autoalimentação permite ao peixe regular a ingestão de ração tanto em quantidade, quanto em frequência e horário, conforme sua necessidade (Azzaydi et al., 1998). Assim, esse método pode contribuir para uma melhor produção dos peixes em cativeiro, diminuindo o impacto na qualidade da água e trazendo benefícios a aquicultura (Pratiwy e Khobara, 2017). Entretanto, problemas como formação de hierarquia, competição e aprendizagem podem influenciar no desempenho desses animais nesses sistemas.

2.2 Frequência alimentar

O manejo alimentar adequado desempenha um papel fundamental na produção de peixes, uma vez que contribui para o bom desenvolvimento dos animais, além de estar

relacionado com variáveis de grande impacto econômico, como ração e mão de obra (Hayashi et al., 2004). A quantidade de alimento e a frequência com que esse alimento é fornecido aos animais é variável em função da espécie, sexo, idade, genótipo, deposição de gordura, dentre outros aspectos (Catarino et al., 2019; El-Araby et al., 2020). A frequência de alimentação, um dos principais aspectos do manejo alimentar, tem grande relevância no sistema produtivo. Na produção do pescado, a frequência alimentar pode afetar diretamente a ingestão de alimento pelos peixes, quantidade de alimento não consumido, eficiência na utilização do alimento, excreção dos peixes e qualidade da água (Liang e Chien, 2013).

Uma frequência adequada otimiza a mão de obra, diminui desperdícios e contribui para a manutenção da qualidade de água (Hayashi et al., 2004), além de melhorar o desempenho dos animais, pois a frequência desempenha um papel importante na regulação da ingestão e desperdício de ração (Wang et al., 2007; Xie et al., 2011). Por outro lado, falhas no manejo alimentar podem determinar perda de peso dos animais, heterogeneidade na população, absorção ineficiente de nutrientes, bem como afetar a qualidade de água, comprometendo o bem-estar animal (Veras et al., 2014).

A alimentação em alta frequência do *Stizostedion vitreum* resulta em melhor qualidade de água, entretanto, sem efeito no crescimento dessa espécie (Phillips et al., 1998). Hayashi et al. (2004) observaram que alevinos de lambari do rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*), alimentados quatro vezes ao dia, tiveram melhor desempenho de crescimento e maior sobrevivência. Resultados semelhantes foram descritos para truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* (Ruohonen et al., 1998), tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Riche et al., 2004), *Sander lucioperca* (Wang et al., 2009) e *Maylandia lombardoi* (Karadal et al., 2017). Maiores frequências alimentares, consequentemente fornecendo menos ração por vez, pode resultar numa maior eficiência de absorção de nutrientes, com redução da excreção nitrogenada na água (Liang e Chien, 2013). Entretanto, Riche et al. (2004), descreveram que alimentar tilápias antes do intervalo ideal para sua retomada de apetite pode determinar acúmulo excessivo de dieta no trato gastrointestinal, levando a uma menor eficiência de absorção. Portanto, a frequência alimentar pode influenciar no esvaziamento gástrico e apetite dos animais.

Veras et al. (2014) verificaram que a frequência de alimentação não influenciou o crescimento de larvas de *Pyrrhulina brevis*, sendo que o fornecimento de alimento duas vezes ao dia foi tão eficiente quanto quatro vezes ao dia. A utilização de uma frequência alimentar adequada é essencial para o bom desenvolvimento dos peixes. Para juvenis de *Megalobrama*

amblycephala foi descrito a frequência de alimentação abaixo ou acima da ideal influenciam de forma negativa o crescimento, a eficiência alimentar, bem como predispõe à redução de enzimas intestinais (Tian et al., 2015).

Dametto et al. (2018) observaram que o regime de alimentação modula o comportamento do peixe zebra (*Danio rerio*), sendo que animais alimentados uma vez ao dia apresentavam atividade antecipatório da alimentação semelhante aos animais alimentados duas vezes ao dia. Essa atividade era mensurada através de um monitoramento de câmeras. Para esta espécie, frequências de alimentação de quatro ou seis vezes ao dia, ou apenas a cada dois dias, não resultaram em diferenças em relação à alimentação duas vezes ao dia.

Catarino et al. (2019) verificaram que numa frequência de alimentação de três vezes ao dia, alevinos de *Garra rufa* apresentaram maior crescimento, sobretudo em comprimento total. Essa espécie possui metabolismo acelerado, com alta demanda energética. Nesse caso, aumentar a frequência alimentar pode melhorar a ingestão calórica, otimizando a energia destinada ao crescimento.

Ao longo dos anos, alguns trabalhos abordaram a importância da frequência de alimentação no manejo alimentar do tambaqui (*Colossoma macropomum*). Van der Meer et al. (1997) avaliaram oito regimes de alimentação, incluindo frequência alimentar, período de alimentação (manhã e tarde) e intervalo entre as refeições, sobre o desempenho zootécnico dessa espécie. Os autores destacaram que no manejo alimentar vários fatores devem ser levados em consideração, assim como a frequência alimentar, o horário de fornecimento da ração também é relevante. Em altas frequências alimentares os animais tiveram maior consumo de ração, melhor crescimento, porém, menor eficiência no aproveitamento da dieta.

Silva et al. (2007) testaram duas taxas de arraçoamento (5 e 10%), juntamente com duas frequências alimentares (duas e três vezes ao dia), para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) criados em tanques-rede. Foi descrito que os animais que receberam 10% do peso vivo em ração, numa frequência de três vezes ao dia, apresentaram melhor desempenho (ganho de peso, comprimento e taxa de crescimento específica) em comparação aos demais. Souza et al. (2014) avaliaram quatro frequências alimentares (duas, quatro, seis e oito vezes ao dia) para juvenis de tambaqui e observaram que não houve diferença no desempenho (ganho de peso, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico e sobrevivência) dos animais, sendo então recomendada a alimentação duas vezes ao dia, para minimizar gastos com mão de obra.

2.3 Parâmetros sanguíneos

A avaliação da bioquímica sanguínea em peixes permite uma compreensão mais clara da condição metabólica dos animais e como o metabolismo se comporta frente a situações relacionadas à nutrição, fisiologia e desequilíbrios de forma geral (Wagner e Congleton, 2004; Higuchi et al., 2011). Além disso, as análises de parâmetros bioquímicos sanguíneos podem refletir o estado de saúde do animal (Simková et al., 2015).

A mensuração de proteínas plasmáticas em peixes é importante para verificação de potenciais danos teciduais no animal (Melo et al., 2009). Uma das principais proteínas é a albumina, cuja síntese está diretamente relacionada a fatores nutricionais, hormonais, estresse e condição hepática (Hasegawa et al., 2002).

A glicose é fundamental como substrato oxidativo para alguns tecidos e células, sendo que a glicemia em peixes pode apresentar ampla variabilidade entre as espécies (Hemre et al., 2002). Sabe-se que o jejum ou a inanição causam uma diminuição da glicose circulante (Caruso et al., 2010; Waagbo et al., 2017; Dar et al., 2019). Entretanto, o estresse causado pelo jejum pode ser um fator que eleva a glicemia em peixes (El-Araby et al., 2020). A resposta dos peixes ao estresse é caracterizada por uma série de alterações bioquímicas e fisiológicas, causando a liberação de hormônios do estresse na corrente sanguínea (Zahangir et al., 2015). Os hormônios do estresse (por exemplo, cortisol e catecolaminas) liberados pelo sistema endócrino (a resposta primária) em condições estressantes ativam a produção de glicose por meio da gliconeogênese (a resposta secundária), levando à elevação do nível de glicose no sangue dos peixes (Nakano et al., 2014).

As transaminases aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT) são enzimas que atuam no catabolismo de aminoácidos. Dietas desbalanceadas em aminoácidos ou com excesso de proteína podem levar ao processo de desaminação, uma vez que o organismo utilizará a proteína para obtenção de energia (Champe et al., 2009).

O colesterol e os triglicerídeos são transportados na corrente sanguínea pelas lipoproteínas (LDL, HDL e VLDL). O colesterol é fundamental para a síntese de hormônios esteroides, constituintes de sais biliares, além de ser um componente de membranas celulares. Já os triglicerídeos são os principais lipídios do tecido adiposo, tendo papel significativo na reserva energética. Os níveis de colesterol e triglicerídeos podem ser influenciados pela nutrição (Labarrère et al., 2013).

As lipoproteínas atuam no transporte de lipídios para tecidos periféricos (Champe et al., 2009; Ribeiro et al., 2013). A lipoproteína de baixa densidade (LDL) tem como principal função o transporte de colesterol do fígado para os tecidos periféricos. Já a lipoproteína de alta densidade (HDL) atua na remoção de colesterol e triglicerídeos, além de atuar no transporte e metabolismo de ésteres de colesterol (Champe et al., 2009).

2.4 Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

Na América Latina os peixes de água doce da família Serrasalminidae, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) tem ampla importância econômica e social. Essas espécies se destacam pelo bom desempenho produtivo, com alta taxa de crescimento e fácil adaptação a sistemas de produção intensivos (Guimarães e Martins, 2015). Devido a esses fatores, o tambaqui é considerado uma das espécies mais importantes da bacia Amazônica. Sua exploração se dá, sobretudo, pela pesca artesanal e produção em cativeiro. Trata-se de um peixe onívoro, com excelente aceitação de dietas comerciais (Wood et al., 2017).

A fácil adaptação dos tambaquês ao consumo de ração, às condições de cativeiro, sua carne de qualidade, bem como sua boa aceitação no mercado, faz com que essa espécie tenha grande potencial no cenário aquícola (Araújo et al., 2018). Apesar do tambaqui ser a principal espécie nativa produzida no Brasil, muitos fatores relacionados à nutrição e ao manejo alimentar dessa espécie ainda não estão claramente compreendidos, com informações limitadas ou incipientes (Guimarães e Martins, 2015; Araújo et al., 2018). Portanto, elucidar questões nutricionais e comportamentais do tambaqui auxiliará no desenvolvimento adequado dos animais, com conseqüente aprimoramento de sua produção em cativeiro.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. G. et al. Apparent Digestibility of Minerals from Several Ingredients for Tambaqui, *Colossoma macropomum*, Juveniles. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 49, n. 6, p. 1026–1038, 2018.

ASSIS, Y. P. A. S. et al. Feed restriction as a feeding management strategy in *Colossoma macropomum* juveniles under recirculating aquaculture system (RAS). **Aquaculture**, v. 529, n. March, p. 735689, 2020.

AZZAYDI, M. et al. Effect of three feeding strategies (automatic, ad libitum demand-feeding

and time-restricted demand-feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **Aquaculture**, v. 163, n. 3–4, p. 285–296, 1998.

BENHAÏM, D. et al. Self-feeding behaviour and personality traits in tilapia: A comparative study between *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon melanotheron*. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 187, p. 85–92, 2017.

CARNEIRO, P. C. F.; MIKOS, J. D. Frequência alimentar e crescimento de alevinos de jundiá, *Rhamdia quelen*. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 187–191, 2005.

CARUSO, G. et al. Physiological responses to starvation in the European eel (*Anguilla anguilla*): Effects on haematological, biochemical, non-specific immune parameters and skin structures. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 36, n. 1, p. 71–83, 2010.

CATARINO, M. M. R. S. et al. Optimization of feeding quantity and frequency to rear the cyprinid fish *Garra rufa* (Heckel, 1843). **Aquaculture Research**, v. 50, n. 3, p. 876–881, 2019.

CHAMPE, P.C. et al. Bioquímica ilustrada. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 528p.

COVÈS, D. et al. Long-term monitoring of individual fish triggering activity on a self-feeding system: An example using European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 253, n. 1–4, p. 385–392, 2006.

CYRINO, J. E. P. et al. A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. SUPPL. 1, p. 68–87, 2010.

DAMETTO, F. S. et al. Feeding regimen modulates zebrafish behavior. **PeerJ**, v. 2018, n. 8, p. 1–17, 2018.

DAR, S. A. et al. Temporal changes in superoxide dismutase, catalase, and heat shock protein 70 gene expression, cortisol and antioxidant enzymes activity of *Labeo rohita* fingerlings subjected to starvation and refeeding. **Gene**, v. 692, n. December 2018, p. 94–101, 2019.

EL-ARABY, D. A.; AMER, S. A.; KHALIL, A. A. Effect of different feeding regimes on the growth performance, antioxidant activity, and health of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 528, n. March, p. 735572, 2020.

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma, 224 p.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. Meeting the sustainable development

goals. Roma, 227 p.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Roma, 224 p.

FORTES-SILVA, R. et al. Daily rhythms of locomotor activity, feeding behavior and dietary selection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology**, v. 156, n. 4, p. 445–450, 2010.

FORTES-SILVA, R. et al. Daily rhythms of locomotor activity and the influence of a light and dark cycle on gut microbiota species in tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Biological Rhythm Research**, v. 47, n. 2, p. 183–190, 2016.

FORTES-SILVA, R. et al. Hybrid fish model (*Pseudoplatystoma reticulatum*♀ × *Leiarius marmoratus*♂) to study feeding behaviour: protein source self-selection and demand-feeding rhythms. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 7, p. 3705–3718, 2017.

FORTES-SILVA, R.; VALLE, S. V. DO; LOPÉZ-OLMEDA, J. F. Daily rhythms of swimming activity, synchronization to different feeding times and effects on anesthesia practice in an Amazon fish species (*Colossoma macropomum*). **Chronobiology International**, v. 35, n. 12, p. 1713–1722, 2018.

FRISSE, R. M. et al. Stocking density of Amazon fish (*Colossoma macropomum*) farmed in a continental neotropical reservoir with a net cages system. **Aquaculture**, v. 529, n. July, p. 735702, 2020.

GUIMARÃES, I. G.; MARTINS, G. P. Nutritional requirement of two Amazonian aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachipomus* (Cuvier, 1818): A mini review. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 31, p. 57–66, 2015.

HASEGAWA, M. Y. Avaliação do Perfil Eletroforético das Proteínas Séricas em Matrizes Pesadas (*Gallus gallus Domesticus*) da Linhagem Avian Farm Serum Protein Electrophoresis Evaluation in Adult Broiler Breeders (*Gallus gallus Domesticus*) of the Avian Farm Strain. 2002.

HAYASHI, C. et al. Frequência de arraçoamento para alevinos de lambari do rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 21–26, 2004.

HEMRE, G. I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: Effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 3, p.

175–194, 2002.

HIGUCHI, L. H. et al. Avaliação erotrocitária e bioquímica de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos á dieta com diferentes níveis protéicos e energéticos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 70–75, 2011.

KARADAL, O.; GÜROY, D.; TÜRKMEN, G. Effects of feeding frequency and Spirulina on growth performance, skin coloration and seed production on kenya cichlids (*Maylandia lombardoi*). **Aquaculture International**, v. 25, n. 1, p. 121–134, 2017.

KITAGAWA, A. T. et al. Feeding behavior and the effect of photoperiod on the performance and hematological parameters of the pacamã catfish (*Lophiosilurus alexandri*). **Applied Animal Behaviour Science**, v. 171, p. 211–218, 2015.

KUZ'MINA, V. V. Influence of feeding regime and of food biochemical composition upon feeding behavior in common carp (*Cyprinus carpio*). **Journal of Ichthyology**, v. 49, n. 1, p. 105–110, 2009.

LABARRÈRE, C. R. et al. Blood chemistry profile of Surubim hybrid fish (*Pseudoplatystoma reticulatum* X *P. corruscans*) raised in different stocking densities. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 3, p. 251–258, 2013.

LIANG, J. Y.; CHIEN, Y. H. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water spinach raft aquaponics system. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 85, p. 693–700, 2013.

MARUSOV, E. A.; KASUMYAN, A. O. Feeding behavior and responsivity to food odors in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) after chronic polisensory deprivation. **Journal of Ichthyology**, v. 57, n. 5, p. 747–752, 2017.

MATTOS, B. O. et al. Self-feeder systems and infrared sensors to evaluate the daily feeding and locomotor rhythms of Pirarucu (*Arapaima gigas*) cultivated in outdoor tanks. **Aquaculture**, v. 457, p. 118–123, 2016.

MELO, D. C. et al. Perfil proteico de tilápia nilótica chitralada (*Oreochromis niloticus*), submetida ao estresse crônico por hipóxia. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, v. 61, n. 5, p. 1183–1190, 2009.

NAKANO et al. Effect of severe environmental thermal stress on redox state in salmon **Redox Biology**, v. 2, p. 772–776, 2014.

- PEIXE-BR. Anuário Peixe Br da Piscicultura 2020. **Associação Brasileira de Piscicultura**, p. 1–136, 2020.
- PEREIRA, R. T. et al. Oil sources administered to tambaqui (*Colossoma macropomum*): growth, body composition and effect of masking organoleptic properties and fasting on diet preference. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 199, n. October 2017, p. 103–110, 2018.
- PHILLIPS, T. A.; SUMMERFELT, R. C.; CLAYTON, R. D. Feeding Frequency Effects on Water Quality and Growth of Walleye Fingerlings in Intensive Culture. **Progressive Fish-Culturist**, v. 60, n. 1, p. 1–8, 1998.
- PRATIWY, F. M. et al. Effectiveness of the self-feeding method on growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Science**, v. 65, n. 4, p. 367–375, 2017.
- PRATIWY, F. M.; KOHBARA, J. Dualistic feeding pattern of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) reared under different self-feeding system conditions. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 2, p. 969–976, 2018.
- RAUBENHEIMER, D. et al. Nutrition and Diet Choise. In: Huntingford, F. et al. Aquaculture and behavior. **Wiley blackwell**, 2012 p. 150-176.
- REIS, Y. S. et al. New insights into tambaqui (*Colossoma macropomum*) feeding behavior and digestive physiology by the self-feeding approach: effects on growth, dial patterns of food digestibility, amylase activity and gastrointestinal transit time. **Aquaculture**, v. 498, n. August 2018, p. 116–122, 2019.
- RIBEIRO, P. A. P. et al. Parâmetros metabólicos de pacus alimentados com diferentes fontes de óleo. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 1035–1042, 2013.
- RICHE, M. et al. Effect of feeding frequency on gastric evacuation and the return of appetite in tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, v. 234, n. 1–4, p. 657–673, 2004.
- ROSSATO, S. et al. Incorporação de farinhas de resíduos de Jundiá na dieta: Bioquímica plasmática, parâmetros hepáticos e digestivos. **Ciencia Rural**, v. 43, n. 6, p. 1063–1069, 2013.
- RUOHONEN, K. et al. Effects of feeding frequency on growth and food utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low-fat herring or dry pellets. **Aquaculture**, v. 165, n. 1–2, p. 111–121, 1998.
- SANDRE, L. C. G. et al. Productive performance and digestibility in the initial growth phase

of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets with different carbohydrate and lipid levels. **Aquaculture Reports**, v. 6, p. 28–34, 2017.

SANTOS, F. A. C. et al. Regulation of voluntary protein/energy intake based practical diet composition for the carnivorous neotropical catfish *Lophiosilurus alexandri*. **Aquaculture**, v. 510, n. February, p. 198–205, 2019.

SILVA, C. R.; GOMES, L. C.; BRANDÃO, F. R. Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. **Aquaculture**, v. 264, n. 1–4, p. 135–139, 2007.

ŠIMKOVÁ, A. et al. The effect of hybridization on fish physiology, immunity and blood biochemistry: A case study in hybridizing *Cyprinus carpio* and *Carassius gibelio* (Cyprinidae). **Aquaculture**, v. 435, p. 381–389, 2015.

SOUZA, R. C. et al. Frequência de alimentação para juvenis de tambaqui. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, n. 3, p. 927–932, 2014.

TIAN, H. Y. et al. Optimum feeding frequency of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. **Aquaculture**, v. 437, p. 60–66, 2015.

TOGUYENI, A. et al. Feeding behaviour and food utilisation in tilapia, *Oreochromis niloticus*: Effect of sex ratio and relationship with the endocrine status. **Physiology and Behavior**, v. 62, n. 2, p. 273–279, 1997.

VAN DER MEER, M. B.; VAN HERWAARDEN, H.; VERDEGEM, M. C. J. Effect of number of meals and frequency of feeding on voluntary feed intake of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, v. 28, n. 6, p. 419–432, 1997.

VERAS, G. C. et al. The effect of photoperiod and feeding frequency on larval of the Amazonian ornamental fish *Pyrrhulina brevis* (Steindachner, 1876). **Aquaculture Research**, v. 47, n. 3, p. 797–803, 2016.

VOLKOFF, H.; PETER, R. E. Feeding Behavior of Fish and Its Control. **Zebrafish**, v. 3, n. 2, 2006.

WAAGBO, R. et al. Short-term starvation at low temperature prior to harvest does not impact the health and acute stress response of adult Atlantic salmon. **PeerJ**, v. 2017, n. 4, 2017.

WAGNER, T.; CONGLETON, J. L. Blood chemistry correlates of nutritional condition, tissue

damage, and stress in migrating juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 61, n. 7, p. 1066–1074, 2004.

WANG, Y.; KONG, L. J.; LI, K. AND BUREAU, D. P. Effects of feeding frequency and ration level on growth, feed utilization and nitrogen waste output of cuneate drum (*Nibea miichthioides*) reared in net pens. **Aquaculture** 271:350-356, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.03.022>

WANG, N.; XU, X.; KESTEMONT, P. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). **Aquaculture**, v. 289, n. 1–2, p. 70–73, 2009.

WOOD, C. M. et al. Nitrogen metabolism in tambaqui (*Colossoma macropomum*), a neotropical model teleost: hypoxia, temperature, exercise, feeding, fasting, and high environmental ammonia. **Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**, v. 187, n. 1, p. 135–151, 2017.

ZAHANGIR et al. Secondary stress responses of zebrafish to different pH: Evaluation in a seasonal manner. **Aquaculture Reports**, v. 2, p. 91-96, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.08.008>

CAPÍTULO 2

Artigo submetido na revista Aquaculture research em 27/02/2021

[Home](#)

[Author](#)

Submission Confirmation

 Print

Thank you for your submission

Submitted to

Aquaculture Research

Manuscript ID

ARE-OA-21-Feb-261

Title

Feeding behavior, performance and blood biochemistry of *Colossoma macropomum* under different feeding schemes

Authors

Guilherme, Helder
Santos, Fábio
Costa, Leandro
Prado, Verônica
Palheta, Glauber
Melo, Nuno
Luz, Ronald
Ribeiro, Paula

Date Submitted

27-Feb-2021

COMPORTAMENTO ALIMENTAR, DESEMPENHO E BIOQUÍMICA SANGUÍNEA DE *Colossoma macropomum* EM DIFERENTES ESQUEMAS DE ALIMENTAÇÃO

Helder O. Guilherme^{1*}, Fabio A. C. Santos¹, Leandro S. Costa², Verônica Guimarães Landa Prado¹, Glauber David Almeida Palheta³, Nuno Filipe Alves Correia de Melo³, Ronald Kennedy Luz¹, Paula Adriane Perez Ribeiro¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Laboratório de Aquacultura, Avenida Antônio Carlos, nº 6627, CEP 31270-901 Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

²Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, Av. Peter Henry Rolfs, s/n -, CEP 36570-900 Viçosa, Minas Gerais, Brasil

³Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos, Avenida Presidente Tancredo Neves, Nº 2501 Bairro: Terra Firme, Cep: 66.077-830 Belém, Pará, Brasil

Autor correspondente: Helder de Oliveira Guilherme, e-mail: helderog@gmail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes frequências de alimentação e autoalimentação sobre o comportamento, desempenho e parâmetros bioquímicos do sangue de juvenis de *Colossoma macropomum*, durante dois períodos de alimentação (dia / noite). Cento e sessenta e dois juvenis de *C. macropomum* ($3,63 \pm 0,05$ g) foram submetidos a nove tratamentos: autoalimentação de 24 horas (SF); autoalimentação à vontade durante o dia (SFD) e alimentação em frequências fixas de duas (2D), quatro (4D) e seis (6D) vezes ao dia; autoalimentação à vontade durante a noite (SFN) e alimentação em frequências fixas de duas (2N), quatro (4N) e seis (6N) vezes por noite. SF exibiu 95,7% de atividade alimentar noturna e 4,3% diurna ($p < 0,05$). SFD e SFN mostraram atividade alimentar ao longo do dia e da noite, respectivamente. O peso final, ganho de peso e o consumo total de ração foram maiores para os animais em 2D, 4D, 6D, 2N, 4N e 6N ($p < 0,05$). A conversão alimentar aparente foi melhor para os animais em SF, SFD, 4D, SFN e 4N ($p < 0,05$). Os valores de colesterol e HDL foram menores para os peixes mantidos em regime de alimentação SF, SFN, 2N, 4N e 6N ($p < 0,05$). Os animais do SF apresentaram os menores valores de triglicérides entre os esquemas alimentares ($p < 0,05$), enquanto glicose, albumina, LDL, ALT e AST não diferiram significativamente entre os tratamentos. Conclui-se que juvenis de *C. macropomum* apresentam ampla plasticidade alimentar. Os resultados mostraram que os juvenis de *C. macropomum*, alimentados quatro vezes ao dia, durante o período claro ou escuro, apresentam bom desempenho. Os indicadores metabólicos sanguíneos foram influenciados pelos padrões alimentares e períodos noturnos / diurnos estudados.

Palavras-chave: autoalimentação, frequência alimentar, tambaqui, fotoperíodo.

1. INTRODUÇÃO

O desempenho produtivo satisfatório de peixes é desencadeado por uma série de fatores, como tipo de alimento, frequência alimentar, taxa de alimentação consumo de ração e capacidade de absorção dos nutrientes, e tais fatores podem impactar no sucesso da produção aquícola (Xie et al., 2011; Tian et al., 2015). A frequência alimentar é um dos principais fatores que influenciam no desempenho produtivo dos peixes (Du et al., 2006). Uma frequência alimentar equilibrada, considerada excelente na produção, é de grande importância para garantir crescimento ideal, eficiência na utilização de alimentos, sobrevivência e otimização da mão de obra, reduzindo custos de produção (Webster et al., 2001; Yilmaz e Eroldogan 2011 ; Li et al., 2012). A quantidade de alimento e a frequência com que esse alimento é fornecido, é variável em função da espécie, sexo, idade, genótipo, deposição de gordura dentre outros aspectos (Catarino et al., 2019; El-Araby et al., 2020). Cho et al. (2003) relataram que a frequência alimentar pode influenciar na melhoria da imunidade e resistência ao estresse. Portanto, o emprego dessas estratégias alimentares deve ser feito com cautela. A utilização de frequências alimentares menores pode levar à redução no crescimento e sobrevivência dos peixes, entretanto, frequências alimentares maiores aumentam o custo de produção dos animais e podem determinar acúmulo de nutrientes no meio, prejudicando a qualidade de água (Tian et al., 2015; Roy et al., 2017; Yildiz et al., 2017). Ding et al. (2017) relataram que frequências alimentares inadequadas podem causar dano oxidativo, levando à imunossupressão. Lee et al. (2016) apontaram que a determinação de uma frequência ótima de alimentação é fundamental para o sucesso na aquicultura. Manley et al. (2015) relataram que aumentar a frequência de alimentação dos peixes e a taxa de alimentação pode neutralizar a agressividade relacionada à baixa disponibilidade de alimento.

O comportamento alimentar é objetivo de vários estudos mundialmente, que buscam elucidar os mecanismos e interações que possam estar associadas à alimentação (Marusov e Kasumyan, 2017). O comportamento alimentar é complexo e está associado diretamente à ingestão de alimento, sendo regulado por uma série de fatores, dentre eles, fatores ambientais e mecanismos homeostáticos, que envolvem fatores hormonais, periféricos e produção de metabólitos (Volkoff e Peter, 2006). As diferentes espécies de peixes mostram ritmos comportamentais diários distintos durante o dia e a noite (Sánchez et al., 2009). Os peixes, como a maioria dos animais, têm ritmos biológicos sincronizados confiáveis. Assim, exibem ritmos de alimentação (López-Olmeda e Sánchez-Vázquez, 2010). O uso da autoalimentação permite a compreensão do perfil dos ritmos alimentares do animal, possibilitando mensurar os

horários preferidos de alimentação, reduzindo, assim, o desperdício de alimento (Mattos et al., 2016).

O estudo dos parâmetros bioquímicos sanguíneos é uma ferramenta importante em estudos de nutrição, uma vez que fornece informações essenciais sobre as condições fisiológicas dos peixes (Bastami et al., 2012).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é uma espécie migradora, pertencente à bacia Amazônica (Brian et al., 2004; Vidal-Júnior et al., 1998). Apresenta bom desempenho, com altas taxas crescimento e fácil adaptação a sistemas de produção intensivos (Guimarães e Martins, 2015), com boa aceitação de dietas comerciais (Wood et al., 2017). A espécie é a segunda mais produzida no Brasil (Fiúza et al., 2015), tendo uma representação econômica importante no cenário da aquicultura brasileira, em função de seu elevado valor nutricional, excelente desempenho zootécnico e reprodução em cativeiro (Baldisserotto & Gomes, 2013; Araújo et al., 2018). O cultivo dessa espécie também se destaca em outros países da América do Sul e Central (FAO, 2014). Apesar da grande produção e popularidade do tambaqui, informações sobre seu comportamento alimentar e parâmetros fisiológicos em cativeiro ainda são limitadas (Reis et al., 2019).

Portanto, o presente estudo busca avaliar os efeitos de diferentes frequências alimentares fixas e de autoalimentação, no comportamento, desempenho e parâmetros bioquímicos sanguíneos de juvenis de tambaqui, em dois períodos de alimentação (diurno e noturno).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos deste trabalho estão de acordo com os protocolos aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais CEUA-UFV (nº 0142/2019). Os juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) foram adquiridos na Universidade Federal Rural da Amazônia, Pará, Brasil. O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição e Comportamento de Peixes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (Viçosa - MG), num sistema de recirculação de água com filtragem mecânica, biológica e ultravioleta (60W), além da renovação de água conforme evaporação diária. Os peixes permaneceram por 10 dias em período de adaptação às instalações experimentais. Os animais foram mantidos num fotoperíodo de 12L:12E (L-luz:E-escuro), sendo as luzes acesas às 7:00 e apagadas às 19:00, mediante um sistema automatizado (Key West group DNI, timer digital). Os parâmetros de

temperatura, oxigênio dissolvido (HI9146, Hanna), pH (Teste Labcon) e amônia (Teste Labcon) foram mensurados diariamente, mantendo-se em $28 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, $5,2 \pm 0,10 \text{ mg L}^{-1}$, $7,2 \pm 0,32$ e $0,5 \pm 0,02 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente, e considerados dentro da faixa ideal para a espécie (Baldisserotto & Gomes, 2013).

O estudo, com duração de 40 dias, foi em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos (esquemas de alimentação) e três repetições (aquários). Foram utilizados 162 juvenis de *Colossoma macropomum*, com peso médio inicial de $3,63 \pm 0,05 \text{ g}$, distribuídos em 27 aquários de 40 L cada (seis peixes por aquário), para avaliar nove tratamentos (alimentações diurnas, noturnas e demanda à vontade em 24 horas - SF), em três repetições. Os tratamentos diurnos foram: 2D (alimentação duas vezes: 8:00 e 17:00 h), 4D (alimentação quatro vezes: 8:00, 11:00, 14:00 e 17:00 h), 6D (alimentação seis vezes: 8:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 e 18:00 h) e SFD (alimentação diurna à vontade, pelo método de auto-alimentação: disponibilidade de alimento de 7:00 às 19:00 h). Os tratamentos noturnos foram: 2N (alimentação duas vezes: 20:00 e 5:00 h), 4N (alimentação quatro vezes: 20:00, 23:00, 2:00 e 5:00 h), 6N (alimentação seis vezes: 20:00, 22:00, 00:00, 2:00, 4:00 e 6:00 h) e SFN (alimentação noturna à vontade, pelo método de auto-alimentação: disponibilidade de alimento de 19:00 às 7:00 h). A alimentação dos animais foi feita por meio de alimentadores automáticos (EHEIM 3581, Deizisau, Estugarda, Alemanha) (Fig. 1). Para os animais dos tratamentos 2D, 4D, 6D, 2N, 4N, 6N, os alimentadores foram programados para fornecer ração nos horários respectivos de cada esquema alimentar, numa quantidade referente a 10% do peso vivo dos animais (Silva et al., 2007). Para os animais dos tratamentos SF, SFD e SFN, alimentadores automáticos foram conectados a fotocélulas infravermelhas (modelo Omron, E3SAD62, Japão), localizadas 3 cm abaixo da superfície da água e 5 cm da lateral esquerda do aquário (Fig. 1). Cada vez que um peixe cruzava o feixe de luz infravermelha da fotocélula, o alimentador dispensava 0,2 g de ração.

Os animais foram alimentados com ração comercial (SUPRA Acqua line®, juvenil 1.7mm, 46% de proteína bruta, 3600 Kcal Kg⁻¹ de energia digestível) durante todo experimento. Em todos os tratamentos, os pellets de ração não consumidos nos alimentadores e nos aquários, foram retirados e pesados diariamente, após a alimentação, para cálculo de consumo. As sobras nos aquários foram secas em estufa (55°C), para posterior cálculo de peso.

2.1 Comportamento alimentar

A atividade de alimentação foi registrada a cada dez minutos, com auxílio de Measurement Computing usb-1024ls data logger (USA) e software DIO98USB (Universidade de Murcia, Espanha), que fornecem informações precisas de acionamento para cada alimentador. Para os animais dos tratamentos de autoalimentação, as fotocélulas registraram os ritmos de alimentação. Já nos aquários onde a alimentação ocorria em horário fixo, as fotocélulas registraram o comportamento alimentar, com mensuração da atividade antecipatória de alimentação dos animais (FAA). A ocorrência da FAA foi definida como um aumento de 2,5 vezes sobre a atividade de linha de base, sustentado por pelo menos 30 min e não seguido por qualquer inflexão por mais de 1 h, conforme descrito em outros trabalhos (Stephan, 1997; Costa et al., 2016; Fortes-Silva et al., 2018).

2.2 Desempenho zootécnico dos animais

Para calcular dados de desempenho foram realizadas biometrias a cada dez dias, utilizando-se para as pesagens uma balança semi-analítica. Os parâmetros zootécnicos mensurados foram: peso final (FW); ganho de peso (WG) = peso final – peso inicial; consumo total de ração (TFC) = \sum de ração dia - sobra; conversão alimentar aparente (FCR) = consumo total de ração/ganho de peso; e taxa de sobrevivência (TS) = (número final de peixes / número inicial de peixes) x 100.

2.3 Bioquímica sanguínea

Ao final do período experimental os animais passaram por um jejum padronizado de 8 h, em todos os tratamentos. Foram amostrados três animais de cada aquário (nove peixes por tratamento) para coleta de 0,5 mL de sangue, por punção da veia caudal, utilizando-se seringas de 1,0 mL heparinizadas. As alíquotas de sangue foram centrifugadas (1000 rpm por 5 min, seguidos de 3000 rpm por 4 min) (Mattioli et al., 2017). As variáveis sanguíneas, determinadas em analisador automático (Mindray BS-200E; Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., Shenzhen, China), com kits Bioclin / Quibasa (Minas Gerais, Brasil), foram glicose (K082-3), triglicerídeos (K117-3), colesterol (K083-3), lipoproteína de alta densidade (HDL, K071-23), lipoproteína de baixa densidade (LDL, K088-27), aspartato transaminase (AST, K048-6) e alanina transaminase (ALT, K049-6).

2.4 Análise de dados

Os dados obtidos foram analisados com auxílio do pacote computacional InfoStat® (versão 2016, 240 Universidade de Córdoba, Argentina), sendo expressos como média \pm desvio padrão. Os dados foram submetidos ao teste de Levene, para homocedasticidade, e teste de Shapiro-Wilk, para normalidade. Quando a distribuição se apresentou normal, os dados foram submetidos à ANOVA, seguidos pelo teste de Scott Knott ($p < 0.05$). Dados com distribuição não normal foram submetidos ao teste de Kruskal Wallis ($p < 0.05$).

3. RESULTADOS

3.1 Comportamento alimentar

No tratamento SF, com alimentação disponível 24 horas, houve diferença significativa no horário de alimentação dos animais ($p < 0,05$). Nesse tratamento, os animais exibiram uma atividade alimentar de 95,7% noturna e 4,3% diurna ($p < 0,05$), apresentando uma maior intensidade de alimentação nas primeiras horas do período noturno (Fig. 2A). No tratamento SFD, com alimentação disponível somente durante o dia, foi observado que os animais apresentaram atividade alimentar ao longo de todo o período diurno, com relevância nas primeiras horas desse período (Fig. 2B). No tratamento SFN, com alimentação disponível somente no período noturno, os animais apresentaram atividade alimentar ao longo de todo o período (Fig. 2C), com uma intensidade de alimentação maior nas primeiras horas. Nenhuma atividade de alimentação antecipatória discernível foi observada nos tratamentos que os peixes receberam alimentações fixas. Os animais apresentaram aumento da atividade nos horários fixos de alimentação (Fig. 3).

3.2 Desempenho zootécnico dos animais

Durante o experimento, nenhuma mortalidade foi registrada. Os resultados de desempenho zootécnico dos animais foram influenciados pelos esquemas de alimentação propostos (Tabela 1). Os peixes que receberam as dietas em frequências alimentares fixas 2D, 4D, 6D, 2N, 4N e 6N tiveram maior peso final, ganho de peso e consumo total de ração

($p < 0,05$). A conversão alimentar aparente foi menor para animais mantidos em SF, SFD, 4D, SFN e 4N ($p < 0,05$).

3.3 Bioquímica sanguínea

Os valores de colesterol dos animais foram influenciados pelos tratamentos, sendo que os peixes mantidos nos esquemas alimentares SF, SFN, 2N, 4N e 6N apresentaram valores mais baixos ($p < 0,05$). Os animais submetidos ao tratamento SF mostraram valores mais baixos de triglicerídeos, em relação aos demais ($p < 0,05$). Juvenis mantidos nos esquemas alimentares SF, SFN, 2N, 4N e 6N apresentaram níveis mais baixos de HDL ($p < 0,05$). Para glicose, albumina, LDL, ALT e AST não foram observadas diferenças significativas dos animais entre os tratamentos avaliados (Tabela 2).

4. DISCUSSÃO

A utilização de um sistema de autoalimentação com dieta disponível 24 horas (SF) permitiu que os animais demandassem o alimento à vontade. Conforme evidenciado pelos dados de registro de acionamento do alimentador automático, o *Colossoma macropomum* mostrou uma preferência alimentar noturna (95,7%). Esses dados corroboram com os achados de Reis et al. (2019), que descreveram que esta espécie tem preferência alimentar (84,9%) e locomotora (91%) noturna. Nos esquemas alimentares SFD e SFN, os animais se adaptaram ao sistema de autoalimentação proposto, demonstrando atividade alimentar ao longo de todo período (diurno ou noturno, conforme o tratamento), o que evidencia sua plasticidade alimentar. Uma ampla plasticidade nos ritmos de alimentação já foi descrita para espécies como, robalo europeu *Dicentrarchus labrax* (Rubio et al., 2004), pacamã *Lophiosilurus alexandri* (Kitagawa et al., 2015) e tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Pratiwy e Khobara, 2018). Embora o comportamento alimentar preferencialmente noturno do *Colossoma macropomum* já tenha sido comprovado anteriormente, vários estudos mostram que esta espécie se alimenta e se desenvolve muito bem em períodos diurnos (Sandre et al., 2017; Pereira et al., 2018; Assis et al., 2020; Frisso et al., 2020). Dessa forma, em cativeiro, o *Colossoma macropomum* pode se desenvolver adequadamente em qualquer regime de alimentação, adaptando-se à disponibilidade de alimento (Reebs, 2002; Bhat et al., 2015). Entretanto, os ritmos de alimentação de peixes amazônicos ainda são pouco estudados, e a compreensão de suas preferências alimentares pode ser uma ferramenta importante para auxiliar o bom desenvolvimento produtivo desses animais em cativeiro.

Os peixes submetidos à alimentação em frequências fixas não mostraram atividade antecipatória discernível, apenas um aumento da atividade alimentar nos horários pré-determinados de fornecimento de ração. Esses achados são semelhantes aos os descritos por Reis et al. (2019), que demonstraram que juvenis de *Colossoma macropomum* alimentados somente no período diurno ou somente no período noturno não apresentaram atividade antecipatória de alimentação. Fortes-Silva et al. (2018), estudando o comportamento alimentar do *C. macropomum* alimentado uma vez no período diurno ou noturno, observaram atividade antecipatória de alimentação para animais alimentados durante a noite. A atividade antecipatória de alimentação é mais evidente para peixes que recebem o alimento uma única vez num período de 24 horas, como descrito em trabalhos para *Carassius auratus* (Aranda et al., 2001) e *Danio rerio* (López-Olmeda et al., 2010). A atividade antecipatória não envolve apenas fatores comportamentais, mas também, fatores ligados à locomoção e variáveis fisiológicas, podendo apresentar ampla variabilidade entre as espécies (Davidson e Stephan, 1999; Setephan, 2002).

Em relação ao desempenho, os animais que receberam alimentações fixas com frequências variáveis apresentaram índices estatisticamente melhores de peso final, ganho de peso e consumo total de ração, em comparação aos animais em esquema de autoalimentação. Alguns estudos mostram que animais em esquema de autoalimentação podem apresentar bom desempenho (peso final, ganho de peso, consumo de dieta e conversão alimentar), com redução no desperdício de ração, uma vez que ingerem alimento de acordo com suas necessidades (Azzaydi et al., 1998; Montoya et al., 2012; Mattos et al., 2016; Benhaim et al., 2017; Reis et al., 2019; Santos et al., 2019). Nesses sistemas de autoalimentação o ganho máximo não é o principal objetivo, onde busca-se também, compreender outros mecanismos comportamentais (Mattos et al., 2016). Entretanto, para algumas espécies, os sistemas de autoalimentação também podem prejudicar o crescimento (Gélineau et al., 1998) e diminuir a eficiência alimentar, em comparação com outros métodos de alimentação (Tidwell et al., 1991). Essa redução do desempenho está relacionada a diferenças na adaptação da autoalimentação em peixes, havendo num mesmo grupo animais que assimilam mais o sistema de autoalimentação do que outros (Tidwell et al., 1991; Gélineau et al., 1998).

Nos esquemas de autoalimentação propostos neste estudo, juntamente com as frequências fixas de alimentação, 4D e 4N, os animais apresentaram uma conversão alimentar melhor, em comparação aos peixes dos demais tratamentos. Estudos com truta arco-íris (Flood

et al., 2010) e pirarucu *Arapaima gigas* (Mattos et al., 2016) também demonstraram que peixes em sistemas de autoalimentação apresentam bom aproveitamento da dieta e boa conversão alimentar. Em relação às frequências de alimentação fixas (4D e 4N), resultados semelhantes foram descritos para juvenis de acará-bandeira *Pterophyllum scalare* (Kasiri et al., 2011) e tilápia do Nilo (Daudpota et al., 2016; Hisano et al., 2020), que, ao receberem alimento quatro vezes ao dia apresentaram bom desempenho de crescimento, com melhor conversão alimentar. Trabalhos com *Salvelinos malma* também demonstraram melhor desempenho (ganho de peso e consumo de ração) quando os animais foram alimentados quatro vezes ao dia (Guo et al., 2018). Li et al. (2014) descreveram que a frequência alimentar ideal para melhorar o crescimento e a imunidade de juvenis de *Megalobrama amblycephala* é de quatro vezes ao dia.

O *Colossoma macropomum* é uma das espécies mais produzidas na América do Sul, sendo produzido também na América Central e em alguns países asiáticos (FAO, 2019). No entanto, avaliações de parâmetros sanguíneos em estudos de autoalimentação e frequência alimentar são escassos. Os níveis de colesterol circulante estão intimamente relacionados ao metabolismo e ao estado fisiológico do organismo e podem ser usados para avaliar a adaptabilidade dos peixes frente a diferentes condições de produção (Refaey et al., 2018). A HDL é uma lipoproteína que transporta o colesterol dos tecidos periféricos para o fígado, enquanto a LDL transporta o colesterol do fígado para os tecidos periféricos (Yeganeh et al., 2015). Nossos resultados demonstram que os níveis sanguíneos de colesterol total e HDL diminuíram para animais que receberam dietas no período noturno (SFN, 2N, 4N e 6N) e no SF, que, embora tenham tido acesso ao alimento durante 24 horas, demonstraram preferência alimentar noturna. Esse fato pode estar relacionado ao maior metabolismo energético desses animais, devido ao hábito alimentar noturno. O colesterol sanguíneo pode ser útil no fornecimento de energia e como indicativo de status do metabolismo lipídico (Shi et al., 2010). Os níveis de LDL dos animais não foram afetados pelos esquemas de alimentação.

Os triglicerídeos são usados como fonte de energia para diferentes processos metabólicos (Pavlidis et al., 2007; Tolussi et al., 2010; Tammam et al., 2020). No presente estudo, os animais do esquema de alimentação SF, com disponibilidade de alimento durante 24 horas, tiveram menores níveis de triglicerídeos que os animais nos demais esquemas de alimentação. Sugere-se que, devido à disponibilidade de alimento durante 24 horas, o animal dispôs de mais tempo para metabolizar esse triglicerídeo, utilizando-o, assim, de maneira mais constante, o que refletiu numa diminuição nos níveis sanguíneos desse metabólito. El-Araby

et al. (2020) descreveram que tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* alimentadas com diferentes estratégias de alimentação tiveram níveis séricos de triglicerídeos reduzidos em animais com alimentação regular, comparados aos que foram alimentados intervalos maiores de alimentação. Já para juvenis de *Salvelinus malma*, alimentados até seis vezes ao dia (Guo et al., 2018), e para *Micropterus salmoides*, alimentados em frequências de até quatro vezes ao dia (Wang et al., 2020), os níveis de triglicerídeos séricos não diferiram entre os esquemas de alimentação. Essas diferenças entre os estudos podem ser atribuídas a uma resposta espécie específica ou diferentes estados fisiológicos dos peixes (Jia et al., 2018). El-Araby et al. (2020) destacam que existem poucos estudos que avaliam o impacto da frequência alimentar e dos intervalos de alimentação em diferentes parâmetros bioquímicos sanguíneos.

A glicose é um dos metabólitos mais importantes do sangue e pode ser usada como indicador do estado nutricional dos peixes (Congleton & Wagner, 2006). Neste estudo, os níveis de glicose não foram influenciados pelos esquemas de alimentação. Resultados semelhantes foram descritos por Zolfaghari et al. (2011), para alevinos de *Acipenser persicus*, onde diferentes frequências de alimentação não influenciaram a glicemia sanguínea.

As enzimas AST e ALT são transaminases que desempenham papel importante no metabolismo proteico, sendo índices importantes na avaliação da integridade hepática (Rahimnejad & Lee, 2013; Wu et al., 2018). A albumina é indicativa da saúde dos peixes, sofrendo alterações frente a agentes estressores e doenças (Kim et al., 2011; Jia et al., 2018). Neste estudo, os animais mantidos em diferentes esquemas alimentares não mostraram alterações significativas nos níveis sanguíneos de ALT, AST e albumina, sugerindo que a autoalimentação a vontade ou em frequências fixas não interfere na saúde e integridade fisiológica dos juvenis de *Colossoma macropomum*. Resultados semelhantes foram descritos para catfish africano (*Clarias gariepinu*), onde diferentes frequências alimentares não influenciaram os níveis sanguíneos de ALT, AST e albumina (Aderolu et al., 2017).

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, o *Colossoma macropomum* apresenta comportamento alimentar preferencialmente noturno, embora mostre ampla plasticidade de alimentação durante os períodos diurno e noturno. Animais alimentados numa frequência fixa

de quatro vezes, durante o dia ou a noite, apresentam melhor desempenho e conversão alimentar. Os indicadores metabólicos sanguíneos dos juvenis de *Collossoma macropomum* foram influenciados pelos esquemas alimentares e períodos noturno e diurno estudados.

AGRADECIMENTOS

A presente pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brasil), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-Brasil - Procad 88887.200588 / 2018-00). LUZ, R.K. recebeu bolsa de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq nº 308547 / 2018-7). RIBEIRO, P.A.P. recebeu bolsa de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq nº 308684 / 2017-6).

REFERÊNCIAS

- Aderolu A., Lawal M., Eziefula P., Ahaiwe E. (2017). Feeding frequency and feeding regime in catfish: Effects on nutrient utilization, growth, biochemical and haematological parameters. *Journal of Agricultural Sciences*,395–410. <https://doi.org/10.2298/jas1704395a>
- Aranda A., Madrid J.A., Sánchez-Vázquez F.J. (2001). Influence of light on feeding anticipatory activity in goldfish. *Journal of Biological Rhythms*,16, 50–57. <https://doi.org/10.1177/074873040101600106>
- Araújo J.G., Nebo C., Pádua D.M.C., Souto C.N., Guimarães I.G. (2018). Apparent Digestibility of Minerals from Several Ingredients for Tambaqui, *Collossoma macropomum*, Juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49, 1026–1038. <https://doi.org/10.1111/jwas.12517>
- Assis Y.P.A.S., de Assis Porto L., de Melo N.F.A.C., Palheta G.D.A., Luz R.K., Favero G.C. (2020). Feed restriction as a feeding management strategy in *Collossoma macropomum* juveniles under recirculating aquaculture system (RAS). *Aquaculture*, 529, 735689. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735689>
- Azzaydi M., Madrid J.A., Zamora S., Sánchez-Vázquez F.J., Martínez F.J. (1998). Effect of

- three feeding strategies (automatic, *ad libitum* demand-feeding and time-restricted demand-feeding) on feeding rhythms and growth in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 163, 285–296. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00238-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00238-5)
- Baldisserotto B., Gomes L. C. (2013). *Espécies Nativas Para Piscicultura no Brasil*, 2nd ed. Santa Maria, UFSM.
- Bastami K.D., Rezaei M., Haghparast S., Araghi P.E., Hajivar E.N., Khansari A., Jam A., Ghasemi A.F. (2012). A comparative study on the biochemical parameters of seminal and blood plasma and their correlation in the wild common carp (*Cyprinus carpio*). *Comparative Clinical Pathology*, 21, 781–784. <https://doi.org/10.1007/s00580-010-1174-3>
- Benhaïm D., Akian D.D., Ramos M., Ferrari S., Yao K., Bégout M.L. (2017). Self-feeding behaviour and personality traits in tilapia: A comparative study between *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon melanotheron*. *Applied Animal Behaviour Science*, 187, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.12.004>
- Bhat A., Greulich M.M., Martins E.P. (2015). Behavioral plasticity in response to environmental manipulation among zebrafish (*Danio rerio*) populations. *PLoS One*, 10, 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125097>
- Bomfim C.N., Pessoa W.V.N., Oliveira R.L.M., Farias J.L., Domingues E.C., Hamilton S., Cavalli R.O. (2014). The effect of feeding frequency on growth performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). *Journal of Applied Ichthyology*, 30, 135–139. <https://doi.org/10.1111/jai.12339>
- Brian J.C., Harvey B., Ross C., Baer A. (2004). *Migratory Fishes of South America*, Migratory Fishes of South America. Ottawa. <https://doi.org/10.1596/1-5525-0114-0>.
- Catarino M.M.R.S., Gomes M.R.S., Ferreira S.M.F., Gonçalves S.C. (2019). Optimization of feeding quantity and frequency to rear the cyprinid fish *Garra rufa* (Heckel, 1843). *Aquaculture research*, 50, 876–881. <https://doi.org/10.1111/are.13961>
- Cho S.H., Lim Y.S., Lee J.H., Lee J.K., Park S., Lee S.M. (2003). Effects of feeding rate and feeding frequency on survival, growth, and body composition of ayu post-larvae *plecoglossus altivelis*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34, 85–91. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00042.x>

- Congleton J.L., Wagner T. (2006). Blood-chemistry indicators of nutritional status in juvenile salmonids. *Journal of fish biology*, 69, 473–490. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01114.x>
- Costa L.S., Serrano I., Sánchez-Vázquez F.J., López-Olmeda J.F. (2016). Circadian rhythms of clock gene expression in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) central and peripheral tissues: influence of different lighting and feeding conditions. *Journal of Comparative Physiology B*, 186, 775–785. <https://doi.org/10.1007/s00360-016-0989-x>
- Daudpota A.M., Abbas G., Kalhoro I.B., Shah S.S.A., Kalhoro H., Hafeez-Ur-Rehman M., Ghaffar A. (2016). Performance, feed utilization and body composition of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) Reared in Low Salinity Water. *Pakistan Journal of Zoology*, 48, 171–177.
- Davidson A.J., Stephan F.K. (1999). Plasma glucagon, glucose, insulin, and motilin in rats anticipating daily meals. *Physiology & behavior*, 66, 309–315. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(98\)00308-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(98)00308-4)
- Ding Z., Kong Y., Zhang Y., Li J., Cao F., Zhou J., Ye J. (2017). Effect of feeding frequency on growth, body composition, antioxidant status and mRNA expression of immunodependent genes before or after ammonia-N stress in juvenile oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense*. *Fish and Shellfish Immunology*, 68, 428–434. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.07.045>
- Du Z.Y., Liu Y.J., Tian L.X., He J.G., Cao J.M., Liang G.Y. (2006). The influence of feeding rate on growth, feed efficiency and body composition of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture international*, 14, 247–257. <https://doi.org/10.1007/s10499-005-9029-7>
- El-Araby D.A., Amer S.A., Khalil A.A. (2020). Effect of different feeding regimes on the growth performance, antioxidant activity, and health of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 528, 735572. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735572>
- Fiúza L.S., Aragão N.M., Ribeiro Junior H.P., de Moraes M.G., Rocha Í.R.C.B., Lustosa Neto A.D., de Sousa R.R., Madrid R.M.M., de Oliveira E.G., Costa F.H.F. (2015). Effects of salinity on the growth, survival, haematological parameters and osmoregulation of tambaqui *Colossoma macropomum* juveniles. *Aquaculture research*, 46, 1–9. <https://doi.org/10.1111/are.12224>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2014). The State of World Fisheries and Aquaculture. pp. 243
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). Field guide to the culture of (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816). pp. 136
- Flood M.J., Noble C., Kagaya R., Damsgård B., Purser G.J., Tabata M. (2010). Growing amago and rainbow trout in duoculture with self-feeding systems: Implications for production and welfare. *Aquaculture*, 309, 137–142. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.031>
- Fortes-Silva R., Valle S.V., Lopéz-Olmeda J.F. (2018). Daily rhythms of swimming activity, synchronization to different feeding times and effects on anesthesia practice in an Amazon fish species (*Colossoma macropomum*). *Chronobiology international*, 35, 1713–1722. <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1509078>
- Frisso R.M., Matos, F.T., Moro G.V., Mattos B.O. (2020). Stocking density of Amazon fish (*Colossoma macropomum*) farmed in a continental neotropical reservoir with a net cages system. *Aquaculture*, 529, 735702. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735702>
- Gélineau A., Corraze G., Boujard T. (1998). Effects of restricted ration, time-restricted access and reward level on voluntary food intake, growth and growth heterogeneity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on demand with self-feeders. *Aquaculture*, 167, 247–258. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00320-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00320-2)
- Guimarães I.G., Martins G.P. (2015). Nutritional requirement of two Amazonian aquacultured fish species, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) and *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): A mini review. *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 57–66. <https://doi.org/10.1111/jai.12976>
- Guo Z., Cui J., Li M., Liu H., Zhang M., Meng F., Shi G., Wang R., He X., Zhao Y. (2018). Effect of feeding frequency on growth performance, antioxidant status, immune response and resistance to hypoxia stress challenge on juvenile dolly varden char *Salvelinus malma*. *Aquaculture*, 486, 197–201. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.031>
- Hisano H., Pinheiro V.R., Losekann M.E., Moura e Silva M.S.G. (2020). Effect of feeding frequency on water quality, growth, and hematological parameters of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared using biofloc technology. *Journal of Applied Aquaculture*, 00, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10454438.2020.1715909>

- Jia Y., Gao Y., Chen X., Huang B. (2018). Determination of optimal fasting time before blood sampling to get baseline data on serum biochemical characteristics in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 487, 83–88. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.009>
- Kasiri M., Farahi A., Sudagar M. (2011). Effects of Feeding Frequency on Growth Performance and Survival Rate of Angel Fish, *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae). *Veterinary Research Forum*, 2, 97–102.
- Kim J.S., Harikrishnan R., Kim M.C., Jang I.S., Kim D.H., Hong S.H., Balasundaram C., Heo M.S., (2011). Enhancement of *Eriobotrya japonica* extracts on non-specific immune response and disease resistance in kelp grouper *Epinephelus bruneus* against *Vibrio carchariae*. *Fish Shellfish Immunology*, 31, 1193–1200. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.10.015>
- Kitagawa A.T., Costa L.S., Paulino R.R., Luz R.K., Rosa P.V., Guerra-Santos B., Fortes-Silva R., (2015). Feeding behavior and the effect of photoperiod on the performance and hematological parameters of the pacamã catfish (*Lophiosilurus alexandri*). *Applied Animal Behaviour Science*, 171, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.08.025>
- Lee S., Haller L.Y., Fangue N.A., Fadel J.G., Hung S.S.O. (2016). Effects of feeding rate on growth performance and nutrient partitioning of young-of-the-year white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture nutrition*, 22, 400–409. <https://doi.org/10.1111/anu.12255>
- Li M.H., Robinson E.H., Oberle D.F., Lucas P.M. (2012). Effects of feeding rate and frequency on production characteristics of pond-raised hybrid catfish. *North American Journal of Aquaculture*, 74, 142–147. <https://doi.org/10.1080/15222055.2012.672373>
- Li X.F., Tian H.Y., Zhang D.D., Jiang G.Z., Liu W. B. (2014). Feeding frequency affects stress, innate immunity and disease resistance of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. *Fish Shellfish Immunology*, 38, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.03.005>
- López-Olmeda J.F., Sánchez-Vázquez F.J. (2010). Feeding rhythms in fish: from behavioral to molecular approach. In: Kulczykowska, E. (Ed.), *Libro: Biological Clock in Fish*. Science Publishers, Enfield, USA, pp. 155–184 (860 pp., Chapter: 8).

- López-Olmeda J.F., Tartaglione E. V., De La Iglesia H.O., Sánchez-Vázquez F.J. (2010). Feeding entrainment of food-anticipatory activity and *per1* expression in the brain and liver of zebrafish under different lighting and feeding conditions. *Chronobiology international*, 27, 1380–1400. <https://doi.org/10.3109/07420528.2010.501926>
- Manley C.B., Rakocinski C.F., Lee P.G., Blaylock R.B. (2015). Feeding frequency mediates aggression and cannibalism in larval hatchery-reared spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*. *Aquaculture*, 437, 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.012>
- Marusov E.A., Kasumyan A.O. (2017). Feeding behavior and responsivity to food odors in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) after chronic polisensory deprivation. *Journal of Ichthyology*, 57, 747–752. <https://doi.org/10.1134/S0032945217050113>
- Mattos B.O., Filho E.C.T.N., Barreto K.A., Braga L.G.T., Fortes-Silva R. (2016). Self-feeder systems and infrared sensors to evaluate the daily feeding and locomotor rhythms of Pirarucu (*Arapaima gigas*) cultivated in outdoor tanks. *Aquaculture*, 457, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.026>
- Montoya A., Zamora S., Sánchez-Vázquez F.J. (2012). Dietary selection by gilthead sea bream (*Sparus aurata*) provided with unbalanced mixed-macronutrient feeds dispensed from self-feeders. *Aquaculture*, 358–359, 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.06.008>
- Pavlidis M., Fütter W.C., Katharios P., Divanach P. (2007). Blood cell profile of six Mediterranean mariculture fish species. *Journal of Ichthyology*, 23, 70–73. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00771.x>
- Pereira R.T., Paulino R.R., Almeida C.A.L., Rosa P.V., Orlando T.M., Fortes-Silva, R. (2018). Oil sources administered to tambaqui (*Colossoma macropomum*): growth, body composition and effect of masking organoleptic properties and fasting on diet preference. *Applied animal behaviour Science*, 199, 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.10.004>
- Pratiwy F.M., Kohbara J. (2018). Dualistic feeding pattern of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) reared under different self-feeding system conditions. *Aquaculture research*, 49, 969–976. <https://doi.org/10.1111/are.13544>

- Rahimnejad S., Lee K.J. (2013). Dietary valine requirement of juvenile red sea bream *Pagrus major*. *Aquaculture*, 416–417, 212–218. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.026>
- Reebs S.G. (2002). Plasticity of diel and circadian activity rhythms in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12, 349–371. <https://doi.org/10.1023/A:1025371804611>
- Refaey M.M., Li D., Tian X., Zhang Z., Zhang X., Li L., Tang R. (2018). High stocking density alters growth performance, blood biochemistry, intestinal histology, and muscle quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 492, 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.003>
- Reis Y.S., Leite J.L.R., Almeida C.A.L., Pereira D.S.P., Vidal L.V.O., Araujo F.G., Fortes-Silva R. (2019). New insights into tambaqui (*Colossoma macropomum*) feeding behavior and digestive physiology by the self-feeding approach: effects on growth, diel patterns of food digestibility, amylase activity and gastrointestinal transit time. *Aquaculture*, 498, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.054>
- Roy L.A., Rawles S.D., Kelly A.M., Webster C.D., Stone N., Haukenes A. (2017). Effect of winter feeding frequency on growth, survival, and fatty acid metabolism of juvenile bluegill (*Lepomis macrochirus*) and hybrid bluegill (*L. cyanellus* × *L. macrochirus*). *Aquaculture*, 479, 780–789. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.07.026>
- Rubio V.C., Vivas M., Sánchez-Mut A., Sánchez-Vázquez F.J., Covès D., Dutto G., Madrid J.A. (2004). Self-feeding of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) under laboratory and farming conditions using a string sensor. *Aquaculture*, 233, 393–403. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.10.011>
- Sánchez J.A., López-Olmeda J.F., Blanco-Vives B., Sánchez-Vázquez F.J. (2009). Effects of feeding schedule on locomotor activity rhythms and stress response in sea bream. *Physiology & Behavior*, 98, 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.04.020>
- Sandre L.C.G., Buzollo H., Nascimento T.M.T., Neira L.M., Jomori R.K., Carneiro D.J. (2017). Productive performance and digestibility in the initial growth phase of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed diets with different carbohydrate and lipid levels. *Aquaculture Reports*, 6, 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.02.003>
- Santos F.A.C., Fortes-Silva R., Costa L.S., Luz R.K., Guilherme H.O., Gamarano P.G., Oliveira

- C.G., Santos W.M., Ribeiro P.A.P. (2019). Regulation of voluntary protein/energy intake based practical diet composition for the carnivorous neotropical catfish *Lophiosilurus alexandri*. *Aquaculture*, 510, 198–205. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.038>
- Shi X., Zhuang P., Zhang L., Chen L., Xu B., Feng G., Huang X. (2010). Optimal starvation time before blood sampling to get baseline data on several blood biochemical parameters in Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*. *Aquaculture Nutrition*, 16, 544–548. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00711.x>
- Silva C.R., Gomes L.C., Brandão F.R. (2007). Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture*, 264, 135–139. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.007>
- Stephan F.K. (2002). The “other” circadian system: Food as a zeitgeber. *Journal of Biological Rhythms*, 17, 284–292. <https://doi.org/10.1177/074873002129002591>
- Stephan F.K. (1997). Calories affect zeitgeber properties of the feeding entrained circadian oscillator. *Physiology & behavior*, 62, 995–1002. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(97\)00204-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(97)00204-7)
- Tammam M.S., Wassef E.A., Toutou M.M., El-Sayed A.F.M. (2020). Combined effects of surface area of periphyton substrates and stocking density on growth performance, health status, and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) produced in cages. *Journal of Applied Phycology*, 32, 3419–3428. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02136-x>
- Tian H.Y., Zhang D.D., Li X.F., Zhang C.N., Qian Y., Liu W. B. (2015). Optimum feeding frequency of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture*, 437, 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.032>
- Tidwell J.H., Webster C.D., Knaub R.S. (1991). Seasonal production of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), in ponds using different feeding practices. *Aquaculture Research*, 22, 335–342. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1991.tb00524.x>
- Tolussi C.E., Hilsdorf A.W.S., Caneppele D., Moreira R.G. (2010). The effects of stocking density in physiological parameters and growth of the endangered teleost species piabanha, *Brycon insignis* (Steindachner, 1877). *Aquaculture*, 310, 221–228.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.10.007>

- Vidal M.V., Donzele J.L., Camargo A.C.S., Andrade D.R., Dos Santos L.C. (1998). Níveis de proteína bruta para tambaqui (*Colossoma macropomun*), na fase de 30 a 250 gramas. 1. Desempenho dos tambaquis. Revista Brasileira de Zootecnia, 27, 421–426.
- Volkoff H., Peter R.E. (2006). Feeding Behavior of fish and Its Control. Zebrafish. 3, n. 2, pp 10.
- Wang Y., Xie S., Nie Z., Li Q., Sun Y., Shao N., Gao J., Hu J., Xu P., Xu G. (2020). Optimum feeding frequency of juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*) reared in in-pond raceway recirculating culture system. Fish Physiology and Biochemistry, 46, 2197–2212. <https://doi.org/10.1007/s10695-020-00866-w>
- Webster C.D., Thompson K.R., Morgan A.M., Grisby E.J., Dasgupta S. (2001). Feeding Frequency affects growth , not fillet composition, of juvenile sunshine bass *Morone chrysops* x *M. saxathi* grown in cages. Jornal Word Aquaculture Society, 32, 79–88.
- Wood C.M., Netto J.G.S., Wilson J.M., Duarte R.M., Val A.L. (2017). Nitrogen metabolism in tambaqui (*Colossoma macropomum*), a neotropical model teleost: hypoxia, temperature, exercise, feeding, fasting, and high environmental ammonia. Journal of Comparative Physiology B, 187, 135–151. <https://doi.org/10.1007/s00360-016-1027-8>
- Wu Y., Han H., Qin J., Wang Y. (2015). Effect of feeding frequency on growth, feed utilization, body composition and waste output of juvenile golden pompano (*Trachinotus ovatus*) reared in net pens. Aquaculture Research, 46, 1436–1443. <https://doi.org/10.1111/are.12297>
- Xie F., Ai Q., Mai K., Xu W., Ma H. (2011). The optimal feeding frequency of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*, Richardson) larvae. Aquaculture, 311, 162–167. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.12.005>
- Yeganeh S., Teimouri M., Amirkolaie A.K. (2015). Dietary effects of Spirulina platensis on hematological and serum biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Research in Veterinary Science, 101, 84–88. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.06.002>
- Yildiz H.Y., Robaina L., Pirhonen J., Mente E., Domínguez D., Parisi G. (2017). Fish welfare

in aquaponic systems: Its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces-A review. *Water (Switzerland)* 9, 1–17. <https://doi.org/10.3390/w9010013>

Yilmaz H.A., Eroldogan O.T. (2011). Combined effects of cycled starvation and feeding frequency on growth and oxygen consumption of gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *Jornal Word Aquaculture Society*, 42, 522–529. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00494.x>

Zolfaghari M., Imanpour M.R., Najafi E. (2011). Effect of photoperiod and feeding frequency on growth and feed utilization of fingerlings Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). *Aquaculture Research*, 42, 1594–1599. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02749.x>

Tabela 1. Valores médios de desempenho de juvenis de *Colossoma macropomum* em diferentes esquemas de alimentação

Variáveis	SF	SFD	2D	4D	6D	SFN	2N	4N	6N	p-valor
IW (g)	3,66 ± 0,10	3,64 ± 0,08	3,63 ± 0,10	3,67 ± 0,05	3,57 ± 0,12	3,52 ± 0,06	3,70 ± 0,24	3,62 ± 0,17	3,65 ± 0,13	0,8194
FW (g)	56,4 ± 2,24 ^a	56,74 ± 10,43 ^a	74,21 ± 7,41 ^b	84,48 ± 11,45 ^b	73,18 ± 8,13 ^b	56,64 ± 9,81 ^a	75,81 ± 15,15 ^b	76,97 ± 13,74 ^b	78,49 ± 5,50 ^b	0,0139
WG (g)	52,74 ± 2,3 ^a	53,10 ± 10,51 ^a	70,58 ± 7,4 ^b	80,81 ± 11,47 ^b	69,61 ± 8,2 ^b	53,12 ± 9,87 ^a	72,11 ± 14,94 ^b	73,35 ± 13,65 ^b	74,84 ± 5,61 ^b	0,0140
TFC (g)	47,09 ± 0,27 ^a	40,63 ± 8,61 ^a	68,95 ± 5,96 ^b	73,35 ± 7,43 ^b	69,83 ± 6,28 ^b	45,15 ± 6,93 ^a	69,12 ± 11,18 ^b	64,4 ± 10,32 ^b	76,41 ± 3,02 ^b	<0,0001
FCR	0,89 ± 0,04 ^a	0,76 ± 0,02 ^a	0,98 ± 0,09 ^b	0,91 ± 0,04 ^a	1,01 ± 0,07 ^b	0,85 ± 0,03 ^a	0,96 ± 0,07 ^b	0,88 ± 0,08 ^a	1,03 ± 0,09 ^b	0,0020
Survival (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	nd

*IW- Peso inicial; FW – Peso Final; WG – Ganho de peso; TFC – Consumo total de dieta; FCR – Conversão alimentar

*a, b Médias na mesma linha com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes em (p<0,05).

Table 2. Bioquímica sanguínea de juvenis de *Colossoma macropomum* em diferentes esquemas de alimentação.

Variáveis	SF	SFD	2D	4D	6D	SFN	2N	4N	6N	p-valor
Glicose (mg/dL)	72,11 ± 4,67	77,79 ± 14,47	71,12 ± 15,50	71,42 ± 11,11	73,26 ± 12,6	84,59 ± 15,64	80,24 ± 14,53	87,96 ± 14,18	76,14 ± 16,07	0,2302
Albumina (g/dL)	0,74 ± 0,14	0,64 ± 0,16	0,74 ± 0,09	0,77 ± 0,19	0,78 ± 0,20	0,55 ± 0,09	0,59 ± 0,32	0,71 ± 0,15	0,71 ± 0,29	0,0930
Colesterol (mg/dL)	99,15 ± 14,50 ^a	131,41 ± 16,16 ^b	130,33 ± 18,37 ^b	133,36 ± 14,20 ^b	136,06 ± 14,04 ^b	101,71 ± 13,25 ^a	103,66 ± 19,57 ^a	112,93 ± 9,05 ^a	106,62 ± 19,43 ^a	0,0001
Triglicerídeos (mg/dL)	154,20 ± 33,76 ^a	254,17 ± 57,69 ^b	264,62 ± 46,81 ^b	264,91 ± 32,20 ^b	261,02 ± 37,80 ^b	230,45 ± 49,67 ^b	238,97 ± 77,14 ^b	308,52 ± 67,25 ^b	215,95 ± 55,85 ^b	0,0014
LDL (mg/dL)	14,08 ± 3,16	20,89 ± 4,57	17,75 ± 4,21	18,61 ± 4,26	18,38 ± 4,00	16,45 ± 3,49	18,12 ± 5,55	16,56 ± 2,53	18,56 ± 4,53	0,1680
HDL (mg/dL)	14,24 ± 5,50 ^a	18,08 ± 2,00 ^b	17,00 ± 2,94 ^b	19,56 ± 4,19 ^b	18,66 ± 1,67 ^b	14,42 ± 2,77 ^a	14,06 ± 1,66 ^a	14,04 ± 3,62 ^a	15,81 ± 1,78 ^a	0,0008
ALT (U/L)	15,00 ± 2,76	19,00 ± 7,80	19,00 ± 6,75	17,75 ± 2,92	18,78 ± 5,61	18,00 ± 5,50	21,14 ± 5,49	20,67 ± 4,39	21 ± 9,37	0,4466
AST(U/L)	177,67 ± 50,62	166,17 ± 40,73	152,56 ± 56,57	121,83 ± 15,00	152,25 ± 17,88	162,75 ± 45,02	155,88 ± 63,02	159,75 ± 44,49	158,38 ± 47,17	0,6494

*a, b Médias na mesma linha com sobrescritos diferentes são significativamente diferentes em (p<0,05).

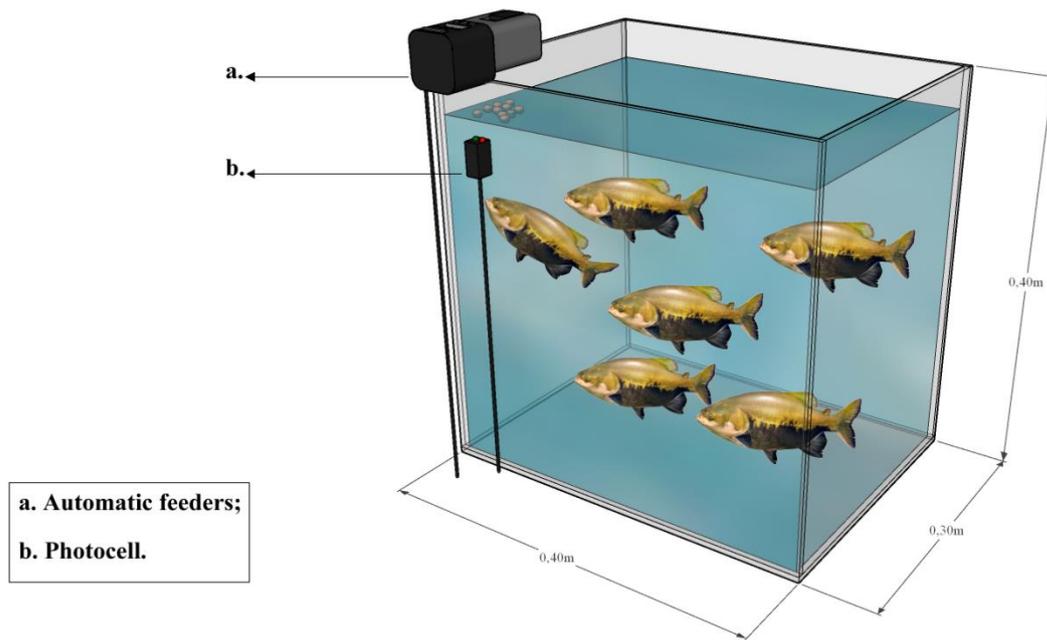


Figure 1. Sistema de alimentação automática e autoalimentação.

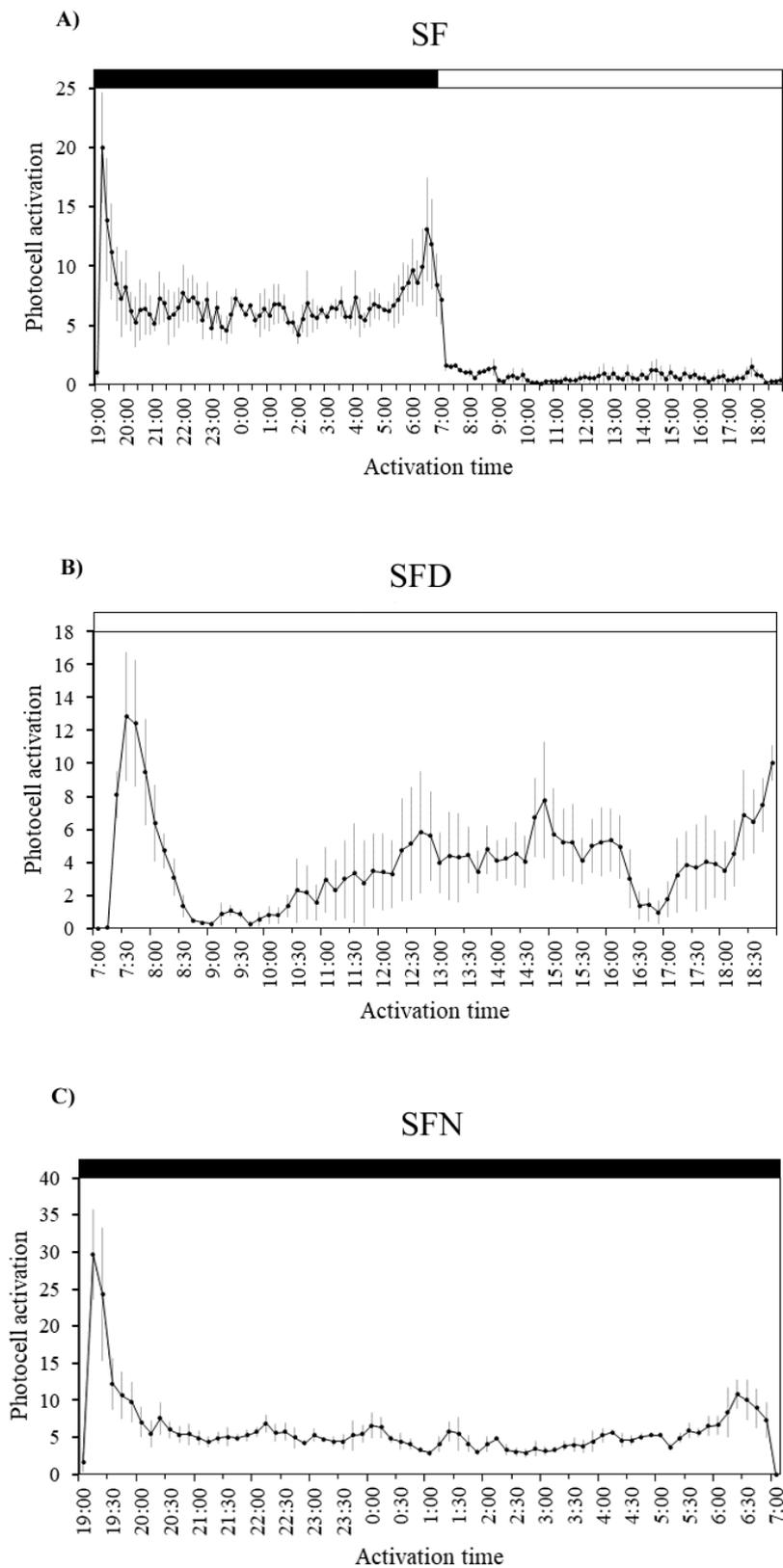


Figure 2 Comportamento alimentar de *Colossoma macropomum* submetidos a diferentes esquemas de autoalimentação. A) SF: autoalimentação a vontade durante 24 horas; B)

SFD: autoalimentação a vontade no período diurno; C) SFN: autoalimentação a vontade no período noturno.

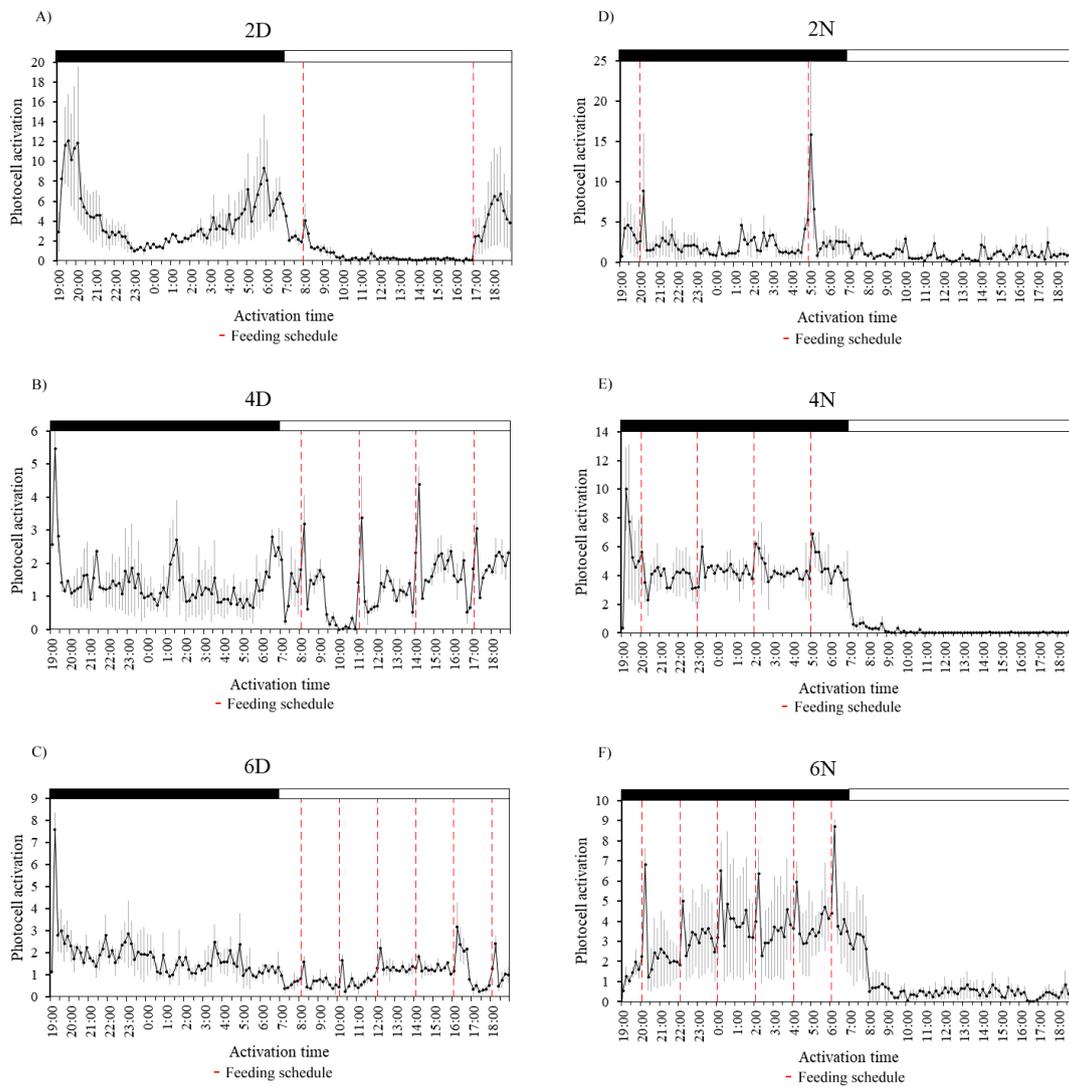


Figure 3. Comportamento alimentar de *Collossoma macropomum* submetidos a diferentes frequências e períodos de alimentação. A) 2D: alimentação 2 vezes durante o período diurno; B) 4D: alimentação 4 vezes durante o período diurno; C) 6D: alimentação 6 vezes durante o período diurno; D) 2N: alimentação 2 vezes durante o período noturno; E) 4N: alimentação 4 vezes durante o período noturno; F) 6N: alimentação 6 vezes durante o período noturno.