



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**DIGESTIBILIDADE DE INGREDIENTES DE ORIGEM
ANIMAL E FOSFATO BICÁLCICO PARA TAMBAQUI E
TILÁPIA DO NILO**

GEISIANE SILVA SOUSA

CHAPADINHA

2023

GEISIANE SILVA SOUSA

**DIGESTIBILIDADE DE INGREDIENTES DE ORIGEM
ANIMAL E FOSFATO BICÁLCICO PARA TAMBAQUI E
TILÁPIA DO NILO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim.

Coorientadora: Dr^a. Daphinne Cardoso Nagib do Nascimento

CHAPADINHA

2023

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo (a) autor (a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Sousa, Geisine Silva.

Digestibilidade de ingredientes de origem animal e
fosfato bicálcico para tambaqui e tilápia do Nilo /
Geisine Silva Sousa. - 2023.
70 f.

Coorientador(a): Daphinne Cardoso Nagib do Nascimento.
Orientador(a): Marcos Antonio Delmondes Bomfim.
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal/ccch, Universidade Federal do Maranhão,
Chapadinha, 2023.

1. *Colossoma macropomum*. 2. Farinha de origem animal.
3. *Oreochromis niloticus*. 4. Valor nutricional. I.
Bomfim, Marcos Antonio Delmondes. II. Nascimento,
Daphinne Cardoso Nagib do. III. Título.

GEISIANE SILVA SOUSA

**DIGESTIBILIDADE DE INGREDIENTES DE ORIGEM
ANIMAL E FOSFATO BICÁLCICO PARA TAMBAQUI E
TILÁPIA DO NILO**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal da Universidade
Federal do Maranhão, como
requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Ciência Animal

Aprovada em: 28/10/2023

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Prof. Dr. Felipe Barbosa Ribeiro

Doutor em Zootecnia
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Dr^a. Daphinne Cardoso Nagib do Nascimento

Doutora em Ciência Animal
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Dr^a. Sylvia Sanae Takishita

Doutora em Zootecnia

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Martin Luther King)

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, esposo – grande incentivador – e amigos, pois sempre me apoiaram e se disponibilizaram a me auxiliar em mais uma etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me guiar e permitir superar as dificuldades. Aos meus amados pais – que são minha fortaleza e grande exemplo –, por todo amor, carinho, dedicação, incentivo, apoio incondicional e sempre indicar o caminho correto. Sou grata a todos os conselhos e boas recomendações. Ao meu querido e admirável parceiro Manoel Monteiro que sempre me apoia, independente de qualquer situação, e não mede esforços para me oferecer o melhor. Sou muitíssimo grata por tê-lo em minha vida. Também o agradeço por ter me conduzido a mais esta empreitada, pois foi quem me incentivou a ingressar na pós-graduação.

A minha avó e bisavó materna e ao meu memorável avô Alfredo Silva por terem amparado a mim e aos meus pais, principalmente nos momentos de maiores dificuldades. Agradeço as minhas tias Valdete, Valda e primas, Josiane e Josilene, que sempre se fizeram presente, auxiliando-me quando necessário. À Universidade Federal do Maranhão e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal por propiciarem novos conhecimentos. Aos professores, direção e à administração. Gratulo aos profissionais da limpeza que, mediante as dificuldades, principalmente no decorrer dos últimos anos, sempre se dispuseram, na medida do possível, a manter o ambiente limpo e organizado (o que não é tarefa fácil).

Aos meus seletos amigos (do G6) aos quais recorri no momento mais difícil dessa caminhada e que prontamente se disponibilizaram a me ouvir e me incentivar a permanecer firme. Agradeço muito ao Danyel (“Med-Vet”) por ter divulgado e me impulsionado a participar do processo seletivo do metrado. Gratulo aos meus parceiros de república por terem me acolhido, principalmente à Maya (quem fez intermédio com os demais), ao Antônio (quem me recebeu de início e também me auxiliou durante o experimento e em algumas disciplinas), ao Mikael por ter se disponibilizado, juntamente ao Antônio, a me acompanhar todas as vezes que precisei ir à noite ao laboratório para realizar as coletas ou quando precisei sair tarde, ao Agnael e a Rosaniele, que me incentivaram e auxiliaram durante a elaboração da dissertação. Obrigada pessoal!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim, por sempre me auxiliar, quando necessário. A minha coorientadora, Dr^a. Dháphine, por suas singelas observações que foram essenciais na conclusão do trabalho. Ao Prof. Pedro, por suas instruções e grande ajuda para realizar determinadas análises.

Ao doutorando Rafael e ao Prof. Dr. Felipe Ribeiro, por todas as suas valiosas contribuições. Agradeço as minhas parceiras Maylanne e Vanessa por todo apoio e companheirismo. Aos meus colegas de laboratório, sobretudo, Milena, Vanilza e Vinícius, que estiveram comigo, incansavelmente, até o último dia de experimento. E a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa empreitada. Muito obrigada!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 TAMBAQUI (<i>COLOSSOMA MACROPOMUM</i>).....	5
2.2 TILÁPIA DO NILO (<i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>)	6
2.3 NUTRIÇÃO	7
2.4 FISIOLOGIA DIGESTIVA DOS PEIXES	9
2.5 DIGESTIBILIDADE.....	11
2.6 ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL	13
2.6.1 Principais farinhas de origem animal	17
2.7 FÓSFORO	20
2.7.1 Principais fontes de fósforo em alimento para peixe.....	21
2.7.2 Fósforo digestível/disponível para peixe	21
2.7.3 Efeito poluidor do fósforo no ambiente aquático	23
3 OBJETIVOS	24
3.1 GERAL.....	24
3.2 ESPECÍFICOS	24
4 REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO 2	40
1 INTRODUÇÃO	41
2 OBJETIVO.....	42
3 METODOLOGIA.....	42
4 RESULTADOS	45
5 CONCLUSÃO.....	52
6 REFERÊNCIAS.....	53
ANEXO ÚNICO	59

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína (CDAP) e energia (CDAE) de alimentos de origem animal para espécies onívoras.....	19
Tabela 2. Composição percentual e química da ração referência (matéria natural).....	43
Tabela 3. Composição nutricional dos ingredientes utilizados no experimento (matéria natural).....	45
Tabela 4. Médias \pm desvio padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) e valores de proteína digestível de alimentos de origem animal para tambaqui e tilápia.....	47
Tabela 5. Médias \pm desvio padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB) e valores de energia digestível de alimentos de origem animal para tambaqui e tilápias.....	48
Tabela 6. Média \pm desvio padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo total (CDAFT) e valores de fosforo digestível de alimentos de origem animal para tambaqui e tilápias.....	49

RESUMO

Objetivou-se determinar os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e de fósforo total (FT) de alimentos de origem animal para tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram avaliados 05 ingredientes de origem animal (farinhas de carne e ossos, peixe, sangue, penas e de vísceras) e o fosfato bicálcico. Foram utilizados 56 tambaquís e 56 tilápias do Nilo, ambos na fase de crescimento com peso médio $198,15 \pm 3,11$ e $134,89 \pm 2,22$ gramas, respectivamente. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, composto por 12 tratamentos (6 alimentos x 2 espécies), três repetições no tempo e oito peixes por unidade experimental. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) foram obtidos pelo método indireto, utilizando uma ração referência e o óxido de crômio como indicador indigestivo. As coletas, em cada tempo sequencial, ocorreram até a obtenção do quantitativo necessário para análises laboratoriais. O tambaqui obteve maior CDA para PB da farinha de peixe (87,20%) e a tilápia apresentou maior CDA para as farinhas de carne e ossos, peixe e de vísceras (85,43%; 86,38% e 85,92%, respectivamente). Quanto ao CDA da EB, a tilápia obteve valor superior com a farinha de carne e ossos (89,69%) e o tambaqui maior CDA para as farinhas de carne e ossos, peixe e de vísceras (82,77%; 85,01% e 86,04%, respectivamente). Ambas as espécies apresentaram maior CDA para FT da farinha de sangue. As espécies aproveitaram de forma semelhante às farinhas de peixe, sangue, penas, vísceras e fosfato bicálcico (68,22%; 90,36%; 55,68% e 60,01%; 77,51%, respectivamente). No geral, o tambaqui e a tilápia digeriram de forma semelhante os alimentos testados. Em termos práticos, e considerando as excepcionalidades, podem-se adotar valores médios para os coeficientes de digestibilidade de alimentos de origem animal para ambas as espécies, visto que, as diferenças observadas para o CDA da PB para os dois peixes foram apenas para as farinhas de sangue e vísceras.

Palavras-chave: *Colossoma macropomum*. Farinha de origem animal. *Oreochromis niloticus*. Valor nutricional.

ABSTRACT

The objective was to determine the digestibility coefficients of crude protein (CP), gross energy (EB) and total phosphorus (TF) of foods of animal origin for tambaqui (*Colossoma macropomum*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Five ingredients of animal origin (meat and bone meal, fish, blood, feathers and offal) and dicalcium phosphate were evaluated. 56 tambaquis and 56 Nile tilapia were used, both in the growth phase with an average weight of 198.15 ± 3.11 and 134.89 ± 2.22 grams, respectively. The experiment was set up in a completely randomized design in a factorial scheme, consisting of 12 treatments (6 foods x 2 species), three time repetitions and eight fish per experimental unit. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) foram obtidos pelo método indireto, utilizando uma ração referência e o óxido de crômio como indicador indigestivo. The collections, at each sequential time, occurred until the quantity necessary for laboratory analyzes was obtained. Tambaqui had the highest CDA for CP in fish meal (87.20%) and tilapia had the highest CDA for meat and bone, fish and offal meal (85.43%; 86.38 % and 85.92%, respectively). As for the EB CDA, tilapia obtained a higher value with meat and bone meal (89.69%) and tambaqui had the highest CDA for meat and bone meal, fish and offal (82.77%; 85.01 % and 86.04%, respectively). Both species showed higher CDA for blood meal TF. The species used fish meal, blood, feathers, offal and dicalcium phosphate in a similar way (68.22%; 90.36%; 55.68% and 60.01%; 77.51%, respectively). Overall, tambaqui and tilapia digested the tested foods similarly. In practical terms, and considering the exceptionalities, average values can be adopted for the digestibility coefficients of foods of animal origin for both species, since the differences observed for the CDA of CP for the two fish were only for the flours of blood and viscera.

Keywords: *Colossoma macropomum*. Animal flour. *Oreochromis niloticus*. Nutritional value.

CAPITULO 1

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2018), a produção de peixes para consumo humano em 2016 foi de 80 milhões de toneladas. Em 2022, a produção nacional foi de 868.455 toneladas (PEIXE BR, 2023). De acordo com Fogaça (2020), o Brasil é o 8º maior produtor de peixes cultivados em águas interiores. Um dos grandes contribuintes para esse resultado foi o Maranhão, pois, no ano de 2022, a piscicultura local produziu 50.300 toneladas de peixes, garantindo ao estado a 6ª posição no ranking dos maiores produtores nacionais (PEIXE BR, 2023).

As preferências na escolha para cultivo levam em consideração os costumes locais, custos de produção, rusticidade, desempenho zootécnico, rendimento de filé, etc. (COLPANI, 2021). Dentre as espécies de interesse zootécnico mais cultivadas no país, a tilápia (*Oreochromis sp.*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*) têm grande destaque devido às suas características produtivas e aceitação no mercado. Com o crescente cultivo dessas espécies, sobretudo o tambaqui, os pesquisadores têm buscado informações para melhorar sua alimentação em confinamento (DAIRIKI; SILVA, 2011), visto que se baseia em rações comerciais que elevam consideravelmente os custos totais de produção.

Para diminuir os custos e aumentar a eficiência da produção, é fundamental estabelecer as necessidades nutricionais e os índices de digestibilidade dos alimentos, a fim de desenvolver dietas equilibradas que melhorem o desempenho com menor geração de resíduos (SILVA et al., 2003). Essa abordagem é importante não apenas para a produção comercial, mas também para a sustentabilidade ambiental, pois uma dieta balanceada em nutrientes, formulada com base em valores digestíveis (descontando as percas fecais), além de assegurar a possibilidade de rações que proporcionem menor resíduo fecal, assegura o balanceamento nutricional minimizando a poluição gerada por resíduos oriundos do metabolismo, melhorando a qualidade da água (BOMFIM, 2013).

Dentre os nutrientes prioritários, ressalta-se a proteína (aminoácidos), uma vez que é responsável por formar tecido magro, atua como substrato para síntese de proteínas corporais e enzimas transportadoras e imunológicas, e, quando em níveis excedentes, aumenta a descarga de nitrogênio no ambiente. Destaca-se também a importância de manter uma relação adequada entre proteína e energia, uma vez que, o excesso ou deficiência de energia afeta na utilização proteica e, conseqüentemente, no desempenho animal (HAYASHI et al., 2002;

COTAN, et al., 2006; BOSCOLO et al., 2011; NRC, 2011; LEHNINGER; NELSON; COX, 2014; MENEZES et al., 2021; SOUSA et al., 2023).

Dentre os minerais necessários para o desenvolvimento dos animais, destaca-se o fósforo, uma vez que atua na manutenção e formação do tecido ósseo e metabolismo energético. Tem sido considerado o terceiro nutriente mais caro das rações e um dos mais poluentes, pois, quando em níveis excessivos, contribui para eutrofização do ambiente. Já a energia deve estar em nível adequado e correta relação com a proteína, caso contrário, pode haver uma ineficiente utilização da mesma, podendo afetar a taxa de consumo e o desenvolvimento dos peixes (RIBEIRO et al., 2006; QUINTERO-PINTO et al., 2011; MACHADO, DILELIS, LIMA, 2021; SOUSA et al., 2023). Nesse sentido, faz-se importante o uso de alimentos adequados na formulação de rações que atendam as exigências nutricionais da espécie.

Os alimentos convencionais para fabricação de rações podem, circunstancialmente, ser mais caros, tornando-se necessária a avaliação (composição e, principalmente, a digestibilidade) de alimentos alternativos para possibilitar a formulação de rações de menor custo e capacidade poluente e que atendam às exigências nutricionais dos peixes (PASCOAL et al., 2006; SOARES et al., 2017). Outra questão a ser observada é que a composição química de um mesmo alimento pode variar em função de fatores como: a origem, variedade, processamento e o ataque de pragas e doenças, que podem influenciar na sua composição bromatológica e, conseqüentemente, nos seus valores digestíveis (NASCIMENTO et al., 2011). Esse problema é maior quando se utilizam alimentos que, normalmente, apresentam uma grande variabilidade na sua composição bromatológica, como as farinhas de origem animal e alguns subprodutos de origem vegetal, exemplificando, a farinha de carne e ossos e a torta de babaçu, respectivamente.

Uma composição média de 5 (cinco) tipos de farinhas de carne e ossos é apresentada nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2017), que diferem entre si quanto aos teores de proteína bruta que contêm, com níveis de 38, 43, 48, 52 e 60% de proteína bruta. Siqueira et al. (2011) compilou dados referentes à composição química e valores energéticos da torta de babaçu apresentados em publicações distintas (FREIRE et al., 2009; SILVA, 2009; SANTOS NETA et al., 2011) e verificou uma grande variabilidade nos teores de proteína bruta (15,17% a 22,02%), da energia bruta (3828 e 5056 Kcal/kg) e da

energia metabolizável (1110 a 3200 Kcal/kg), explicitando a dificuldade para a utilização deste ingrediente para a formulação de rações.

Para minimizar essa variação do percentual de proteínas, lipídios, minerais, entre outros, os valores correspondentes à composição química e digestibilidade de alimentos contidos nas tabelas de referência para animais não ruminantes, em geral, representam a média das observações obtidas nos diferentes ensaios publicados (FURUYA et al., 2010; NRC, 2011; FRACALOSSO; CYRINO, 2013; ROSTAGNO et al., 2017). Nesse sentido, há a necessidade de realizar mais de uma avaliação nutricional de cada alimento, considerando as diferentes condições de obtenção, variedade e processamento, para gerar valores médios mais confiáveis para serem utilizados na formulação de rações que favoreçam sua utilização racional (NASCIMENTO et al., 2011).

Outra hipótese que deve ser avaliada é se espécies de peixes tropicais de hábito alimentar e sistema digestivo relativamente similares podem digerir de forma semelhante os mesmos alimentos. Além disso, as diferenças/variabilidade entre os resultados para uma mesma espécie e entre espécies, provavelmente, devem-se também à variação na composição do alimento avaliado devido a implicações metodológicas nos ensaios de digestibilidade (BOMFIM; LANNA, 2004; BOMFIM, 2013; ROSTAGNO et al., 2017).

Essa teoria, caso confirmada, aumentaria o banco de dados disponíveis para ajustar os valores médios tabelados dos alimentos, uma vez que poderiam ser utilizados os dados conjuntos (de duas ou mais espécies) dos valores digestíveis de um alimento estimado em estudo direcionado a uma determinada espécie para outra, de hábito alimentar similar.

Considerando a importância regional e nacional do tambaqui, a carência e/ou a necessidade de informações para aumentar o banco de dados a respeito da digestibilidade de componentes nutricionais prioritários de ingredientes convencionais ou alternativos em rações para esta espécie, bem como de validar a possibilidade de utilizar os valores determinados para a tilápia do Nilo, justifica-se avaliar os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, energia bruta e fósforo total de ingredientes de origem animal e fosfato bicálcico utilizados em rações para tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)

Em 2022, a produção de peixes nativos avançou 1,8% em relação ao ano de 2021, sendo que o total nacional de pescado oriundo da piscicultura nos referidos anos alcançou 868.455 e 841.005 toneladas, respectivamente (PEIXE BR, 2017; PEIXE BR, 2023).

A desaceleração do crescimento da produção de espécies nativas ocorreu, além de outras razões, devido à pandemia da Covid-19. Contudo, em meio às adversidades, a produção de peixes nativos compõe um segmento de muita relevância (PEIXE BR, 2023), com destaque a produção do tambaqui, principal espécie amazônica cultivada no Brasil (KUBITZA, 2004).

O tambaqui (*C. macropomum*) é um caracídeo pertencente à classe Actinopterygii, ordem Characiformes, de hábito alimentar onívoro, nativo das bacias dos rios Amazonas e Orinoco (GOMES et al., 2010). Na fase juvenil, exibe coloração escura pouco definida (entre o amarelado, acastanhado, acinzentado e o preto) na parte dorsal e esbranquiçada na porção ventral. Já na fase adulta, apresenta tonalidade levemente verde no dorso e marcas escuras no ventre (ANSELMO, 2008). Esse peixe alcança a maturidade sexual a partir do 4º ano de idade e, no ambiente natural, pode atingir, em média, 1 metro de comprimento e 45 quilogramas. Por ser uma espécie reofílica, precisa migrar para realizar sua reprodução em ambiente natural (CARDOSO, 2001).

Segundo Sena (2012), a espécie tolera ambientes com baixo índice de oxigênio dissolvido ($<1 \text{ mg L}^{-1}$). Em situações críticas de exposição a águas com baixos teores de oxigênio dissolvido, os peixes da espécie expandem o lábio inferior (prolapso labial), adaptando-o para captar o oxigênio na superfície da água devido a maior concentração do gás dissolvido nessa região (KOHILA et al., 1992; CORRÊA; SOUSA; MARTINS JUNIOR, 2018). Dentre as espécies nativas, é considerada como uma das principais para piscicultura sustentável, pois possui carne branca, firme, de sabor suave, pode atingir, em cativeiro, tamanho comercial em um ano de cultivo e possui hábito alimentar onívoro/frugívoro/zooplânctófago (com tendência herbívora), possibilitando a utilização de rações na sua criação (ALMEIDA, 2006; NUNES et al., 2006; DAIRIKI; SILVA, 2011).

É o segundo maior peixe de escamas do Brasil e a principal espécie nativa cultivada no país, registrando-se em 2021, uma produção de 94.593,37 toneladas que junto com seus híbridos tambacu (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) e tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomum*), possibilitou a produção de 137.742,71 toneladas de pescado. No Maranhão, o tambaqui é um dos peixes mais cultivados, visto que, os números oficiais indicaram uma produção de 11.456,74 toneladas em 2021, correspondendo a 39,94% da produção total de peixes no Estado, seguido dos híbridos com produção de 9.043,90 toneladas (IBGE, 2022).

Apesar de suas características produtivas e mercadológicas, ainda há carência de informações sobre o valor nutritivo (digestibilidade) dos alimentos para esta espécie, como destacado em revisões realizadas por Dairiki e Silva (2011) e Oliveira e et al. (2013), enfatizando-se pesquisas realizadas por Vidal Júnior et al. (2004), Sena (2012), Santos (2012), Soares et al. (2017) e Nascimento et al. (2020).

Em virtude da carência de informações sobre as exigências e recomendações nutricionais para o tambaqui, as recomendações obtidas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) são extrapoladas para aquela espécie, devido ao fato de a tilápia do Nilo ter hábito alimentar onívoro, aceitar grande variedade de alimentos e responder com a mesma eficiência à ingestão de proteínas de origem vegetal e animal.

2.2 TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é natural da África. A espécie possui como principais características: hábito alimentar onívoro, aceitação de rações comerciais desde a fase pós-larval, conforto térmico entre 27 e 32°C (<14°C costuma ser letal), tolerância a variações de salinidade (adaptável de forma gradual), pode sobreviver com baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (até 3 partes por milhão – ppm a 28°C e em situação muito crítica pode até suportar entre 1,6 a 0,7 ppm a 26 – 35°C), admite alterações de potencial hidrogeniônico (pH) na água, que deve ser mantido entre 6 a 8,5 e é resistente a doenças. Esses atributos favorecem seu cultivo em escala comercial (KUBITZA, 2000; O MERCADO..., 2002; LUSTOSA-NETO et al., 2018).

A tilapicultura mundial é uma das mais importantes fontes geradoras de alimentos de origem aquática e é considerada líder na produção de pescado de água doce. Neste sentido, a

tilápia (*Oreochromis sp.*) está presente em mais de 140 países dos cinco continentes com produção anual global ascendente, inserindo no mercado, em 2020, cerca de 6.100.719 toneladas de peixes. Na década de 1990, a contribuição da espécie para o setor produtivo foi apenas de 379.169 toneladas, apresentando acréscimo de 1.608,97% no decorrer de 30 anos. Em 2021, somente o Brasil produziu 361.286,198 toneladas de tilápia (FAO, 2018; IBGE, 2022).

A tilápia do Nilo é um dos principais peixes cultivados no Brasil. Entre os anos de 2018 e 2019 as exportações cresceram 19% e, em nível regional, a região Nordeste contribuiu com 18,35% da produção nacional (PEIXE BR, 2020). Em 2022, a espécie representou 60,55% (486.155 toneladas) da produção nacional (802.930 toneladas) de peixes cultivados, consolidando o país como o 4º maior produtor mundial de tilápias. A produção de tilápia em 2022 apresentou incremento de 3%, passando a representar 60,93% da produção piscícola brasileira e 88% das exportações nacionais de pescado, aproximando o país da 3ª posição no *ranking* de maior produtor mundial (PEIXE BR, 2021; PEIXE BR, 2023).

Quanto aos aspectos mercadológicos, a tilápia destaca-se por ter carne suave com textura firme, succulenta, macia, reduzida quantidade de calorias (em média, 117 kcal.100 g⁻¹), baixo percentual de gorduras (0,9 g.100 g⁻¹, em média), elevado rendimento de filé (entre 35 e 40%) e ausência de mioceptos – espinhas intramusculares em forma de “Y” (LUSTOSA-NETO et al., 2018), diminuindo o risco físico (engasgo com espinha) durante a refeição. Outro fator positivo é a disponibilidade de pacotes tecnológicos para sua criação – resultando nos bons índices zootécnicos – e boas práticas de manejo adotadas que cooperam de forma significativa para o avanço da cadeia produtiva (PEDROSA FILHO et al., 2020).

Ressalte-se que a tilápia dispõe de um significativo banco de dados a respeito do valor nutricional de alimentos convencionais e alternativos publicados recentemente em periódicos especializados, somados aos já compilados nas Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias (FURUYA, et al., 2010) e no NRC (2011).

2.3 NUTRIÇÃO

O desenvolvimento das espécies está diretamente relacionado à assimilação e metabolização de compostos químicos presentes em sua dieta, sendo que a quantidade e a qualidade dos nutrientes disponíveis são determinadas conforme o habitat em que vivem. O

trato digestório, por sua vez, é responsável por digerir e absorver as substâncias ingeridas e fornecer substrato para a produção de energia, proteína, gordura e cinzas corporais (ROTTA, 2003; RODRIGUES; BERGAMIN; SANTOS, 2013; VALENTE, 2018).

A nutrição adequada é essencial para otimizar o desempenho zootécnico, aumentar a resistência dos peixes a doenças e infecções, reduzir a necessidade de uso de antibióticos e melhorar a qualidade da água. Alguns fatores importantes para uma alimentação apropriada incluem o uso de alimentos balanceados e em quantidades ajustadas para cada espécie.

A proteína é um nutriente de grande destaque por ser fonte primária de aminoácidos, além de ter o maior custo nas formulações de rações para peixes. Esse nutriente constitui o tecido muscular, enzimas, hormônios, hemoglobina e células de defesa. Sua inclusão nas dietas é essencial para o fornecimento dos aminoácidos essenciais liberados por meio da hidrólise que ocorre durante o processo fisiológico de digestão, no qual esses nutrientes são absorvidos ao longo do trato digestório e transportados por meio da corrente sanguínea para os tecidos (NRC, 2011).

Deficiência ou baixos níveis de aminoácidos essenciais na dieta reduzem a eficiência alimentar e o crescimento do animal, bem como teores elevados podem potencializar a liberação de nitrogênio que, majoritariamente, será excretado na forma de amônia, prejudicando o ambiente em que os peixes vivem, visto que, a amônia não ionizada é extremamente tóxica para os peixes (NRC, 2011; FRACALOSSO; CYRINO, 2013). Assim como a proteína, a energia também é essencial para compor a dieta dos peixes. Suas principais fontes são carboidratos e lipídios (energia não proteica), e os aminoácidos (energia proteica).

O correto balanceamento entre energia e proteína é indispensável para suprir as necessidades nutricionais e fazer com que a energia não proteica promova o efeito “poupador” de proteína para que esse nutriente possa ser utilizado na construção e/ou renovação dos tecidos. É importante frisar que o excesso de energia também pode reduzir a taxa de crescimento do peixe devido a redução no consumo da ração e, conseqüentemente, haverá menor ingestão de proteína e demais nutrientes necessários para o máximo desenvolvimento do animal (FRACALOSSO; CYRINO, 2013).

Dentre outros nutrientes minerais, tem-se o fósforo, componente muito importante, pois contribui para manutenção normal das funções metabólicas e fisiológicas (DIEMER et al., 2011), participa na constituição da estrutura óssea, dos ácidos nucleicos, sistemas enzimáticos e dos fosfolipídios da membrana celular (TEIXEIRA et al., 2005; DIETERICH et

al., 2012). Em contrapartida, é o terceiro nutriente mais oneroso das rações e com potencial poluidor podendo promover a eutrofização de corpos d'água (MACHADO, DILELIS, LIMA (2021; SOUSA et al., 2023).

2.4 FISILOGIA DIGESTIVA DOS PEIXES

Os peixes são animais pecilotérmicos, constituídos por brânquias (órgão adaptado para realizar trocas gasosas), estrutura interna de sustentação (óssea ou cartilaginosa), nadadeiras ou barbatanas e geralmente possuem escamas (PASCKE; LANZENDORF, 2017). Esses animais compõem o filo Chordata e apresentam o maior número de espécies quando comparado aos outros grupos de vertebrados (BEMVENUTI; FISCHER, 2010). Em meio a essa grande variedade, apenas uma pequena parcela vem sendo pesquisada, sobretudo aquelas com importância econômica.

Ao longo da evolução, os peixes passaram por alguns processos adaptativos morfológicos e fisiológicos, assim como outros animais (PASCKE; LANZENDORF, 2017), permitindo que habitassem ambientes dulcícolas, estuarinos, marinhos e oceânicos, além de viverem em zona bentônica (fundo dos oceanos) – sujeitos a altas pressões – e pelágica (coluna d'água), conforme suas características (BEMVENUTI; FISCHER, 2010).

Com base nos estudos realizados em determinadas espécies, pode-se observar diferenças morfofisiológicas, bem como, formato do corpo, comprimento de intestino em relação ao comprimento do corpo, tipos de boca e sua posição (exemplo: ventral, semi-ventral, terminal e dorsal), hábito alimentar, entre outros. Quanto ao hábito alimentar, segundo Baldisserotto (2018) e Bemvenuti; Fischer (2010), pode variar entre detritívoro (iliófaga), herbívoro, carnívoro ou onívoro e dentro de cada classe podem ser qualificados em eurípagos (dieta mista e variável), estenófagos (dieta mais estável e inclui pequena variedade de alimentos) e monófagos (consomem um tipo único de alimento).

É importante salientar que o hábito alimentar dos peixes pode mudar de acordo com o ciclo de vida, ou seja, alguns animais, quando juvenis, alimentam-se de zooplâncton, mas na fase adulta podem se especializar para consumir organismos animais ou vegetais. Tais modificações fazem com que ocorram diferentes adaptações no sistema digestório, ao passo que, peixes com dieta similar, mas de linhagem distinta, apresentam aparelho digestivo

diferenciado (BALDISSEROTTO, 2009; PESSOA et al., 2013; BALDISSEROTTO, 2018; DANTAS FILHO; PEREIRA, 2021).

O sistema digestório liga a boca ao ânus, dividindo-se em aparelho bucal, faringe, esôfago, estômago, intestino (e cecos pilóricos, em alguns casos), fígado, pâncreas, vesícula biliar e reto. Esse sistema tem a função de apreender e digerir o alimento, absorver nutrientes, íons e água, assim como, eliminar os produtos não aproveitados. Para que ocorra a digestão e absorção dos nutrientes é necessário que haja a deglutição do conteúdo alimentar, levando-o até o estômago onde sofre ação do ácido clorídrico (HCl) e das enzimas, iniciando assim o processo. Em seguida, o bolo alimentar é direcionado ao tubo digestivo que transporta o alimento por meio de contrações até sua porção final, parte em que há maior atividade dos microrganismos (ROTTA, 2003; FERNANDES; TAKAHASHI; AGUINAGA, 2014; GUEDES et al., 2021).

No geral, o trato gastrointestinal dos peixes sofre alterações estruturais básicas relacionadas ao tipo de item ingerido e ao ambiente, o que afeta a presença, localização e morfologia de órgãos específicos. Porém, mesmo adaptados com sucesso, a maioria desses animais possui uma dieta generalista, necessária para obter uma maior variedade de alimentos disponíveis (BARCELLOS; BRANCO; PONTES, 2014).

Quanto aos peixes monófagos (ingerem um único tipo de alimento), na ausência do alimento específico, esses animais podem suprir sua dieta com outro diferente, conforme sua necessidade. Nesse sentido, os onívoros são mais eficientes na adaptação em relação aos carnívoros. Em ambiente natural, essa capacidade faz com que a espécie tenha uma alimentação mais variada e que atenda às suas necessidades nutricionais (ROTTA, 2003; PESSOA et al., 2013).

Uma das características que diferencia os peixes onívoros é, além da dieta mista, o comprimento relativo do intestino (CRI). Segundo Carli (2021), peixes que se alimentam de vegetais e de outros animais possuem intestino maior (comparado ao daqueles que consomem apenas outros animais), admitindo que o alimento permaneça por um maior intervalo de tempo no trato para otimizar os processos de digestão e absorção, visto que o tempo de permanência do alimento e o período de atuação das enzimas no trato digestório aumenta.

Outro atributo que auxilia na digestão é a presença de cecos pilóricos (pequenas evaginações digitiformes que se formam na parede externa do intestino), estrutura especializada disposta na porção anterior do intestino médio cuja função é ampliar a área

intestinal, servindo também para armazenar alimento e auxiliar, principalmente, na digestão e absorção de lipídios e proteínas. Essas estruturas podem variar sua forma e quantidade de acordo com a espécie. Assim como os cecos pilóricos, as dobras – denominadas vilosidades intestinais – e cristas do epitélio mucoso são numerosas e variadas, servem para expandir a superfície de secreção e absorção (ROTTA, 2003; FERNANDES; TAKAHASHI; AGUINAGA, 2014).

Sendo assim, quanto maior a área de contato no interior do intestino, maior será a probabilidade de o alimento ser digerido e absorvido. Diante disso, enfatiza-se a necessidade de conhecer a anatomia digestiva dos peixes para poder estabelecer uma analogia entre suas modificações/adaptações e os hábitos alimentares, visto que, essa relação admite melhor compreensão do comportamento e desenvolvimento do animal no seu habitat, promovendo um correto manejo quando mantido em confinamento (GUEDES et al., 2021).

2.5 DIGESTIBILIDADE

Define-se digestibilidade como a capacidade do animal em digerir e absorver nutrientes e energia contidos nos alimentos (ANDRIGUETTO et al., 1982; ANDRIGUETTO et al., 2002). Em outras palavras, a digestibilidade de um alimento é representada por uma relação entre o que foi absorvido e o ingerido, denominado coeficiente de digestão (BUENO; GOMIDE, 2019). Desse modo, determinar o nível de aproveitamento dos ingredientes utilizados nas dietas, bem como obter informações aprofundadas da composição química desses alimentos e dos processos de digestão, absorção e utilização de nutrientes pelo animal é de extrema importância para que possa servir como base para formulação de rações balanceadas que melhor atendam as necessidades nutricionais do animal (AMARAL, 2001).

Santos (2004) denomina como coeficiente de digestibilidade verdadeiro (DV) a relação entre nutrientes assimilados (A) e nutrientes ingeridos (I). Mas, devido a grande dificuldade em determinar a porção assimilada e considerando a presença de resíduos fecais (perdas endógenas) não oriundos dos alimentos, tem-se utilizado a digestibilidade aparente (DA), a qual se obtém por meio da diferença entre a quantidade de alimento consumido e as fezes produzidas.

No geral, para quantificar a digestibilidade verdadeira (ou total), devem-se levar em consideração as perdas endógenas do trato digestório do peixe (enzimas digestivas, muco e

células da parede intestinal etc.) durante os processos de digestão e excreção. Contudo, tais perdas possuem um percentual considerado pequeno quando relacionado ao alto nível de consumo (NRC, 2011; BERCHIELLI et al., 2011) e difícil de quantificar por causa do ambiente em que os peixes habitam. Por esse motivo, a digestibilidade aparente é a mais aplicada nos estudos para digestibilidade de peixes (SENA, 2012).

Para obter dados sobre coeficiente de digestibilidade dos alimentos são aplicados dois métodos básicos: o direto, com quantificação de coleta total de fezes; e o método indireto, em que a coleta de fezes é parcial, com o uso de indicadores inertes. Devido à dificuldade que o ambiente aquático oferece ao realizar a quantificação, a coleta das fezes e a mensuração do consumo do alimento, o método direto não tem sido utilizado (BOMFIM; LANNA, 2004).

No método indireto, é incorporado ao alimento um indicador indigestivo (óxido de cromo – Cr_2O_3 , dióxido de titânio – TiO_2 , etc.) ou é utilizado um componente indigestivo do próprio alimento. Os coeficientes de digestibilidade aparentes são estimados contabilizando as diferenças de concentração do componente nutricional e do indicador no alimento e nas fezes, de modo que a coleta total das fezes não é necessária, apenas uma amostra representativa (BOMFIM; LANNA, 2004; SALMAN et al., 2010).

Os indicadores da digestibilidade são ingredientes que devem ser totalmente indigestíveis. Não podem interferir na fisiologia digestiva, e para isso devem se comportar de maneira inerte, devendo constituir o alimento em quantidades suficientes para que seja possível sua simples detecção analítica (VIDAL JUNIOR, 2000).

Existem dois grupos de indicadores utilizados nos estudos de digestibilidade dos alimentos: os internos (componentes indigestíveis do próprio alimento) e os externos (componentes inertes adicionados no alimento). A fibra é um exemplo de indicador interno (SILVA et al., 2010), pois é um componente comum dos alimentos para animais e, para animais não ruminantes, entende-se que seria quase completamente indigestível.

Entretanto, a fibra tem grandes desvantagens, pois não é tão precisa quanto os indicadores externos, como o óxido crômico, visto que, as bactérias presentes no trato digestório realizam o processo de fermentação (digestão microbiana) de parte dela. Além disso, a fibra alimentar também é suscetível à oxidação, tornando-a instável e menos confiável (LOPES, 2007; GONÇALVES et al., 2019). Outro ponto importante a ser considerado é que o excesso de fibra no alimento pode interferir na digestão e absorção de nutrientes, uma vez que

afeta o tempo de esvaziamento do trato digestório, altera a motilidade e o trânsito intestinal, reduzindo o tempo de ação das enzimas digestivas (LANNA et al., 2004).

No que se refere ao uso de indicador externo em estudos de digestibilidade, é frequente a utilização do óxido crômico (Cr_2O_3) em testes de digestibilidade, mas novos indicadores estão sendo desenvolvidos e testados. O dióxido de titânio (TiO_2) é uma alternativa para substituir o óxido crômico, uma vez que, a quantificação do óxido crômico necessita de técnicas onerosas (espectrofotometria de absorção atômica) e sua aplicabilidade como indicador tem sido criticada por causa de seus potenciais efeitos carcinogênicos (MYERS et al., 2004; FIGUEIREDO, 2011; SAMPAIO et al., 2011; DETMANN et al., 2021).

De modo geral, diferentes elementos químicos (seja na forma de óxido ou de sal) podem ser utilizados como indicadores externos em ensaios de digestibilidade, tais como cádmio, cério, cobalto, érbio, európio, itérbio, lantânio, ouro, etc., além dos já mencionados (cromo e titânio). (DETMANN et al., 2004; MYERS et al., 2004; DETMANN et al., 2021).

2.6 ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL

Alimentos são fundamentais para a sobrevivência de qualquer animal, pois devem fornecer nutrientes essenciais, tais como vitaminas, minerais, proteínas, carboidratos, lipídios e fibras. Essas substâncias proporcionam o funcionamento normal do corpo, mantendo a higidez e o bem-estar. A quantidade e o tipo consumido também influenciam o peso e a saúde, uma vez que, alimentos balanceados contêm quantidades equilibradas de nutrientes que auxiliam no desempenho (CAÑAS; BRAIBANTE, 2019).

No ambiente natural, geralmente, os peixes conseguem satisfazer suas necessidades tendo acesso a dietas diversificadas, sejam de origem animal ou vegetal, conforme sua fisiologia digestiva. Independente da origem, os alimentos devem fornecer componentes capazes de serem digeridos e absorvidos no organismo. Com base nessa narrativa, conhecer a composição e os coeficientes de digestibilidade dos alimentos faz com que a elaboração de rações se torne mais eficiente, nutrindo adequadamente, de modo a aprimorar o manejo nutricional dos peixes confinados.

Os alimentos à base de vegetais, embora possam apresentar alto valor biológico (LUZ; PALLONE, 2022), quando inclusos em grandes quantidades em dietas de não ruminantes

(“monogástricos”) podem apresentar baixa digestibilidade, por causa da presença de fibras, visto que esses animais não produzem enzimas capazes de digeri-las. As fibras (polissacarídeos não amiláceos) são divididas em solúveis e insolúveis, tendo como principais componentes: lignina, hemicelulose, celulose e pectina.

As fibras solúveis ao serem diluídas no organismo formam um gel que engloba o alimento, aumentando a viscosidade – o que impede o contato direto das enzimas digestivas – e o tempo de permanência no intestino, reduzindo o consumo do animal e a digestibilidade. Já as fibras insolúveis, devido ao maior estímulo dos movimentos peristálticos, aceleram o trânsito intestinal, reduzindo o tempo de passagem e, em consequência, prejudicam a digestão e absorção dos nutrientes, além de aumentarem o volume do bolo fecal (BOMFIM; LANNA, 2004).

Outro ponto importante a ser mencionado é o fitato (ácido fítico), substância orgânica presente nas plantas. Nessa substância fica armazenado cerca de 2/3 do fósforo de origem vegetal, elemento essencial para o desenvolvimento do peixe. Os animais não produzem a enzima fitase e isso faz com que grande parte do fósforo fique indisponível para digestão e absorção.

Quanto aos alimentos de origem animal, esses têm como principais vantagens a elevada quantidade de proteína (aminoácidos), energia e, principalmente, minerais, especialmente, o cálcio e o fósforo, e não apresenta fósforo ligado ao fitato, tornando-o, em tese, 100% disponível para digestão e absorção (BELLAYER, 2005), minimizando a necessidade de suplementação com fontes inorgânicas, que contribuem para ser o terceiro nutriente mais oneroso na formulação de uma ração (MACHADO, DILELIS E LIMA, 2021).

As farinhas de origem animal oriundos de frigoríficos e abatedouros podem ser uma boa alternativa para inclusão moderada em rações práticas à base de alimentos de origem vegetal (exemplo: milho e farelo de soja), levando em consideração que esses grãos apresentam deficiência de fósforo não-fítico, além da oscilação de preço. A grande disponibilidade desses subprodutos ocorre devido à elevada produção animal para atender as demandas atuais (MACHADO; DILELIS; LIMA, 2021).

Conforme dados publicados recentemente, apenas nos meses de janeiro e fevereiro de 2021 foram exportadas 445.290 toneladas de carne bovina, demonstrando crescimento de 33,1% em relação ao mesmo período do ano anterior. A produção total dessa carne no ano de 2021 foi de 8.084,80 milhões de toneladas, em que 2.478,23 foram exportadas e 5.677,21,

disponibilizadas no mercado interno. Já a produção de frango, no mesmo ano, foi de 15.345,40 milhões de toneladas, e a exportação e disponibilidade interna foram de 4.467,60 e 10.877,9 milhões de toneladas, na devida ordem (CONAB, 2022). Lesson e Summers (1997) relataram que para cada 1.000 quilogramas de carne processada, cerca de 30% são considerados não comestíveis e, desse percentual, 66,67% (200,01 Kg) são destinados à produção de farinhas de origem animal.

Com base no exposto, o processamento de carnes gera grande quantidade de produtos que podem ser direcionados a produção de farinhas seguindo normas de higiene e processos de limpeza para atender aos padrões de qualidade (BRASIL, 2008; MACHADO; DILELIS; LIMA, 2021).

Os ingredientes de origem animal, em geral, também são ricos em lisina e metionina, aminoácidos limitantes na nutrição de peixes. Embora as farinhas de origem animal possuam um balanço de aminoácidos mais interessante (comparado aos de origem vegetal), elas também podem conter impurezas que comprometam o comportamento e o rendimento dos animais, além de serem susceptíveis a contaminação bacteriana e peroxidação das gorduras. Por isso, é importante que os ingredientes sejam testados e analisados antes de serem incorporados na formulação de dietas (BELLAVAR, 2005; HENRIQUES; RODRIGUES; LAZZARI, 2018).

Quanto ao processamento, são realizadas etapas muito semelhantes para todos os tipos de farinhas cárneas em que, basicamente, ocorre a coleta, trituração, cozimento, prensagem, desengorduramento e resfriamento das partes não comestíveis do animal, exceto pêlos, cascos, chifres, fezes, conteúdo estomacal e resíduos de animais abatidos em estabelecimentos não autorizados (BRASIL, 2008).

De acordo com a origem da matéria prima, as farinhas podem ser provenientes de diferentes espécies animais, como bovinos, caprinos, ovinos, suínos etc., sendo, nesse caso, classificadas como mistas, ao passo que, quando originárias de uma única espécie são caracterizadas como simples. Outras classificações de farinhas podem ser feitas de acordo com a qualidade do material, que pode ser farinha integral (que contém todas as partes do animal) ou farinha desengordurada (que não contém gordura). As farinhas podem ser caracterizadas de acordo com seu grau de moagem, sendo farinha de moagem fina (diâmetro geométrico médio inferior a 0,60 mm), média (diâmetro geométrico médio é de 0,60 a 2,00

mm) ou moagem grossa (superior a 2,00 mm) (EYNG et al., 2011; SOUZA et al., 2020; AGROCERES MULTIMIX, 2022; SOUZA, 2022).

Segundo Zanotto e Bellaver (1996), a escolha correta do tamanho das partículas das farinhas é importante para a obtenção de melhores resultados na alimentação animal. Uma partícula muito fina é capaz de interferir na digestão, pois tem grande potencial de ser absorvida rapidamente, aumentando o risco de desequilíbrio nutricional. Isso possibilita uma maior ingestão de calorias em um curto espaço de tempo, podendo resultar em acúmulo de gordura. Por outro lado, partículas muito grossas também não são ideais, pois aumentam o tempo necessário para a digestão. O tamanho ideal deve variar de acordo com o tipo de alimento e o estágio de crescimento e/ou desenvolvimento do animal. Por exemplo, frações menores são mais adequadas para animais jovens, pois possuem uma superfície maior para a ação enzimática (CASTRO, 2017).

Além disso, o tamanho das partículas influencia diretamente na aceitabilidade da ração. Fragmentos muito finos podem ser facilmente triturados e desgastados, enquanto fragmentos maiores tendem a ser mais palatáveis. Portanto, é importante escolher a granulometria correta para assegurar não apenas a digestão eficiente, mas também a “palatabilidade” da ração, a fim de garantir a saúde e o bem-estar dos animais (BELLAVÉR; NONES, 2000; ESMINGER, 1985).

Os subprodutos cárneos ao serem destinados à alimentação animal, além de promoverem uma possível redução dos custos de fabricação de rações, contribuem significativamente com a redução da poluição ambiental, pois impede o incorreto descarte desse material no meio, evitando contaminações do solo, de fontes de água, proliferação de microrganismos e insetos, considerados vetores de doenças (SCHEUERMANN; ROSA, 2007; EMBRAPA SUÍNOS E AVES, 2008; FAO, 2011). Para produzir rações de qualidade é necessário que as farinhas resultantes do processamento de carnes sejam caracterizadas e padronizadas. As farinhas de origem animal são definidas como farinha de carne e ossos, de peixes, de penas, de sangue, de vísceras, dentre outras (COMPÊNDIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2013).

2.6.1 Principais farinhas de origem animal

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é o responsável por inspecionar e fiscalizar a qualidade e segurança de subprodutos de origem animal (TIRITAN, 2022). De acordo com a instrução normativa nº 34, de 28 de maio de 2008, farinha é um produto secundário resultante da indústria de processamento animal, não comestível, que deve atender ao padrão de identidade e qualidade preestabelecido nos aspectos higiênico-sanitários, tecnológicos e nutricionais (MAPA, 2008). Esses subprodutos que antes eram comumente destinados a aterros sanitários passaram a ser aproveitados como matéria prima para elaboração de farinhas (MOREJON; MOREJON, 2019; MALAFAIA et al., 2020).

As farinhas cárneas (carne e ossos, peixes, vísceras etc.) são ricas em nutrientes digestíveis e melhoram a aceitabilidade (palatabilidade) nas dietas animais. Por esse motivo, são empregadas como ingredientes que compõem as rações para aves, suínos, peixes e demais espécies não ruminantes. Mas para isso, é necessário que haja um rigoroso processo de esterilização dessas farinhas a fim de evitar qualquer tipo de contaminação (TIRITAN, 2022).

Dentre as farinhas de origem animal, segundo Eyng e colaboradores (2011), a farinha de peixe (FPX) e a farinha de carne e ossos (FCO) têm grande destaque na literatura, visto que são fontes ricas em proteína e podem ser utilizadas como substitutas de outros ingredientes. Essas farinhas também contêm minerais em quantidades significativas como cálcio e ferro, que são essenciais para o bom funcionamento do organismo.

A FPX tem excelente nível de aminoácidos, alta aceitabilidade e digestibilidade (FARIA et al., 2001). Ela é produzida a partir da moagem do peixe inteiro ou de partes de peixes como cabeças, nadadeiras, vísceras e espinhaços, e é aplicada como alternativa de rações animais (CAXEIXA, 2019). Sua composição apresenta valores para proteína bruta e energia bruta em torno de 59,20% e 4.119,50 kcal.kg⁻¹, respectivamente (ROSTAGNO et al., 2017). O uso da farinha de peixe como alimento também ajuda a reduzir a quantidade de poluentes orgânicos no meio ambiente (FURUYA et al., 2010). Sua produção é um meio eficiente e sustentável de aproveitar os subprodutos da indústria pesqueira que seriam descartados.

A FCO também é um produto altamente palatável para a maioria dos animais. Contém de 35% a 60% de proteína bruta; 3.145,00 a 4.176,00 kcal.kg⁻¹ de energia bruta; 12,2% de

extrato etéreo e 24,5% a 40,6% de matéria mineral, no qual 11,3%, em média, representam o cálcio total e 5,21% o fósforo disponível/digestível (FURUYA et al., 2010; ROSTAGNO et al., 2017).

Destaca-se que a proporção cálcio (Ca):fósforo (P) deve ser no máximo – a depender da espécie – 2,5:1 (Ca:P), pois, essa relação em desequilíbrio é capaz de comprometer o desenvolvimento e a saúde dos peixes. Ou seja, excesso de fósforo pode causar problemas relacionados à mineralização dos ossos e à deposição de cálcio nos tecidos, enquanto que o excesso de cálcio pode levar a problemas como desequilíbrio ácido-base, alcalose e desmineralização dos ossos. Portanto, é importante manter uma proporção adequada entre cálcio e fósforo nas rações para o bem-estar dos peixes (GOMES et al., 2018).

Em relação à farinha de sangue (FS), segundo Furuya et al. (2010), o valor para proteína bruta é de 85,80% e de 5.103,00 kcal.kg⁻¹ para energia bruta, tendo como coeficientes de digestibilidade estimados para tilápia de 50,68% e 60,50% para proteína e energia, nessa ordem. A farinha de sangue convencional é produzida a temperaturas mais altas, com maior intervalo de tempo para a secagem. Isso amplia a formação de peptídeos de baixo peso molecular e aminoácidos livres. O processo convencional leva a uma menor uniformidade do produto, já que a estrutura primária das proteínas é destruída. Embora essa farinha seja pobre em determinados aminoácidos essenciais, a FS atomizada a alta pressão, formando gotículas de tamanho muito pequeno, é melhor aproveitada por determinados peixes onívoros (PEZZATO et al., 2012).

A atomização tem como objetivo preservar as propriedades do sangue, uma vez que as gotículas são congeladas imediatamente após formadas, evitando a desnaturação das proteínas, o que ocasiona em uma farinha de sangue de melhor qualidade e melhor aproveitamento nutricional. O cozimento da farinha de sangue atomizada aumenta a digestibilidade da proteína, acelera a taxa de digestão, intensifica a retenção de nitrogênio e aumenta o conteúdo de aminoácidos em alimentos para peixes (BRITO, 2007; PEZZATO et al., 2012).

No que se refere à farinha de vísceras (FV), segundo Furuya et al. (2010), Rostagno et al. (2017) e Henriques, Rodrigues e Lazzari (2018), a proteína e energia bruta variam entre 57,68 a 65,70% e 4.744,38 a 5.343,00 kcal.kg⁻¹, respectivamente. O teor de proteína digestível estimado, em média, é de 52,37% e energia digestível de 3001 kcal.kg⁻¹ para tilápia, apresentando coeficientes de digestibilidade para proteína e energia bruta estimados em

89,23% e 82,22%, respectivamente (FURUYA et al., 2010). No geral, a FV é rica em minerais e aminoácidos, o que a torna uma excelente fonte nutricional para os peixes (SENA, 2012; HENRIQUES; RODRIGUES; LAZZARI 2018).

Diferente das FPX e FV, a farinha de penas (FP) apresenta baixos coeficientes de digestibilidade, embora seja um ingrediente comum na alimentação de animais, sendo utilizada principalmente como fonte de proteínas. A FP contém, em média, 6,05% de gordura, 80,87% de proteína bruta e 5.191,67 Kcal Kg⁻¹ de energia bruta, sendo muito resistente às enzimas proteolíticas. Para melhorar a qualidade dessa matéria-prima, é necessário que seja submetida a um processamento para a hidrólise da queratina, tornando a proteína mais disponível para os animais (FURUYA et al., 2010; ROSTAGNO et al., 2011).

Destaca-se a seguir, organizados na Tabela 1, os coeficientes de digestibilidade aparente de proteína e energia de alimentos de origem animal estimados para diferentes espécies de peixes onívoros.

Tabela 1 - Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína (CDAP) e energia (CDAE) de alimentos de origem animal para espécies onívoras.

ALIMENTO	CDAP (%)	CDAE (%)	REFERÊNCIA	ESPÉCIE
Farinha Carne Ossos	88,27	60,59	*FURUYA et al. (2010)	Tilápia
	73,19	-	PEZZATO et al. (2002)	Tilápia
	88,59	83,98	ABIMORAD; CARNEIRO (2004)	Pacu
	87,77	85,77	SENA (2012)	Tambaqui
	85,54	88,06	*FURUYA et al. (2010)	Tilápia
Farinha Peixes	78,55	76,17	PEZZATO et al. (2002)	Tilápia
	88,40	78,14	ABIMORAD; CARNEIRO (2004)	Pacu
	84,60	74,50	ABIMORAD (2008)	Pacu
	93,01	93,51	SENA (2012)	Tambaqui
	84,95	-	*FURUYA et al. (2001)	Tilápia
Farinha Penas	78,50	68,15	*FURUYA et al. (2010)	Tilápia
	29,12	68,32	PEZZATO et al. (2002)	Tilápia
	75,73	79,52	ABIMORAD; CARNEIRO (2004)	Pacu
	78,88	68,25	XAVIER (2015)	Tilápia
	50,68	60,50	*FURUYA et al. (2010)	Tilápia
Farinha Sangue	50,69	60,61	PEZZATO et al. (2002)	Tilápia
	57,72	67,41	ABIMORAD; CARNEIRO (2004)	Pacu
	87,24	74,59	PEZZATO et al. (2002)	Tilápia
	89,23	82,22	*FURUYA et al. (2010)	Tilápia
Farinha Visceras	83,40	69,99	ABIMORAD; CARNEIRO (2004)	Pacu
	83,42	89,79	SENA (2012)	Tambaqui

* Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápia

2.7 FÓSFORO

Diversas pesquisas relatam a importância de elaborar rações que sejam mais completas, com quantidades específicas de nutrientes, sobretudo minerais, visto que, atuam nas funções do organismo, promovem crescimento adequado em menor espaço de tempo, além de reduzir a carga poluente no ambiente aquático (DIEMER et al., 2011; ARARIPE et al., 2006).

Os minerais, embora considerados micronutrientes – devido à pequena concentração nas rações –, são fundamentais para o correto funcionamento do organismo. Eles são comumente divididos, conforme a necessidade diária, em dois grupos: os microminerais (oligoelementos), os quais apresentam quantidade de consumo inferior a 100 miligramas (mg)/dia, como exemplo tem-se o ferro, zinco, selênio, cobre, iodo e manganês, responsáveis por atuarem nas reações bioquímicas, sistema imunológico e ação antioxidante; e os macrominerais, cuja ingestão diária essencial deve ser acima de 100 mg, sendo os mais comuns: cálcio, fósforo, magnésio, cloreto, sódio e potássio. Esses últimos têm como principal função agir na estrutura e formação óssea, regulação dos fluidos corporais e secreções digestivas (QUINTERO-PINTO, 2008; NRC, 2011; ÁVILA, 2022).

Há também uma terceira classificação, apesar de não ser muito utilizada por alguns autores, conhecida como minerais traço. Nesse caso, a divisão fica: minerais traços (<100 partes por trilhão – ppt), micro (entre 100 ppt e 100 partes por milhão – ppm) e macro (entre 0,1 e 10%), em que permanece no grupo dos macros o cálcio, magnésio, cloro, sódio, potássio, enxofre e fósforo (QUINTERO-PINTO, 2008).

O fósforo é um dos macrominerais de destaque na nutrição animal, pois contribui para manutenção normal das funções metabólicas e fisiológicas (DIEMER et al., 2011). Em concentrações abaixo da exigência causa redução na taxa de crescimento do animal, perda de massa mineral óssea e acúmulo de gordura corporal, entretanto, o excesso de fósforo na dieta de peixes pode favorecer o processo de eutrofização do ambiente aquático por meio de suas excretas (MENEZES et al., 2021). Diante do exposto, a utilização de rações com níveis adequados de fósforo na nutrição de peixes proporciona melhor desenvolvimento do animal e redução da carga poluente no ambiente de cultivo.

Os peixes (por intermédio da osmorregulação) possuem a capacidade de absorver determinados elementos inorgânicos do meio em que vivem, podendo suprir parte das suas

exigências nutricionais de cálcio, magnésio, sódio, potássio, zinco, ferro, selênio, cobalto e cobre. Todavia, para atender aos requisitos de fósforo faz-se necessário incluir na dieta fontes alimentares que contenham esse nutriente (LALL, 1989; WATANABE; KIRON; SATOH, 1997; QUINTERO-PINTO 2008).

2.7.1 Principais fontes de fósforo em rações para peixes

O fósforo se encontra amplamente ligado/associado difundido com outros elementos na natureza (QUINTERO-PINTO et al., 2011). O fósforo é encontrado nas formas inorgânica e orgânica, sendo a inorgânica absorvida em maior proporção, pois as enzimas fosfatases alcalinas intestinais, na presença da água, realizam a “quebra” química da forma orgânica, disponibilizando a fração solúvel (QUINTERO-PINTO, 2008). As rochas fosfáticas (fontes não renováveis), também conhecidas como fosforite, são depósitos naturais de fósforo (PANTANO et al., 2016).

Os ingredientes de origem animal e vegetal são fontes de fósforo, porém, esse último apresenta parte (cerca de 2/3) do referido mineral associado à molécula de fitato (fósforo fítico), reduzindo seu aproveitamento no organismo dos peixes devido à ausência da produção endógena da enzima fitase (PONTES et al., 2015), aumentando a excreção por via fecal (QUINTERO-PINTO, 2008; QUINTERO-PINTO et al., 2011).

Já alimentos de origem animal permite um maior aproveitamento desse macromineral, visto que sua disponibilidade, no geral, seria esperado ser de 100%. Contudo, para as farinhas de carne e ossos, pesquisas mostraram ser somente 90% disponível (ROSTAGNO, 2017). Nas farinhas de origem animal é comum encontrar o fósforo na forma inorgânica de hidroxiapatita, componente estrutural dos ossos, o qual proporciona rigidez, resistência e suporte, reduzindo a digestibilidade desse mineral (STEFFENS, 1987; LALL, 2002).

2.7.2 Fósforo digestível/disponível para peixes

O fósforo pode ser encontrado com disponibilidade e digestibilidade diferentes, a depender do alimento (QUINTERO-PINTO, 2008; QUINTERO-PINTO et al., 2011; BOMFIM, 2013). Segundo Bomfim (2013), fósforo disponível, relacionado à biodisponibilidade, é quantificado com base em uma fonte referência, cujo valor disponível é aferido em 100%. Nesse sentido, salienta-se que, se um alimento apresenta o fósforo 100%

disponível não significa que seja totalmente digestível, podendo apenas parte desse percentual ser aproveitado pelo animal.

Diversos fatores podem interferir tanto na disponibilidade quanto na digestibilidade do fósforo, dentre eles: idade do animal e/ou composição química do alimento (KHAN; NISA; SARWAR, 2003) e os componentes antinutricionais (substâncias que interferem na digestibilidade, absorção e utilização dos nutrientes).

A maior parte dos alimentos contém fósforo em sua composição, porém, a disponibilidade deste macromineral nos alimentos de origem vegetal é baixa e seu aproveitamento no organismo tem uma relação inversamente proporcional ao percentual deste mineral associado ao fitato (ou fósforo fítico). Isso ocorre porque as fontes vegetais armazenam o fósforo na molécula de fitato durante o amadurecimento das sementes. Esse antinutriente, para ser digerido nos não ruminantes, exige a inclusão da enzima fitase nas rações para aumentar a quantidade absorvida do fósforo em dietas contendo ingredientes de origem vegetal (farinha de soja, trigo, milho, sorgo etc.), uma vez que esses animais não produzem a enzima fitase (CYRINO et al., 2010; LOSCH, 2013; PONTES et al., 2015).

No que diz respeito ao fósforo oriundo de fontes inorgânicas, tais como, os fosfatos: monocalcico, monobicalcico, tricácico, monossódico e o fosfato bicalcico, o último utilizado como padrão nas rações; não apresentam digestibilidade de 100%, conforme apresentado nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2017) e Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápia (FURUYA et al., 2010).

Os estudos mais recentes já recomendam a utilização de valores digestíveis/disponíveis de fósforo na formulação de rações para peixes, assegurando maior precisão no fornecimento de quantidades adequadas desse mineral. Pezzato et al. (2006) sugerem a inclusão de 0,75% de fósforo disponível em rações para a tilápia após a fase de reversão sexual. Reidel e demais autores (2011) recomendam a inserção de 0,60% de fósforo total na dieta de pacu com peso médio de 150 gramas. Sousa (2017) indica a inclusão de 0,71% de fósforo digestível para alevinos e 0,46% para juvenis de tambaqui. Os referidos autores mencionam que esses níveis proporcionam melhor aproveitamento da dieta, além de reduzir a ação poluente da ração.

2.7.3 Efeito poluidor do fósforo no ambiente aquático

Ter conhecimento dos dados de digestibilidade dos nutrientes é indispensável para que os nutricionistas possam recomendar dosagens de micro e macronutrientes adequadas às exigências dos animais, evitando as subdosagens as quais podem interferir negativamente no desempenho dos peixes, assim como as superdosagens que além de elevar os custos de produção (GONÇALVES; CARNEIRO, 2003), podem prejudicar o ambiente de cultivo.

O excesso de nutrientes na dieta promove maior excreção de elementos, principalmente, o nitrogênio por excesso de proteína ou deficiência em energia, e o fósforo por excesso deste nutriente. Estes, excretados em demasia, eutrofizam o ambiente de cultivo, com destaque ao fósforo, visto que pode se tornar o primeiro limitante nos corpos d'água, pois, sua menor disponibilidade restringe a produção primária (proliferação de fitoplâncton e, conseqüentemente, zooplâncton), e incrementam crescimento excessivo de plantas aquáticas (BUENO et al., 2012; VIDAL; CAPELO NETO, 2014).

Desse modo, a suplementação do fósforo de forma precisa na ração é uma estratégia fundamental que pode ser utilizada com eficiência para melhorar o desempenho zootécnico dos peixes e, por conseguinte, manter os parâmetros de qualidade do ambiente de cultivo dentro dos padrões recomendados para o bem-estar da espécie (níveis de oxigênio dissolvido, pH, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato etc., dentro da faixa aceitável para os peixes), reduzindo o efeito poluidor causado por excesso de fósforo.

O artigo a seguir foi editorado com base nos requisitos para publicação no Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, com adaptações às normas para redação da Dissertação do PPGCA/UFMA.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Determinar os coeficientes de digestibilidade proteica, energética e de fósforo de ingredientes de origem animal e do fosfato bicálcico, utilizados em rações para tambaqui e tilápia do Nilo.

3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a composição bromatológica de ingredientes de origem animal e fosfato bicálcico;
- Determinar e comparar a digestibilidade proteica, energética e de fósforo de ingredientes de origem animal e do fosfato bicálcico para tambaqui e tilápia do Nilo.

4 REFERÊNCIAS

AGROCERES MULTIMIX. **Qualidade da Matéria-Prima: Monitoramento e Inspeção de Ingredientes para Nutrição Animal**. 2022. Disponível em:

<<https://agroceresmultimix.com.br/Painel/uploads/11072016095600.pdf>>. Acesso em 20 fev. 2023.

ALMEIDA, L. C. **Perfil digestivo e metabólico de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), alimentados com diferentes teores de proteína e lipídio**.

Dissertação (Mestrado em Genética) – Universidade Federal de São Carlos. 77 f. 2006.

Disponível em:

<<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/5437/1309.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 11 ago. 2023.

AMARAL, A. M. D. **Digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos em alimentos utilizados em dietas para suínos em crescimento**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 71 f. 2001. Disponível em:

<<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/11235/1/texto%20completo.PDF>>. Acesso em 11 set. 2023.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; BONA, A. F. **Nutrição animal: As bases e os fundamentos da nutrição animal**. 1982, 395 p.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; BONA, A. F. Os minerais na nutrição animal. In: **Nutrição animal**, Nobel, v. 1, p. 205, 2002.

ANSELMO, A. A. S. **Resíduos de frutos amazônicos como ingredientes alternativos em rações extrusadas para juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum***. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus. [s.n.], p. 45, 2008. Disponível em:

<https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/11274/1/Dissertacao_Andre_Anselmo.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2023.

ARARIPE, M. N. B. A.; FRANÇA SEGUNDO, L. F. de.; LOPES, J. B.; ARARIPE, H. G. de A. Efeito do cultivo de peixes em tanques-rede sobre o aporte de fósforo para o ambiente. **Revista Científica de Produção Animal**, Teresina, v. 8, n. 2, p. 56-65, 2006.

ÁVILA, M. Nutrição Básica. **A importância dos minerais**. ©2022. Disponível em:

<<http://www.endocrinologia.com.br/nutricao/a-importancia-dos-sais-minerais.php>>. Acesso em: 05 set. 2022.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Ed. UFSM. 350p. 2009.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à Piscicultura**. 3. Ed. Santa Maria: Editora da UFSM, 352 p, 2018.

BARCELLOS J. F. M.; BRANCO E.; PONTES D. Aspectos morfométricos do tubo digestório de *Roeboides xenodon* e *Orthospinus franciscensis*. **Revista Biotemas**. 27(3):139-47, 2014. Disponível em: < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2014v27n3p139/27669>>. Acesso em: 25 jan. 2023.

BELLAVER, C.; NONES, K. **A Importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola**. IV Simpósio Goiano de Avicultura, 2000.

BELLAVER, C. **Limitações e vantagens do uso de farinhas de Origem animal na alimentação de suínos e de aves**. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, SC, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/?/artigos/2003/artigo-2003-n007.html;ano=2003>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

BEMVENUTI, M. A.; FISCHER, L. G. Peixes: morfologia e adaptações. **Cadernos de Ecologia Aquática**. 5 (2):31-54, ago – dez 2010. Disponível em: <https://demersais.furg.br/images/producao/2010_bemvenuti_peixes_morfologia_caderno_ecol_aquat.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

BERCHIELLI, T. T.; VEGA-GARCÍA, A.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T. T., PIRES, A. V., OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 14 (2), 425-438, 2011.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T. Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n°1, p.20-30, 2004.

BOMFIM, M. A. D. Estratégias Nutricionais para Redução das Excreções de Nitrogênio e Fósforo nos Sistemas de Produção de Peixes no Nordeste: Sustentabilidade Ambiental e Aumento da Produtividade. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, p. 122-140, 2013.

BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J. M. A. DE.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.145-154, 2011 (supl. especial). Disponível em: <<https://www.sbz.org.br/revista/artigos/66269.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2023.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa MAPA nº 34, de 28 de maio de 2008. Aprova regulamento técnico da inspeção higiênico sanitária e tecnológica do processamento de resíduos de origem animal. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 29 de maio de 2008.

BRITO, A. B. **Uso de Farinha de Sangue na Nutrição de Frangos de Corte**. p. 1-7, ago. 2007. Disponível em: <<https://www.polinutri.com.br/upload/artigo/186.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

BUENO, G. W.; FEIDEN, A.; NEU, D.; H. LUI, T. A.; WÄCHTER, N.; BOSCOLO, W. R. Digestibilidade do fósforo em dietas como estratégia nutricional para redução de efluentes da

- tilapicultura. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 1, p. 183–191, fev. 2012.
- BUENO, I. C. S.; GOMIDE, C. A.; TENÓRIO, A. I. G.; OLIVEIRA, G. G. de.; VERONEZ, J. B.; DIAS, L. da S.; BELO, Y. C. **Metabolismo de minerais em animais: Cálcio**. Monografia (Graduação) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Pirassununga. p. 23, 2019. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4663535/mod_resource/content/4/Monografias/Gru po01-C%C3%A1lcio.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2023.
- CAÑAS, G. J. S.; BRAIBANTE, M. E. F. A química dos alimentos funcionais. **Química e Sociedade**, São Paulo-SP, Vol. 41, n. 3, p. 216-223, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Mara-Braibante/publication/334639335_A_Quimica_dos_Alimentos_Funcionais/links/5d6ec25b45851542789f736a/A-Quimica-dos-Alimentos-Funcionais.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2023.
- CARLI, G. C. **Metabolismo de carboidratos e efeito poupador de proteína para o tabaqui (*Colossoma macropomum*)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura – Jaboticabal, SP, 58 f. 2021.
- CARDOSO, R. S. **Caracterização da aquicultura no estado do Amazonas**. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus. p. 30, 2001.
- CASTRO, P. L. Peixes. **Nutrição para pós-larvas de peixes topicais de água doce**. Polinutre. [2022 ou 2023]. Disponível em: <https://polinutri.com.br/upload/artigo/293_p.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2023.
- CAXEIXA, L. A. R. **Estudo da viabilidade de implantação de técnica de reaproveitamento dos resíduos do frigorífico Frigopeixe em Tefé-AM**. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. 75 f. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/13757/1/DissertacaoEstudoViabilidadeImplantacao.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2023.
- COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. Matérias-primas e ingredientes. São Paulo, 2013, 4ªed. **Sindirações**, Anfal.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Oferta e Demanda de Carnes**. AgroConab, Brasília, DF, v. 2, n. 2, fev.mar. 2022. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/oferta-e-demanda-de-carnes>>. Acesso em: 29 jan. 2023.
- CORRÊA, R. O.; SOUSA, A. R. B.; MARTINS JUNIOR, H. **Criação de tambaquis**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Brasília, DF 2018. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094579/1/CriacaodeTambaquisAINFO.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2023.

COTAN, J. L. V.; LANNA, E. A. T.; BOMFIM, M. A. D.; DONZELE, J. L.; RIBEIRO, F. B.; SERAFINI, M. A. Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 634–640, maio 2006.

Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/rbz/a/SmPBrNHm4ZGqGHRZbwNbM9w/?format=pdf&lang=pt>>.

Acesso em: 07 nov. 2023.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, A. J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura.

Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p.68-87, 2010 (suplemento especial).

DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. **Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros.**

Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 44p (Embrapa Amazônia Ocidental, 91).

Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/931300/1/Doc91.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

DANTAS FILHO, J. V.; PEREIRA, R. F. “Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura”.

Revista Brasileira Meio Ambiente e Sustentabilidade, Florianópolis, v. 1, n. 5, p. 354-357, jul-ago. 2021.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; ZERVOUDAKIS, J. T.;

CABRAL, L. S. Avaliação da técnica dos indicadores na estimação do consumo por ruminantes em pastejo. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v.46, p.40-57, 2004.

DETMANN, E. SILVA, L. F. C.; PALMA, M. N. N.; ROCHA, G. C.; RODRIGUES, P. P. R.

Métodos para análise e alimentos. 2ª. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 350p., 2021.

DIEMER, O. BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A. A.; SARY, C.; NEU, D. H.; FEIDEN, A.

Níveis de fósforo total na alimentação de juvenis de jundiá criados em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, 17 out. 2011.

DIETERICH, F. BOSCOLO, W. R.; LÖSH, J. A.; FEIDEN, A.; FURUYA, W. M.; SIGNOR, A. A. Fontes de fósforo em rações orgânicas para alevinos e juvenis de tilápia-do-nilo.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, n. 3, p. 417–424, mar. 2012.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Farinhas de origem animal na alimentação de monogástricos: a qualidade dos produtos define seu potencial de utilização. **Saúde Animal**. 2008. Disponível em:

<https://www.agrolink.com.br/saudeanimal/artigo/farinhas-de-origem-animal-na-alimentacao-de-monogasticos---a-qualidade-dos-produtos-define-seu-potencial-de-utilizacao--_62610.html>. Acesso em: 29 jan. 2021.

EYNG, C.; NUNES, C. G. V.; NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. R.; ALBINO, L. F. T.;

VIEITES, F. M.; POZZA, P. C. Composição química, valores energéticos e digestibilidade verdadeira dos aminoácidos de farinhas de carne e ossos e de peixe para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.575-580, 2011. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n3/15.pdf>> Acesso em: 04 mar. 2023.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2011.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2018 – Meeting the sustainable development goals**. Rome, 210 p., 2018.

FARIA, A. C. E. A. DE; HAYASHI, C.; GALDIOLI, E. M.; SOARES, C. M. Farinha de peixe em rações para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), linhagem tailandesa. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, p. 903-908, 2001. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/2748/2164>>. Acesso em: 11 ago. 2023.

FERNANDES, J. B. K.; TAKAHASHI, L. S.; AGUINAGA, J. Y. Nutrição de não ruminantes. **Anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal de peixes**. Jaboticabal: Funep, 678p., 2014.

FREIRE, R. F.; ROSA, F. C.; SILVA, R. F. Caracterização bromatológica, digestibilidade e valores energéticos de resíduos da indústria de biodiesel do babaçu (farinha amilácea e torta) na alimentação de frangos tipo caipira. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS, 5., 2009, Palmas. **Anais...** Palmas, 2009.

FIGUEIREDO, M. R. P. **Indicadores externos de digestibilidade aparente em ovinos**. 2011. 98 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. 2011.

PEDROSA FILHO, M. X.; RIBEIRO, V. S.; ROCHA, H. S.; UMMUS, M. E.; VALE, T. M. do. **Caracterização da cadeia produtiva da tilápia nos principais polos de produção do Brasil**. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 49 p. 2020. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Pesca e Aquicultura, ISSN 2318-1400; 26). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216871/1/CNPASA-2020-bpd26-2.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2023.

FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, Florianópolis, 375 p., 2013.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 100 p., 2010.

GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; BALDISSEROTTO, B. In: **Tambaqui (*Colossoma macropomum*), Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2ª ed. Editora UFSM, Santa Maria. p.175-204, 2010.

GOMES, R. L. M.; RODRIGUES, R. B.; SILVA, T. C. da; MOREIRA, P. O.; ROCHA, J. D. M.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W. R. Farinha de ossos de peixe como fonte de cálcio e fósforo em rações para pós-larvas de tilápia do Nilo. **Acta Iguazu**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 74–83,

2018. DOI: 10.48075/actaiguaz.v7i2.16719. Disponível em: <<https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/16719>>. Acesso em: 09 mar. 2023.

GONÇALVES, E. G.; CARNEIRO, D. J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 779–786, ago. 2003.

GONÇALVES, J. de L.; SANTOS, S. F. dos.; SOUSA, R. T. de.; FERNANDES, A. M. F. Uso de marcadores para avaliação do consumo em ruminantes. **Nutritime**, v. 16, n. 04, jul./ago. 2019. ISSN: 1983-9006. Disponível em: <<https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-496.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2023.

GUEDES, W. F.; SILVA, M. R.; MOREIRA, M. C; PESSOA, L. M. B.; CASTRO, E. R. R. S. Anatomia do tubo digestório da espécie *Acestrorhynchus lacustres* (*Ostaryohisi, Characiformes*) Lütken, 1875 do rio de Ondas, oeste da Bahia, Brasil. **Veterinária e Zootecnia**. v.28:001-015, 2021.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SOARES, C. M.; MEURER, F. Exigência de Proteína Digestível para Larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a Reversão Sexual. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.31, n.2, p.823-828, 2002 (suplemento). Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/FScjsmJX3QL6ZWC4xMXVfYD/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 9 mar. 2023.

HENRIQUES, J. K. S.; RODRIGUES, R. B.; LAZZARI, R. Caracterização e uso das farinhas de abatedouros de aves em dietas para peixes. **Acta Tecnológica**, v.12, nº 2, p. 103-115, 2018.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. MPOG. Planilha eletrônica, 2022. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940>>. Acesso em: 30 mar. 2023.

KHAN, M. A.; NISA; SARWAR, M. **Techniques Measuring Digestibility for the Nutritional Evaluation of Feeds**. v. 5, n. 1, p. 4, 2003.

KOHLA, U.; SAINT-PAUL, U.; FRIEBE, J.; WERNICKE, D.; HILGE BFA, V.; BRAVM, E.; GROPP, J. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum* Curvier from South America during feeding, starvation and refeeding. **Aquaculture Fisheries Management**, v.23, n.1, p. 189-208, 1992.

KUBITZA, F. Tilápias: Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade – Parte I. **Panorama da Aquicultura**. Rio de janeiro, 2000. ISSN 1519-1141. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/tilapias-qualidade-da-agua-sistemas-de-cultivo-planejamento-da-producao-manejo-nutricional-e-alimentar-e-sanidade-parte-i/#:~:text=O%20pH%20da%20C3%A1gua%20no,5%20a%20mortalidade%20C3%A9%20significativa.>>. Acesso em: 03 abr. 2023.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos (parte 1). **Panorama da Aquicultura**. Rio de janeiro, v. 14, n.82, p.

49-55, 2004. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/coletanea-informacoes-aplicadas-cultivo-tambaqui-pacu-outros-peixes-redondos/>>. Acesso em: 30 de março de 2022.

LALL, S. P. **The minerals**. In: Halver, J. E. Ed. Fish Nutrition, San Diego: Academic Press. p. 219-257, 1989.

LANNA, E. A. T.; PEZZATO, L. E.; CECON, P. R.; FURUYA, W. M.; BOMFIM, M. A. D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrointestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2186–2192, dez. 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/3Rct6Mr6gNtfcNXkVFB6MkR/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 09 ago 2023.

LEHNINGER, T. M.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. 6ª Edição, 2014. Ed. Artmed.

LESSON, S.; SUMMERS, D. J. **Nutrição comercial de aves**. 2 ed. Guelph, Ontário. Canadá: Livros Universitários; 350p. 1997.

LOPES, F. C. F. Determinação do consumo de forrageiras tropicais por vacas em lactação em condição de pastejo. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v. 52, p. 1-116, 2007.

LUSTOSA-NETO, A. D.; NUNES, M. L. (*in Memoriam*); MAIA, L. P.; BEZERRA, J. H. C.; BARBOSA, J. M.; LIRA, P. P.; FURTADO-NETO, M. A. A. A indústria de produtos derivados da pesca e aquicultura. **ActaFish**, 6(2): 28-48, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufs.br/ActaFish/article/view/10115/8384>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

LUZ, G. M.; PALLONE, J. A. L. Alimentos à base de plantas: dietas, tendências de mercado, composição nutricional e ensaios in vitro de bioacessibilidade e biodisponibilidade de minerais. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos** - ISBN 978-65-5360-090-4 - Editora Científica Digital, v. 6, 2022. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/220207845.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

MACHADO, A. C.; DILELIS, F.; LIMA, C. A. R. Qualidade das farinhas de origem animal utilizadas em rações avícolas: um referencial teórico. In: GALATI, R. L. (ORGS.). **Alimentos e Alimentação Animal**. São Paulo: Científica Digital, 2021. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.com.br/books/978-65-5360-014-0.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2023.

MALAFAIA, G. C.; BISCOLA, P. H. N.; DIAS, F. R. T. Reciclagem animal: uma atividade essencial, segura e sustentável. **Boletim Ci-Carne Embrapa**, 2020. Disponível em: <<https://www.cicarne.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Boletim-CiCarne-11.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

MAPA. **Instrução Normativa MAPA - 34, de 28 de Maio de 2008**. D.O.U., 29/05/2008 - Seção 1. Campinas, SP, 2008.

MENEZES, L. L. C.; SANTOS, J. G. A.; GUIMARÃES, I. G.; PADUA, D. M. D.; MACHADO, V. M. V.; SOUTO, C. N. A new approach for quantifying phosphorus requirement in *Colossoma macropomum* using CT scanning. **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 6, p. 1798–1810, dez. 2021.

MOREJON, C. F. M.; MOREJON, N. V. L. Sustentabilidade Ambiental nas Indústrias de Processamento de Resíduos de Origem Animal. **In:** Darly Fernando Andrade. (Org.). **Gestão da Produção em Foco**. 1ªed. Belo Horizonte-MG: Editora Poisson, v. 29, p. 221-233, 2019.

NASCIMENTO, G. A. J.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; REIS NETO, R. V.; LIMA, R. R.; ALLAMAN, I. B. Equações de predição para estimar valores da energia metabolizável de alimentos concentrados energéticos para aves utilizando meta-análise. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.1, p.222-230, 2011.

NASCIMENTO, T. M. T. BUZOLLO, H.; SANDRE, L. C. G.; NEIRA, L. M.; ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Apparent digestibility coefficients for amino acids of feed ingredients in tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 49:e20190032, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/FxWCJLMTDbPGBXpKcZkmnCQ/?format=pdf>>. Acesso em: 03 jun de 2023.

NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: National Academy of Science, 376 p, 2011.

NUNES, E. S. S.; CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.139-143, 2006.

OLIVEIRA, A. C. B.; MIRANDA, E.; CORREA, R. Exigências nutricionais e alimentação do tambaqui. **In:** FRACALOSSO, D.M; CYRINO, J. E. P., eds. **Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aqüicultura brasileira**. Florianópolis – SC: Aquabio, p.231-240, 2013.

OLIVEIRA, F.L.; SIQUEIRA, J.C.; SANTOS, J.C. Equações de predição da energia digestível de ingredientes protéicos de origem vegetal utilizados em rações para tilápias. **Cadernos de Pesquisa**, v.21, n. especial, p.1-9, 2014.

O MERCADO da Tilápia. **Panorama da Aquicultura**. 2002. ISSN 1519-1141. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/o-mercado-da-tilapia/#:~:text=O%20consumo%20de%20til%C3%A1pia%20cresce,para%20subsist%C3%Ancia%20dos%20produtores%20rurais.>>. Acesso em: 03 abr. 2023.

PANTANO, G.; GROSSELI, M. G.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. Sustainability in phosphorus use: a question of water and food security. **Química Nova**, Vol. 39, No. 6, 732-740, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/YLbww37mZWK7qJLr4SxGnFP/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 08 abr. 2023.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário PEIXE BR da Piscicultura 2016**. São Paulo (SP): Edição Texto Comunicação Corporativa; 101 p. 2017. Disponível em: <<https://abre.ai/hloY>>. Acesso em: 02 abr. 2023.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário PEIXE BR da Piscicultura 2019**. São Paulo (SP): Edição Texto Comunicação Corporativa; 135 p. 2020. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/anuario-peixe-br-da-piscicultura-2019/>>. Acesso em: 02 abr. 2023.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário PEIXE BR da Piscicultura 2020**. São Paulo (SP): Edição Texto Comunicação Corporativa; 138 p. 2021. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>>. Acesso em: 02 abr. 2023.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário PEIXE BR da Piscicultura 2023**. São Paulo (SP): Edição Texto Comunicação Corporativa; 126 p. 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2023-03/anuariopeixebr2023.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2023.

PASCKE, M. S.; LANZENDORF, F. N. Diferença entre peixes de água salgada e peixes de água doce. **Maiêutica - Ciências Naturais**, Santa Catarina, v. 5, n. 1, p. 57-68, 2017.

PASCOAL, L. A. F.; MIRANDA, E. C.; SILVA FILHO, F. P. O uso de ingredientes alternativos em dietas para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.3, n 1, p.284-298, janeiro/fevereiro 2006.

PESSOA, E. K. R.; SILVA, N. B.; CHELLAPPA, N. T.; SOUZA, A. A.; CHELLAPPA, S. Morfologia comparativa do trato digestório dos peixes *Hoplias malabaricus* e *Hypostomus pusearum* do açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônica**, Macapá. v. 3, n. 1, p. 48-57, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/24689/1/MorfologiaComparativa_Pessoa_2013.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C. de.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M.; PINTO, L. G. Q. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela Tilápia do Nilo (*O. niloticus*). **Acta Scientiarum**. v. 26, n. 3, p. 329-337, 2004. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/1798/1177>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

PEZZATO, L. E.; ROSA, M. L. S.; BARROS, M. M.; GUIMARÃES, I. G. Exigência em fósforo disponível para alevinos de tilápia do Nilo. **Ciência Rural**, v.36, n.5, set-out, 2006.

PONTES, T. C.; CAGOL, L.; DUTRA, F. M.; PORTZ, L. Disponibilidade do fósforo em alimentos de origem vegetal: atuação na nutrição de peixes. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**. v. 18, n. 3, p. 7, 2015.

QUINTERO-PINTO, L. G. **Exigências dietárias e disponibilidade de fósforo para tilápia do nilo em três fases de desenvolvimento**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista – Botucatu, 82 f. 2008.

QUINTERO-PINTO, L.G.; PARDO-GAMBOA, B.S.; QUINTERO-PARDO, A. M. C.; PEZZATO, L. E. Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Veterinária e Zootecnia**. n.5, v.2, p.30-43, 2011.

REIDEL, A.; KLEIN, S.; MORO, E. B.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W. R. **Coefficiente de digestibilidade aparente do fósforo total para pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. III Encontro Nacional dos Núcleos de Pesquisa Aplicada em Pesca e Aquicultura, 2011.

RIBEIRO, F.B.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D; DONZELE, J.L.; FREITAS, A.S.; SOUSA, M.P.; QUADROS, M. Níveis de fósforo total em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1588-1593, 2006.

RODRIGUES, A. P. O.; BERGAMIN, G. T.; SANTOS, V. R. V. Piscicultura de água doce – multiplicando conhecimentos: **Nutrição e alimentação de peixes**. Edição: 1 Editora: Embrapa, 2013. ISBN: 978-85-7035-272-9. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1083549/1/cap.6.pdf>>. Acesso em: 22 mar. 2023.

ROSTAGNO H. S.; ALBINO L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES P. C.; OLIVEIRA, R. F. de.; LOPES, D. C.; FERREIR, A. S.; BARRETO, S. L. de T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, 252 p., 2011.

ROSTAGNO, R. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARIAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T. BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4^a. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 488 p., 2017.

ROTTA, M. A. **Aspectos Gerais da Fisiologia e Estrutura do Sistema Digestivo dos Peixes Relacionados à Piscicultura**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 48 p. Documentos / Embrapa Pantanal ISSN1517-1973; 53, 2003. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/811108/1/DOC53.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SAMPAIO, C. B.; DETMANN, E.; VALENTE, T. N. P.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F. Recuperação fecal e vício de tempo longo de indicadores internos e externos em ensaio de digestão com bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 174-182, 2011.

SANTOS, F. W. B. Nutrição de peixes de água doce: definições, perspectivas e avanços científicos. **Panorama da Aqüicultura**. Ed. 83. p. 36, 2004.

SANTOS, J. G. A. **Exigência em fósforo digestível para tambaqui** (*Colossoma macropomum*). Tese (Doutorado). Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiânia, 109 f. 2012.

SANTOS NETA, E. R.; VAZ, R.G. M. V.; RODRIGUES, K. F.; SOUSA, J. P. L.; PARENTE, I. P.; ALBINO, L. F. T.; SIQUEIRA, J.C.; ROSA, F. C. Níveis de inclusão da torta de babaçu em rações de frangos de corte na fase inicial. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.1, p.234-243, 2011.

SCHEUERMANN, G. N.; ROSA, P. S. Farinhas de origem animal na alimentação de monogástricos: a qualidade dos produtos define seu potencial de utilização. **Boletim Pecuário**, 2007.

SENA, M. F. **Digestibilidade aparente de alimentos para o tambaqui** (*Colossoma macropomum*). Goiânia, GO: UFG. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Goiás, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/893/1/Dissertacao%20Monaliza%20Sena.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2023.

SILVA, J. A. M. DA .; PEREIRA FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. de . Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporados em rações: digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1815–1824, nov. 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/bytTSr4498yCkPxFKstXVDh/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 04 maio 2023.

SILVA, J. J.; SALIBA, E. O. S.; BORGES, I.; GONÇALVES, L. C.; NORBERTO, M. R.; AROEIRA, L. J. M.; SILVA, A. G. M.; NASCIMENTO COSTA, F. J. N. Indicadores para estimativa de consumo total por novilhas holandes x zebu mantidas em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, p. 838-848, 2010.

SILVA, R. F. **Avaliação nutricional da torta de babaçu e sua utilização em dietas para frangos de corte Label Rouge**. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 67 f. 2009.

SIQUEIRA, J. C.; NASCIMENTO, D. C. Na.; VAZ, R. G. M. V.; SILVA, R. F.; SANTOS NETA, E. R.; RODRIGUES, K. F.; PORTELA, L. B.; SILVA, G. S. Equações de predição da energia metabolizável da torta de babaçu para frangos de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.4, p.1016-1025, 2011.

SOARES, K. J. A.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S. Valor nutricional de alimentos alternativos para o tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v.66, n.256, p. 491-497, 2017.

SOUSA, T. J. R. de. **Exigência de fósforo para tambaqui** (*Colossoma macropomum*) em diferentes faixas de peso. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Maranhão. Chapadinha, MA. 71 f. 2017. Disponível em:

<https://tedebc.ufma.br/jspui/bitstream/tede/1359/2/ThallesSousa.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

SOUZA, A. C. S de; SILVA, R. G da.; ZIMMER, F. C; FUZINATTO, M. M. Produção e caracterização de farinha e resíduo de óleo de curimba (*Prochilodus lineatus*). **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 40711–40730, 2020. doi: 10.34117/bjdv6n6-564. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/12193>>. Acesso em: 4 mar. 2023.

STEFFENS, W. **Princípios fundamentais de la alimentación de los peces**. Editora Acribia. Zaragoza. 272 p. 1987.

TEIXEIRA, A. O. LOPES, D. C.; RIBEIRO, M. C. T.; LOPES, J. B.; FERREIRA, V. P. A.; VITTI, D. M. S. S.; MOREIRA, J. A.; PENNA, S. M. Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 4, p. 502–509, 2005.

TIRITAN, M. G. Farinha de carne e ossos: uma revisão sobre parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos: o avanço da ciência no Brasil**, ISBN 978-65-5360-225-0. v. 2, p. 202-217, 2022.

VALENTE, L. M. P. Nutrição e alimentação de Peixes, **Revista de Ciência Elementar**. v.6(04):073, 2018 doi.org/10.24927/rce2018.073. Disponível em: <<https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2018/073/>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

VIDAL JUNIOR, M. V. **Técnicas de determinação de digestibilidade e determinação de nutrientes de alimentos para tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2000. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. 96 f. 2000.

VIDAL JÚNIOR, M. V.; DONZELE, J.L.; ANDRADE, D.R.; SANTOS, L.C. Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2193-2200, 2004 (Supl. 3).

VIDAL, T. F.; CAPELO NETO, J. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.402–407, 2014.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace mineral in fish nutrition. **Aquaculture**, v. 151, p. 185-207, 1997.

CAPITULO 2

DIGESTIBILIDADE DE INGREDIENTES DE ORIGEM ANIMAL E FOSFATO BICÁLCICO PARA TAMBAQUI E TILÁPIA DO NILO

RESUMO

Objetivou-se determinar a digestibilidade proteica, energética e de fósforo das farinhas de: carne e ossos, peixe, sangue, penas e vísceras, bem como, fosfato bicálcico, aplicados em rações para tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram utilizados 56 tambaquis e 56 tilápias com peso médio $198,15 \pm 3,11$ e $134,89 \pm 2,22$ gramas, respectivamente. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial (grupo x espécie), composto por 12 tratamentos (seis alimentos x duas espécies), três repetições no tempo e oito peixes por unidade experimental. O tambaqui obteve maior coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) para proteína bruta (PB) da farinha de peixe (87,20%) e a tilápia apresentou melhor CDA para PB das farinhas: carne e ossos (85,43%), peixe (86,38%) e vísceras (85,92%). Quanto ao coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB), a tilápia obteve melhor resultado com a farinha de carne e ossos (89,69%) e o tambaqui demonstrou maior CDAEB para as farinhas: carne e ossos (82,77%), peixe (85,01%) e vísceras (86,04%). Ambas as espécies apresentaram maior CDA do fósforo total (FT) para a farinha de sangue. As espécies aproveitaram de forma semelhante às farinhas de peixe (68,22%), sangue (90,36%), penas (55,68%), vísceras (60,01%) e fosfato bicálcico (77,51%). Em termos práticos, e considerando as excepcionalidades, podem-se adotar valores médios para os coeficientes de digestibilidade de alimentos de origem animal para ambas as espécies, visto que, as diferenças observadas para o CDA da PB para os dois peixes foram apenas para as farinhas de sangue e vísceras.

PALAVRAS-CHAVE: *Colossoma macropomum*. Farinha de origem animal. *Oreochromis niloticus*. Valor nutricional.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, várias espécies são cultivadas, dentre elas o tambaqui e a tilápia, os quais têm como principais vantagens à tolerância a ambientes com níveis reduzidos de oxigênio dissolvido, rápido crescimento, constante produção de alevinos, grande aceitabilidade no mercado e alto valor nutritivo (SENA, 2012).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é natural da África. Esta espécie possui como principais características: hábito alimentar onívoro e fácil aceitação de rações inseridas em sua dieta desde a fase pós-larval. A tilapicultura mundial é uma das mais importantes fontes geradoras de alimentos, logo, essa espécie está presente em mais de 140 países dos cinco continentes com produção anual global ascendente, inserindo no mercado, em 2020, cerca de 6.100.719 toneladas de peixes. Apenas o Brasil, em 2021, produziu 361.286,198 toneladas de tilápia (FAO, 2018; FAO, 2020; IBGE, 2022).

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é um caracídeo pertencente à classe Actinopterygii, ordem Characiformes, também de hábito alimentar onívoro, nativo das bacias dos rios Amazonas e Orinoco (GOMES et al., 2010). Esse peixe alcança a maturidade sexual a partir do 4º ano de idade e, no ambiente natural, pode atingir, em média, 1 metro de comprimento e 45 quilogramas (CARDOSO, 2001). Em 2022, a produção do tambaqui, juntamente com outras espécies nativas, ultrapassou 267.000 toneladas, representando 31,04% do total de peixes produzidos no Brasil (PEIXE BR, 2023).

Com o crescente cultivo dessas espécies, sobretudo o tambaqui, os pesquisadores têm buscado informações para melhorar sua alimentação em confinamento (DAIRIKI; SILVA, 2011), visto que se baseia em rações comerciais que elevam os custos de produção sendo esta a principal fonte de nutriente para animais confinados (SENA, 2012; BASSANI; ROCHA, 2020).

Para diminuir esses gastos e aumentar a eficácia da produção, é fundamental estabelecer as necessidades nutricionais e os índices de digestibilidade dos alimentos utilizados na fabricação de rações (seja à base de alimentos de origem animal e/ou vegetal), a fim de desenvolver dietas equilibradas que melhorem o desempenho dessas espécies com menor geração de resíduos (DAIRIKI; SILVA, 2011).

No geral, as dietas elaboradas para peixes utilizam ingredientes oriundos dos subprodutos da agricultura e abate de animais, o qual este último dá procedência às farinhas de origem animal (PASTORE et al., 2013). Apesar de, em geral, serem fontes de proteína e energia, visto que apresentam em sua composição maior percentual de gorduras em relação às farinhas de origem vegetal (possibilitando o processo de rancificação), assim como quantidades de minerais elevadas (NUNES et al., 2006).

Dentre os minerais presentes nas farinhas de origem animal, o fósforo apresenta destaque, uma vez que se encontra totalmente disponível à digestão (não associado ao fitato). Outra fonte de fósforo importante é o fosfato bicálcico, considerado principal fonte inorgânica de suplementação deste mineral em rações, sobretudo nas formuladas à base de alimentos de origem vegetal (MEYER et al., 2019). Contudo, pesquisas com não ruminantes (MEYER et al., 2019; ROSTAGNO et al., 2017) indicam que o coeficiente de digestibilidade dessas fontes é inferior 100%.

Considerando que a composição de uma ração deve levar em consideração as frações dos nutrientes e energia com potencial uso no metabolismo animal, a determinação dos coeficientes de digestibilidade dos componentes nutricionais contidos nos ingredientes utilizados nas dietas de peixes é de extrema relevância a formulação de rações balanceadas que melhor atendam as necessidades nutricionais do animal (AMARAL, 2001).

Considerando a importância dessas espécies na piscicultura, objetivou-se com este trabalho determinar os coeficientes de digestibilidade proteica, energética e de fósforo de ingredientes de origem animal utilizados em rações para tambaqui e tilápia do Nilo.

2 OBJETIVO

Determinar os coeficientes de digestibilidade proteica, energética e de fósforo de ingredientes de origem animal e fosfato bicálcico utilizados em rações para tambaqui e tilápia do Nilo.

3 METODOLOGIA

O experimento foi realizado de acordo com as normas éticas de pesquisa com animais após aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - UFMA) da Universidade Federal do Maranhão com protocolo de nº 23115.012035/2018-37. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Nutrição e Alimentação de Organismos Aquáticos do Maranhão (LANUMA), no Centro de Ciências de Chapadinha – CCCh da Universidade Federal do Maranhão - UFMA, localizado no município de Chapadinha – Maranhão.

Foram avaliados 06 ingredientes: farinha de peixe, farinha de carne e ossos, farinha de vísceras, farinha de penas, farinha de sangue e fosfato bicálcico.

Para a determinação da digestibilidade da energia bruta, proteína bruta e fósforo total de cada ingrediente, foram utilizados 56 tambaquis (*Colossoma macropomum*) e 56 tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), ambos na fase de crescimento com peso médio $198,15 \pm 3,11$ e $134,89 \pm 2,22$ gramas, respectivamente. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial (grupo x espécie), composto por 12 tratamentos (seis alimentos x duas espécies), três repetições no tempo e oito peixes por unidade experimental. As coletas, em cada tempo, ocorreram até a obtenção do quantitativo necessário de amostras para realizar as análises laboratoriais.

Confeccionaram-se sete rações, sendo uma referência, à base de milho e farelo de soja (Tabela 2), e as demais contendo uma mistura de 69,90% da ração referência e 30% dos alimentos testados, exceto o fosfato bicálcico (6% do ingrediente e 93,90% da ração referência). Acrescentou-se às rações experimentais 0,10% de óxido de crômio (99,90% da ração experimental + 0,10% de Cr_2O_3) como indicador externo indigestivo na determinação de coeficientes de digestibilidade por método indireto (NRC, 2011). Neste sentido, um grupo adicional de 8 peixes por espécie foi utilizado para determinação do coeficiente de digestibilidade da ração referência (99,90% da ração referência + 0,10% do indicador).

Tabela 2 - Composição percentual e química da ração referência (matéria natural)

Ingredientes (%)	
Farelo de soja (45%)	54,995
Milho	36,386
Óleo de soja	4,400
DL-Metionina (99%)	0,159
L-Treonina (98,5%)	0,065
Calcário Calcítico	0,323
Fosfato Bicálcico	2,594
Suplemento Vitamínico e Mineral ⁽¹⁾	0,500
Vitamina C ⁽²⁾	0,050
Sal	0,508
Antioxidante (BHT)	0,020
Composição calculada⁽³⁾	
Proteína Bruta (%) ⁽⁴⁾	29,09
Energia Bruta (kcal/kg) ⁽⁴⁾	4.231,00
Extrato Etéreo (%)	6,61
Fibra Bruta (%)	3,54
Ca Total (%)	0,90
P Total (%) ⁽⁴⁾	0,97
Na Total (%)	0,22
Lisina Total (%)	1,618
Met. + Cist Total (%)	0,982
Treonina Total (%)	1,159
Triptofano Total (%)	0,368
Relação EB/PB (Kcal/g)	14,72

Fonte: Autor, 2023.

⁽¹⁾Suplemento vitamínico e mineral comercial (5 kg/t), com níveis de garantia por quilograma do produto: Vit. A, 1.200.000 UI; Vit. D3, 200.000 UI; Vit. E, 1.200 mg; Vit. K3, 2.400 mg; Vit. B1, 4.800 mg; Vit. B2, 4.800 mg; Vit. B6, 4.800 mg; Vit. B12, 4.800 mg; Vit. C, 48 g; ác. Fólico, 1.200 mg; pantotenato de Ca, 12.000 mg; Vit. C, 48.000 mg; biotina, 48 mg; cloreto de colina, 108 g; niacina, 24.000 mg; Fe, 50.000 mg; Cu, 3.000 mg; Mn, 20.000 mg; Zn, 30.000 mg; I, 100 mg; Co, 10 mg; Se, 100 mg. ⁽²⁾Vit. C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 42% de princípio ativo. ⁽³⁾Com base nos valores propostos por Rostagno et al. (2017). ⁽⁴⁾Determinado após análise laboratorial.

No período pré-experimental, os peixes foram estocados em caixas de polietileno (aquários) com capacidade volumétrica de 1.000 litros, dotadas de sistema de abastecimento e drenagem individuais, além de aeração suplementar, e foram alimentados com ração experimental.

No período experimental, os peixes foram transferidos para incubadoras de fibra de vidro de formato cônico (220 litros), adaptadas para coleta de fezes e dotadas de aeração. Durante o dia, os peixes receberam as rações experimentais e a ração referência em seis refeições *ad libitum* (08h00, 10h00, 12h00, 14h00, 15h00 e 16h00), por arrazoamento manual, realizando-se sucessivos repasses, possibilitando a ingestão máxima, até a aparente saciedade. Após 30 minutos da última alimentação, realizava-se a limpeza das incubadoras, renovação de 70% da água e cobertura com lonas pretas sobre cada incubadora para evitar contaminação de resíduos provenientes do ar. No período noturno foram realizadas as coletas das fezes entre 18:00 às 06:00 h do dia seguinte.

Nas incubadoras de fibra de vidro foram acopladas na porção inferior coletores de polietileno com volume médio de 240 mililitros adaptados para coletar as fezes por decantação (método de Guelph modificado), conforme Abimorad e Carneiro (2004). Para evitar a fermentação das fezes, os coletores foram mantidos em caixas térmicas com gelo durante todo período de coleta que ocorreu em intervalos de duas horas, em média, totalizando 6 coletas. Após cada coleta, fechava-se o registro acoplado entre o coletor e a incubadora, retirava o coletor, descartava-se o sobrenadante e a porção inferior, contendo as fezes. As fezes foram depositadas em placa de petri e levada a estufa de circulação forçada para secagem, sob temperatura de 65°C durante 72 horas para fins de análises laboratoriais.

Os ingredientes das rações experimentais foram moídos, misturados, umedecidos com água aquecida a 50°C, em média, e peletizados utilizando moinho de carne para minimizar a possibilidade de lixiviação de ingredientes. Em seguida, as rações foram secas por um tempo médio de 72 horas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, trituradas e peneiradas (peneira com malha de 3,00 mm) obtendo-se péletes com diâmetros de \cong 3 mm.

A digestibilidade aparente da proteína bruta, energia bruta e do fósforo total de cada ingrediente e da ração referência foi estimada por meio do cálculo do fator de indigestibilidade, utilizando-se as fórmulas apresentadas por Pezzato et al. (2004).

$$CDAr (\%) = 100 - \left[100 \times \left(\frac{\% \text{ indicador da dieta}}{\% \text{ ndicador nas fezes}} \right) \times \left(\frac{\% \text{ nutriente nas fezes}}{\% \text{ nutriente da dieta}} \right) \right]$$

Em que: CDA_r (%) = coeficiente de digestibilidade aparente da ração.

$$CDA_{ing} (\%) = \frac{CD_{rt} - (b \times CD_{rb})}{a}$$

Em que: CDA_{ing} (%) = coeficiente de digestibilidade aparente do ingrediente; CD_{rt} = coeficiente de digestibilidade aparente da ração com o ingrediente teste; CD_{rb} = coeficiente de digestibilidade aparente da ração basal; b = percentagem da ração basal; a = percentagem do ingrediente teste.

A temperatura da água das caixas foi monitorada duas vezes ao dia (08h00 e 16h00), com o auxílio de um termômetro de bulbo de mercúrio graduado de 0 a 50° C. Os teores do potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD) e da amônia (NH₃) na água foram aferidos a cada 3 dias por intermédio de um potenciômetro, oxímetro e kit comercial para teste de amônia tóxica, respectivamente.

A composição bromatológica dos ingredientes e das rações foram realizadas na empresa C.B.O Análises Laboratoriais LTDA, com exceção das determinações da matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e óxido crômico, que foram conduzidas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, conforme procedimentos descritos por Detmann et al. (2021).

As análises estatísticas foram processadas com auxílio do software *InfoStat* (2008) e os dados interpretados por meio de análise de variância ao nível de cinco por cento de probabilidade. Os efeitos da espécie sobre os coeficientes de digestibilidade dos componentes avaliados foram comparados utilizando o teste F. Os efeitos significativos sobre os coeficientes de digestibilidade dos componentes avaliados foram comparados pelo teste *Tukey* ($P < 0,05$).

4 RESULTADOS

Os parâmetros físico-químicos da água, tanto nas caixas d'água quanto nas incubadoras, mantiveram-se constantes no decorrer do experimento, com valores dentro da faixa considerada adequada para o cultivo de ambas as espécies. A temperatura diária permaneceu em $26,01^{\circ} \text{C} \pm 1,10$ e o nível de oxigênio dissolvido (OD) em $6,67 \pm 1,15 \text{ mg L}^{-1}$, superior a 5 mg L^{-1} , portanto ideal, não sendo observado prolapso labial no tambaqui (OSTRENSKI; BOEGER, 1998). O potencial hidrogeniônico (pH) se manteve em $6,33 \pm 0,23$, resultado considerado favorável, uma vez que o ideal estabelecido fica entre 6,5 e 9 (FARIA et al., 2013). A concentração de amônia se manteve $\leq 1,00 \text{ mg L}^{-1}$, dentro dos limites aceitáveis (NASCIMENTO et al., 2020a).

Os dados referentes à análise da composição dos alimentos testados estão organizados na Tabela 3 e os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína dos alimentos na Tabela 4. A composição das farinhas de origem animal encontram-se relativamente similares aos valores e variações apresentados nas tabelas brasileiras para nutrição de tilápias (FURUYA et al., 2010) e tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais (ROSTAGNO et al., 2017). Ressalta-se que essas farinhas normalmente não seguem uma padronização de composição devido à origem do material e seu processamento (BELLAYER, 2005).

Tabela 3 - Composição nutricional dos ingredientes utilizados no experimento (matéria natural)

Componente nutricional	Farinha de carne e ossos	Farinha de peixes	Farinha de sangue	Farinha de penas	Farinha de vísceras	Fosfato bicálcico
MS (%)	94,81	89,31	93,49	93,22	93,03	97,65
PB (%)	49,88	64,34	84,44	80,48	59,00	-----
EB (Kcal/kg)	3.795	4.365	5.334	5.398	4.800	-----
EE (%)	13,12	8,02	1,66	7,68	15,20	-----
MM (%)	32,27	23,55	0,73	2,59	17,44	-----
F total (%)	5,49	3,29	0,12	0,43	2,70	20,23

Fonte: Autor, 2023.

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EB: energia bruta; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral; F: fósforo.

O valor da proteína bruta da farinha de carne e ossos (49,88%) está entre os encontrados na literatura, com percentuais que variam de 37,90% a 59,00% (PEZZATO et al., 2002; FURUYA et al., 2010; ROSTAGNO et al., 2017). De modo similar, a energia bruta (3.795 Kcal/kg) em que estudos

mostram variação de 3.022,53 a 4.176,00 Kcal/kg (PEZZATO, 2002; ABIMORAD; CARNEIRO, 2004; FURUYA et al., 2010; ROSTAGNO et al., 2017). Quanto ao fósforo total (5,49%), os resultados demonstrados em outros trabalhos são de 5% a 7,5% (ROSTAGNO et al., 2017; MACHADO; DILELIS; LIMA, 2021).

Os teores de proteína bruta (64,34%) e da energia bruta (4.365,00 Kcal/kg) da farinha de peixes apresentaram resultados superiores aos citados em diferentes pesquisas, com valores mínimos de 53,93% para a proteína e 3.436,13 Kcal/kg para a energia e máximos de 63,80% e 4.199 Kcal/kg (GONÇALVES; CARNEIRO, 2003; ABIMORAD; CARNEIRO, 2004; FURUYA et al., 2010; ROSTAGNO et al., 2017). Ao passo que o fósforo total (3,29%) apresentou valor inferior ao disposto nas tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias (4,33%) (FURUYA et al., 2010).

O valor observado na farinha de sangue para proteína bruta (84,44%) encontra-se dentro da faixa citada por diferentes autores, variando de 73,44% a 84,50%. A energia bruta (5.334,00 Kcal/kg) apresentou valor similar ao disposto na literatura 4756,00 Kcal/kg a 5.725,83 Kcal/kg, diferente do fósforo total (0,12%), com resultado inferior, 0,24% a 0,32%. (PEZZATO et al., 2002; GONÇALVES; CARNEIRO, 2003; HENN, 2004; FURUYA et al., 2010; PEZZATO et al., 2012; ROSTAGNO et al., 2017; MACHADO, DILELIS; LIMA, 2021).

A respeito da farinha de penas, os dados para proteína bruta (80,48%) e energia bruta (5.398,00 Kcal/kg) estão semelhantes aos expostos nas tabelas brasileiras para aves e suínos, com respectivos valores que variam entre 76,20-83,10% e 5.137-5.238,00 Kcal/kg (ROSTAGNO et al., 2017). Quanto ao extrato etéreo (7,68%) observado, o valor encontra-se inferior ao apontado na revisão elaborada por Henriques, Rodrigues e Lazzari (2018) de 15,60%, enquanto que a matéria mineral (2,59%) foi inferior ao resultado observado 5,40% demonstrado no trabalho do autor citado.

No que diz respeito à composição da farinha de vísceras, os valores encontrados neste estudo para proteína bruta (59,00%) e energia bruta (4.800,00 Kcal/kg) estão análogos aos citados por Furuya et al. (2010) e por Abimorard e Carneiro (2003), em média, 58,64% e 4.616,71 Kcal/kg. O conteúdo de fósforo total (2,70%) da farinha de vísceras obtido neste estudo está dentro da faixa de valores apresentados por Rostagno et al. (2017), que variam de 2,54% a 4,68%.

Essas diferenças nas composições bromatológicas dos alimentos são justificáveis devido à falta de padronização decorrente das composições das matérias-primas e diferentes processamentos (VIEIRA et al., 2007).

Para os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) foi observado interação ($P < 0,05$) entre os alimentos e as espécies, indicando que o aproveitamento digestivo da proteína bruta dos alimentos pode variar entre as diferentes espécies (Tabela 4). Não houve diferença estatística para os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) entre as espécies para as farinhas de carne e ossos (FCO), peixes (FPX) e penas (FP), possibilitando assim, adotar valores médios de 84,25%; 86,79% e 66,04%, respectivamente, para as duas espécies. Entretanto, observou-se diferença significativa entre as espécies para as farinhas de sangue (FS) e vísceras (FV), sendo os maiores CDAPB da farinha de vísceras (85,92%) para tilápia em relação ao CDAPB verificado para o tambaqui (82,68%); e da farinha de sangue (46,72%) para o tambaqui em relação ao CDAPB verificado para a tilápia (43,39%).

Tabela 4 - Médias \pm desvio padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) e valores de proteína digestível de alimentos de origem animal para tambaqui e tilápia

Espécie	Coeficiente de digestibilidade (%)				
	FCO	FPX	FS	FP	FV
Tambaqui	83,08 \pm 0,81 ^{Ab}	87,20 \pm 1,27 ^{Aa}	46,72 \pm 0,85 ^{Ad}	65,21 \pm 0,74 ^{Ac}	82,68 \pm 0,34 ^{Bb}
Tilápia	85,43 \pm 1,40 ^{Aa}	86,38 \pm 0,99 ^{Aa}	43,39 \pm 1,04 ^{Bc}	66,87 \pm 0,93 ^{Ab}	85,92 \pm 1,28 ^{Aa}
Valores digestíveis (%)					
PD Tambaqui	41,44 \pm 0,40	56,10 \pm 0,81	39,45 \pm 0,84	52,48 \pm 0,64	48,78 \pm 0,20
PD Tilápia	42,61 \pm 0,69	55,58 \pm 0,64	36,64 \pm 0,98	53,81 \pm 0,75	50,69 \pm 0,76

Fonte: Autor, 2023.

Médias seguidas de letras iguais nas colunas (maiúsculas) ou linhas (minúsculas) não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey; FCO: farinha de carne e ossos; FPX: farinha de peixes; FS: farinha de sangue; FP: farinha de penas; FV: farinha de vísceras; PD: proteína digestível (não houve análise estatística); $P > F$: Significância do teste "F" de análise de variância; Alimento (A): $< 0,0001$; Espécie (E): 0,1101; A*E: 0,0001; Coeficiente de variação (%): 1,39.

Dentre os alimentos testados, a farinha de sangue e a farinha de penas foram os que apresentaram maior percentual de proteína bruta (84,44% e 80,48%, respectivamente) na sua composição, mas apresentaram o menor CDAPB (média de 45,06% e 66,04%, respectivamente) em relação às demais farinhas avaliadas. Considerando os resultados, observa-se que a farinha de peixe apresentou a maior digestibilidade para proteína. Isso, provavelmente, pode está relacionado ao adequado balanceamento de aminoácidos essenciais, reduzindo as possíveis competições por um mesmo transportador (que podem ocorrer entre moléculas de estruturas similares), caracterizando-a como um alimento de alto valor biológico (FARIA et al., 2001; NASCIMENTO et al., 2020b).

Dentre os ingredientes avaliados para o tambaqui, observou-se que a farinha de peixes expressou maior CDAPB (87,20%), seguida das farinhas de carne e ossos (83,08%) e de vísceras (82,68%), sendo as duas últimas estatisticamente iguais, e os menores valores foram obtidos por farinhas de penas (65,21%) e de sangue (46,72%). Já para a tilápia, as farinhas de peixes (86,38%), vísceras (85,92%) e de carne e ossos (85,43%) apresentaram semelhança estatística, e foram superiores às farinhas de penas (66,87%) e sangue (43,39%), que diferiram estatisticamente.

Embora fosse de se esperar uma correlação positiva entre a quantidade de proteína bruta contida no alimento e os coeficientes de digestibilidade de energia e proteína (SENA, 2012), no caso da farinha de sangue e de penas o motivo atribuído para os baixos valores de CDAPB seriam, em tese, devido à composição/qualidade da proteína bruta desses ingredientes, os quais apresentam ligações aminoácídicas que proporcionam baixa solubilidade e, conseqüentemente, digestibilidade (PEZZATO et al., 2012).

Abimorard e Carneiro (2004) obtiveram CDAPB de 57,72% da farinha de sangue para o pacu e Furuya et al. (2010) reportaram valor de 50,69% do mesmo alimento para a tilápia, sugerindo que esta última espécie poderia ter menor capacidade de aproveitamento em relação ao pacu. Como já mencionado, é provável que as diferenças entre esses índices para o mesmo alimento entre as espécies avaliadas tenham sido decorrentes das características intrínsecas dos animais ou protocolos experimentais.

Semelhante ao CDAPB, para os coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB) foi observado interação ($P < 0,05$) entre os alimentos e as espécies, indicando que o aproveitamento digestivo da energia bruta dos alimentos pode variar entre as diferentes espécies (Tabela 4). Em termos práticos, o aproveitamento energético do alimento pode ser diferente para cada espécie de peixe, levando em consideração a idade, hábito alimentar, entre outros (NRC, 2011). Os coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB) dos alimentos, com exceção da

farinha de carne e ossos (82,77 e 89,69% para o tambaqui e tilápia, respectivamente), não diferiram estatisticamente para o tambaqui e a tilápia (médias de 84,91; 76,17; 74,73 e 85,31% para as farinhas de peixe, sangue, penas e vísceras, respectivamente).

Para a tilápia, a farinha de carne e ossos (89,69%) obteve maior valor, seguido das farinhas de peixes (84,80%) e de vísceras (84,58%), estatisticamente iguais entre si, e das farinhas de sangue (76,70%) e de penas (73,94%), que não diferiram entre si. Para o tambaqui, os CDAEB das farinhas de vísceras (86,04%), peixes (85,01%) e de carne e ossos (82,77%) foram superiores e não diferiram entre si, seguidos das farinhas de sangue (75,63%) e de penas (75,52%), que não diferiram entre si (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias \pm desvio padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (CDAEB) e valores de energia digestível de alimentos de origem animal para tambaqui e tilápias

Espécie	Coeficiente de digestibilidade (%)				
	FCO	FPX	FS	FP	FV
Tambaqui	82,77 \pm 1,47 ^{Ba}	85,01 \pm 1,56 ^{Aa}	75,63 \pm 1,02 ^{Ab}	75,52 \pm 1,86 ^{Ab}	86,04 \pm 1,26 ^{Aa}
Tilápia	89,69 \pm 1,41 ^{Aa}	84,80 \pm 1,51 ^{Ab}	76,70 \pm 0,60 ^{Ac}	73,94 \pm 0,76 ^{Ac}	84,58 \pm 1,78 ^{Ab}
	Valores digestíveis (Kcal/kg)				
ED Tambaqui	3.141,0 \pm 55,9	3.710,5 \pm 68,1	4.034,3 \pm 54,4	4.076,7 \pm 100,3	4.129,9 \pm 60,6
ED Tilápia	3.403,6 \pm 53,5	3.701,5 \pm 66,1	4.091,2 \pm 32,2	3.991,0 \pm 41,1	4.059,8 \pm 85,3

Fonte: Autor, 2023.

Médias seguidas de letras iguais nas colunas (maiúsculas) ou linhas (minúsculas) não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey; FCO: farinha de carne e ossos; FPX: farinha de peixes; FS: farinha de sangue; FP: farinha de penas; FV: farinha de vísceras; ED: energia digestível (não houve análise estatística); $P > F$: Significância do teste "F" de análise de variância; Alimento (A): $<0,0001$; Espécie (E): 0,0752; A*E: 0,0002; Coeficiente de variação (%): 1,70.

Em termos práticos, devido à semelhança entre os CDAEB dos alimentos para as duas espécies, com exceção da farinha de carne e ossos, demonstra que se pode utilizar um único CDA de energia bruta para cada alimento, independente da espécie.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e energia bruta dos alimentos avaliados estão dentro da faixa de valores dispostos na literatura. Nota-se uma relevante variação nos níveis de digestibilidade da proteína e energia dos alimentos, destacando-se a farinha de penas, com mínimo de 29,12% (PEZZATO et al., 2002) e máximo de 78,88% (XAVIER, 2015) para proteína bruta, e para os coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta, as farinhas de vísceras encontram-se no mínimo de 69,99% (ABIMORAD; CARNEIRO, 2004) e máximo de 89,79% (SENA, 2012).

Os baixos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) para as farinhas de sangue e de penas, em relação aos demais alimentos testados, podem ter ocorrido devido à alta concentração de proteínas de qualidade inferior. A digestibilidade das farinhas de sangue (84,44%) e penas (80,48%) pode ter sido prejudicada em razão da baixa solubilidade devido às pontes dissulfeto, assim como, a presença de aminoácidos sulfurados, pois neles contêm pontes de hidrogênio, as quais suas ligações são difíceis de serem rompidas, limitando a ação das enzimas digestivas. Xavier (2015) relata em seu trabalho de digestibilidade de farinha de penas com tilápia que esse alimento apresenta a maior parte da proteína bruta composta por queratina que é extremamente resistente a atuação das enzimas proteolíticas, além da grande quantidade de cistina que, devido às ligações hidrogênicas e pontes de dissulfeto, ocasionam baixa digestibilidade.

Além disso, as farinhas de penas e sangue, se acrescentadas nas dietas em quantidades elevadas, apresentam problemas no consumo em virtude de sua baixa aceitabilidade. Por isso, os níveis de inclusão desses alimentos para peixes variam de 5 a 10%, conforme a idade do animal (FRACALLOSSI; CYRINO, 2013). Nas tabelas brasileiras para a nutrição de tilápia, o nível máximo de inclusão indicado é de 10% para farinha de sangue (FURUYA et al., 2010) e 8% para farinha de penas (FINKLER, et al. 2013).

Rocha e Silva (2004) relataram em sua pesquisa que a farinha de penas comparada à farinha de peixes é considerada pobre por conter elevado percentual de cistina e pontes de hidrogênio, dificultando a ação das enzimas digestivas. Narváez-Solarte (2006), em seu ensaio para avaliar a digestibilidade de diferentes tipos de farinha de sangue, obteve coeficiente de digestibilidade aparente da proteína de 44,07%, resultado similar ao deste estudo.

Destaca-se que os níveis de inclusão das farinhas de origem animal para esta pesquisa seguiram os protocolos experimentais utilizados em outras pesquisas similares (GONÇALVES; CARNEIRO, 2003; MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003; ABIMORARD; CARNEIRO, 2004; NAVÁEZ-SOLARTE, 2006). Deste modo, é necessário extrapolar valores com o intuito de determinar coeficientes de digestibilidade mínimos para a espécie em questão, e assim evitar possíveis superestimações.

Para os coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo total (CDAFT) foi observado interação ($P < 0,05$) entre os alimentos e as espécies, indicando que o aproveitamento digestivo do fósforo nos alimentos pode variar entre as diferentes espécies (Tabela 6). O tambaqui obteve melhor aproveitamento digestivo do fósforo total (FT) na farinha de sangue (91,28%), seguido do fosfato bicálcico (76,07%), da farinha de peixes (68,42%), das farinhas de carne e ossos (57,13%) e vísceras (59,72%), que não diferiram entre si, sendo o menor valor absoluto para a farinha de penas (55,71%), também estatisticamente igual à farinha de carne e ossos.

Tabela 6 – Média \pm desvio padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente do fósforo total (CDAFT) e valores de fosforo digestível de alimentos de origem animal para tambaqui e tilápias

Espécie	Coeficiente de digestibilidade (%)					
	FCO	FPX	FS	FP	FV	FB
Tambaqui	57,13 \pm 0,68 ^{Bde}	68,42 \pm 1,00 ^{Ac}	91,28 \pm 1,43 ^{Aa}	55,71 \pm 1,07 ^{Ae}	59,72 \pm 0,57 ^{Ad}	76,07 \pm 1,42 ^{Ab}
Tilápia	60,31 \pm 0,10 ^{Ad}	68,02 \pm 0,99 ^{Ac}	89,44 \pm 1,20 ^{Aa}	55,66 \pm 0,63 ^{Ae}	60,31 \pm 1,80 ^{Ad}	78,96 \pm 1,48 ^{Ab}
Valores digestíveis (%)						
FD Tambaqui	3,14 \pm 0,04	2,25 \pm 0,33	0,11 \pm 0,00	0,24 \pm 0,00	1,61 \pm 0,01	15,39 \pm 0,25
FD Tilápia	3,31 \pm 0,05	2,24 \pm 0,33	0,11 \pm 0,00	0,24 \pm 0,00	1,63 \pm 0,03	15,97 \pm 0,30

Fonte: Autor, 2023.

Médias seguidas de letras iguais nas colunas (maiúsculas) ou linhas (minúsculas) não diferem entre si ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey; FCO: farinha de carne e ossos; FPX: farinha de peixes; FS: farinha de sangue; FP: farinha de penas; FV: farinha de vísceras; FB: fosfato bicálcico; FD: fósforo Digestível (não houve análise estatística); P > F: Significância do teste "F" de análise de variância. Alimento (A): $< 0,0001$; Espécie (E): 0,4276; A*E: 0,0053; Coeficiente de variação (%): 1,56.

Semelhante ao tambaqui, para a tilápia destaca-se também o maior valor do coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo total (CDAFT) da farinha de sangue (89,44%) e com menor aproveitamento a farinha de penas (55,66%). Os níveis restantes para os demais alimentos demonstraram valores intermediários para os CDAFT para as dietas testadas.

O fosfato bicálcico é composto por 18,5% de fósforo disponível, em média, (FURUYA et al., 2010) e, embora tenha demonstrado valor digestível elevado para o fósforo, apresentou-se com o segundo maior CDAFT, resultado que pode estar relacionado a sua solubilidade em que, segundo

Bünzen (2009), o percentual de hidratação do ingrediente pode ter influenciado no teor digestível, além da possível interação entre os minerais que também podem interferir na sua assimilação (TEIXEIRA et al., 2005).

Os dados revelados neste estudo apresentaram valores para proteína e energia digestíveis, em média, de 55,84% e 3.705,99 Kcal/kg, respectivamente, para farinha de peixes, resultados superiores aos encontrados nas tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias (46,57% e 3.436,13 Kcal/kg, respectivamente). Para o fósforo digestível (2,245%), o valor foi similar ao disponível das tabelas (2,37%) (FURUYA et., 2010). Essas dissimilaridades ocorrem principalmente por causa da falta de padronização desses alimentos durante o processamento e as diferentes proporções das matérias-primas utilizadas (GOMES et al., 2007).

Nota-se também que a tilápia conseguiu digerir de forma eficiente a proteína bruta das farinhas de vísceras e de carne e ossos. A farinha de vísceras tem composição semelhante à farinha de peixes (CRUZ-SUÁREZ et al., 2007). Sena (2012) verificou em seu estudo com tambaqui que o CDAEB da farinha de vísceras foi igual aos da farinha de peixes e farinha de carne e ossos, e que o CDAPB foi maior para farinha de peixes, seguido das farinhas de carne e ossos e vísceras, significativamente iguais, corroborando com os resultados desta pesquisa. Guimarães (2006), ao analisar diferentes alimentos (para tilápia) constatou que os CDAPB das farinhas de carne e ossos, de peixes e vísceras foram, respectivamente, 78,44%, 88,60% e 89,73%, valores relativamente próximos aos deste estudo.

O tambaqui apresenta como estruturas especializadas os cecos pilóricos (invaginações da parede intestinal) que podem ser considerados uma “extensão” da superfície interna do intestino delgado no qual parte da dieta fica armazenada por um período maior, o que possivelmente prolonga o tempo de ação das enzimas proteases (secretadas no pâncreas e liberadas no intestino e cecos pilóricos), assim como, a maior área de contato com o alimento (SEIXAS FILHO et al., 2000; ROTTA, 2003). Nesse sentido, esperava-se que o tambaqui aproveitasse melhor os alimentos em relação à tilápia em virtude da presença dos cecos pilóricos, entretanto, essa característica pode ter sido suprimida devido à tilápia apresentar maior coeficiente intestinal (REIS NETO et al., 2018).

O comprimento do intestino também pode influenciar no coeficiente de digestibilidade, pois quanto mais extenso, maior será o tempo de passagem do alimento, permitindo que as enzimas digestivas tenham a máxima atuação (SOARES et al., 2017; MORAES; ALMEIDA, 2020). A digestão química dos alimentos nos peixes é essencialmente dependente da quantidade e do tipo de enzimas presentes em seu suco digestivo. A distribuição e atividade dessas enzimas podem ser influenciadas por diversos fatores, como a dieta, o ambiente, o estado de saúde, hábito alimentar, morfologia do trato digestivo e o tipo de peixe (CORRÊA et al., 2007).

Apesar das espécies apresentarem hábito alimentar onívoro, seria de se esperar que a disponibilidade enzimática ao longo do trato digestório variasse devido à diferença de espécie (NRC, 2011). Os peixes onívoros podem naturalmente passar por processos de variações na estrutura e anatomia do trato gastrointestinal durante seu desenvolvimento, o que possivelmente pode ser causado por uma adaptação a diferentes hábitos alimentares, sugerindo maior alteração no comprimento dos intestinos, interferindo na capacidade de digerir e absorver nutrientes (BOMFIM; LANNA, 2004; SOARES et al., 2017).

A dieta também pode interferir nos coeficientes de digestibilidade. Silva et al. (2022) avaliaram o impacto da composição da dieta referência nos coeficientes de digestibilidade aparente

em alimentos proteicos para tilápia do Nilo e concluíram que incluir alimentos práticos nessa dieta promovem melhor resultado para os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, com maior destaque para os aminoácidos: arginina, histidina, ácido aspártico e cisteína, pois tiveram valores mais digestíveis. Os autores sugerem ainda que a digestibilidade de um aminoácido está sujeita ao tipo de proteína (alto ou baixo valor biológico) presente no alimento e à capacidade digestiva do animal, considerando a composição bromatológica do alimento.

Ainda segundo Silva et al. (2022), o tipo de dieta (prática, purificada ou semipurificada) também influencia na aceitabilidade (palatabilidade) do animal, em que a ração referência prática é mais palatável (em relação à semipurificada ou purificada), visto que, os autores observaram que as tilápias alimentadas com dietas práticas demonstraram maior voracidade, afetando o consumo voluntário e, conseqüentemente, os resultados. Conforme Moraes e Almeida (2020) destacaram, à medida que o consumo se intensifica, a disponibilidade de substrato aumenta, resultando em maior atividade das enzimas digestivas, sugerindo-se que o maior consumo pode promover melhora na digestibilidade.

Para esta pesquisa, a ração referência foi a mesma para ambas as espécies e formulada com ingredientes do tipo prático, podendo-se especular que os resultados obtidos para os coeficientes de digestibilidade aparente estão com valores mais próximos aos verdadeiros (uma vez que a dieta prática pode estimular o consumo, causando maior diluição das perdas endógenas) e que, apesar de não ter aferido o consumo, as diferenças observadas entre as espécies para alguns alimentos podem ter sido em função de eventuais diferenças no consumo voluntário das rações experimentais (SILVA et al., 2022).

O tambaqui e a tilápia, comparados a outras espécies, ocupam lugar de destaque, integrando a teia (conjunto de cadeias alimentares interligadas) alimentar tanto como consumidores primários quanto secundários, o que resultou em alterações morfofisiológicas favoráveis, possibilitando uma melhor eficiência na digestão e absorção de diferentes tipos de alimentos, independentemente de serem de origem animal ou vegetal (MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003; SENA, 2012). Essas duas espécies apresentam similaridade na fisiologia digestiva, o que poderia explicar os CDAPB, CDAEB e CDAFT da maioria dos alimentos testados serem estatisticamente iguais para ambas.

O balanço entre os minerais é imprescindível, uma vez que diversos desses elementos têm qualidades físico-químicas parecidas, permitindo-lhes uma possível competição por mecanismos de ligação em moléculas transportadoras, de modo que a sobra de um mineral pode prejudicar a absorção de outro devido a uma possível saturação nos transportadores (QUINTERO-PINTO et al., 2011; NRC, 2011; BOMFIM, 2013), e de forma similar, a ausência ou limitação de um mineral também pode afetar a absorção e utilização de outro (FRACALOSI; CYRINO, 2013). Sena (2012) demonstrou que o elevado teor de mineral presente na farinha de carne e ossos apresenta interação negativa para o tambaqui, no qual o percentual da matéria mineral do alimento e o coeficiente de digestibilidade aparente são inversamente proporcionais.

É válido destacar que, no geral, não houve um padrão nas alterações dos valores contidos nas tabelas acima, ou seja, ora o tambaqui apresentou maior CDA, ora a tilápia, com exceção para farinha de carne e ossos. Os valores digestíveis mostram-se semelhantes para ambas às espécies estudadas. Embora este estudo apresente resultados que não tenham sido significativamente iguais para alguns alimentos ($P < 0,05$) entre as duas espécies, considerando que o nível de inclusão desses

alimentos é restrito, principalmente em função do teor elevados de minerais (FCO, FP, FV e FB) ou baixa digestibilidade e valor biológico da proteína (FS e FP), sugere-se aplicar as médias dos valores para os coeficientes de digestibilidade aparentes da proteína bruta e da energia bruta e fósforo total para ambos os peixes, independente do resultado estatístico, uma vez que os coeficientes de variações obtidos neste estudo foram extremamente baixos.

Esses resultados são importantes para estimular a aplicação de mais estudos voltados para a nutrição e o valor nutritivo (digestibilidade) de alimentos utilizados para confecção de rações para ambas as espécies, visto que ambas estão com produção já consolidada no País e ainda assim, a disponibilidade de informações apresenta variação nos valores obtidos e é mais limitada, no caso do tambaqui. Dados sobre os coeficientes de digestibilidade do fósforo ainda são escassos, o que dificulta formular rações com valores mais precisos para suprirem as exigências metabólicas do animal. Além disso, os resultados obtidos neste estudo podem servir de base na elaboração de rações balanceadas com elevada qualidade nutritiva e maior eficiência produtiva, minimizando a geração de resíduos fecais e metabólicos ao ambiente aquático e efluentes das pisciculturas.

5 CONCLUSÃO

Em termos práticos, e considerando as excepcionalidades, podem-se adotar valores médios para os coeficientes de digestibilidade de alimentos de origem animal para ambas as espécies, visto que, as diferenças observadas para os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) para os dois peixes foram apenas para as farinhas de sangue (FS) e vísceras (FV). O tambaqui tem maior CDA da PB para a farinha de peixe (FPX) e menor para a FS. A tilápia do Nilo apresenta maiores CDA da PB para a FPX, FV e farinha de carne e ossos (FCO), e o pior para a FS.

As espécies apresentam similares (CDA) da energia bruta (EB), exceto para a FCO, no qual a tilápia do Nilo teve maior valor. O tambaqui tem maior CDA da EB para a FV, FPX e FCO e, assim como a tilápia do Nilo, menores CDA da EB para a farinha de penas (FP) e FS.

A tilápia do Nilo tem maior CDA do fósforo total (FT) para a FCO e, para ambas as espécies, a FS apresentou o maior, seguida do fosfato bicálcico, e a FP o pior CDA do FT.

6 REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/Sr46Wrrxf7HWYCgQrqsdyts/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 08 jul. 2021.
- AMARAL, A. M. D. **Digestibilidade ileal aparente e verdadeira de aminoácidos em alimentos utilizados em dietas para suínos em crescimento**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 71 f. 2001.
- BASSANI, I. S.; ROCHA, A. F. Caracterização da piscicultura continental no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.26, n.1, p. 29-45, 2020. doi:<https://doi.org/10.36812/pag.202026129-45>. Disponível em: <<http://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/214/564>>. Acesso em: 29 abr. 2023.
- BELLAVER, C. **Limitações e vantagens do uso de farinhas de Origem animal na alimentação de suínos e de aves**. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, SC, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/?/artigos/2003/artigo-2003-n007.html;ano=2003>>. Acesso em: 12 jan. 2023.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T. Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n°1, p.20-30, 2004.
- BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; QUADROS, M; RIBEIRO, F. B.; SOUZA, M. P. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 1–8, jan. 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/kB3SZ9SJBsKrMvGWQT3kjLC/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 22 out. 2023.
- BOMFIM, M. A. D. Estratégias Nutricionais para Redução das Excreções de Nitrogênio e Fósforo nos Sistemas de Produção de Peixes no Nordeste: Sustentabilidade Ambiental e Aumento da Produtividade. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, p. 122-140, 2013.
- BÜNZEN, S. **Phosphorus endogenous losses, apparent and true coefficients of phosphorus digestibility of feedstuffs and digestible phosphorus requirements of poultry and swine in different ages**. 2009. 129 f. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1735>>. Acesso em: 22 out. 2023.
- CARDOSO, R. S. **Caracterização da aquicultura no estado do Amazonas**. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus. p. 30, 2001.
- CORRÊA, C. F.; AGUIAR, L. H.; LUNDSTEDT, L. M.; MORAES, G. Responses of digestive enzymes of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary cornstarch changes and metabolic inferences, **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, V. 147, n. 4, p. 857-862, 2007.

CRUZ-SUÁREZ, L. E.; NIETO-LÓPEZ, M.; GUAJARDO-BARBOSA, C.; TAPIA-SALAZAR, M.; SCHOLZ, U.; RICQUE-MARIE, D. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in practical diets for *Litopenaeus vannamei*, and digestibility of the tested ingredients and diets. **Aquaculture**. 272: 466-476, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.04.084>>. Acesso em: 22 maio 2023.

DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. **Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2011. 44p (Embrapa Amazônia Ocidental, 91). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/931300/1/Doc91.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

DETMANN, E.; SILVA, L. F. C.; PALMA, M. N. N.; ROCHA, G. C.; RODRIGUES, P. P. R. **Métodos para análise e alimentos**. 2ª. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 350p., 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization. **The state of world fisheries and aquaculture 2018 – Meeting the sustainable development goals**. Rome, 210 p., 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization. **O estado da pesca e aquicultura mundial 2022**. Rome, 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/cc0461en/online/sofia/2022/world-fisheries-aquaculture.html>>. Acesso em: 16 ago. 2023.

FARIA, A. C. E. A. DE; HAYASHI, C.; GALDIOLI, E. M.; SOARES, C. M. Farinha de peixe em rações para alevinos de tilápia do Nilo (L.), linhagem tailandesa. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, p. 903-908, 2001. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/2748/2164>>. Acesso em: 11 ago. 2023.

FARIA, R. H. S.; MORAIS, M.; SORANNA, M. R. G. S.; SALLUM, W. B. **Manual de criação de peixes em viveiro**. Brasília: Codevasf, 2013. 136 p.

FINKLER, J. K. et al. **Farinha de penas em dietas para Tilápia do Nilo**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, PR. 54 f. 2013. Disponível em: <<https://tede.unioeste.br/handle/tede/1529>>. Acesso em: 07 nov. 2023.

FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis, **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, 375p, 2013.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 100 p., 2010.

GOMES, F. A.; FASSANI, E. J.; RODRIGUES, P. B.; SILVA FILHO, J. C da. Valores energéticos de alguns alimentos utilizados em rações para codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 461 36, 2, 396-402. 2007.

GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; BALDISSEROTTO, B. In: **Tambaqui (*Colossoma macropomum*), Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2ª. ed. Editora UFSM, Santa Maria. p. 175-204, 2010.

GONÇALVES, E. G.; CARNEIRO, D. J. Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 779–786, ago. 2003.

GUIMARÃES, I. G. **Digestibilidade aparente, pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), de alimentos extrusados**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Botucatu, SP. 65 f. 2006.

HENN, J. D. **Determinação do valor nutritivo de farinhas de sangue e de farinhas de vísceras para suínos utilizando o método da proteína e da gordura digestíveis**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 65 f. 2004.

HENRIQUES, J. K. S.; RODRIGUES, R. B.; LAZZARI, R. Caracterização e uso das farinhas de abatedouros de aves em dietas para peixes. **Acta Tecnológica**, v.12, nº 2, p. 103-115, 2018.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. MPOG. Planilha eletrônica, 2022. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940>>. Acesso em: 30 mar. 2023.

MACHADO, A. C.; DILELIS, F.; LIMA, C. A. R. Qualidade das farinhas de origem animal utilizadas em rações avícolas: um referencial teórico. In: GALATI, R. L. (ORGS.). **Alimentos e Alimentação Animal**. São Paulo: Científica Digital, 2021. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.com.br/books/978-65-5360-014-0.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2023.

MEYER, C. CORRÊA, R. O.; MARTINS-JUNIOR, H.; SILVA, R. M.; COSTA, S. M.; SANTANA, M. F. S. Tambacus (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) alimentados com rações artesanais de macaxeira e soja. **Archivos de Zootecnia**, 68 (263): 376-382. 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202111/1/4196-10765-1-PB.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2023.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1801–1809, nov. 2003.

MORAES, G.; ALMEIDA, L. C. **Nutrição e aspectos funcionais da digestão de peixes**. In: Baldisseroto, B.; Cyrino, J.E.P.; Urbinati, E.C. *Biologia e fisiologia de peixes neotropicais de água doce*. FUNEP, UNESP. Jaboticabal, p. 251-271. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815872-2.00011-7>. Acesso em: 18 set. 2023.

NARVÁEZ-SOLARTE, W. V. **Avaliação de farinhas de sangue como fonte de proteína para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. Botucatu, SP. 74 f. 2006. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104117/narvaezsolarte_wv_dr_botfmvz.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 08 jun. 2023.

NASCIMENTO, L. T. MALATO, B. V.; GOMES, P. W. P.; SILVA, T. de M.; MURIBECA, A. de J. B.; GOMES, P. W. P. Qualidade da água para produção de *Colossoma macropomum* (Serrasalimidae) em Salvaterra, Estado do Pará. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 10, n. 3, p. 12-15, 2020a. Disponível em: <<http://periodicos.unifap.br/index.php/biota>>. Acesso em: 03 maio de 2023.

NASCIMENTO, T. M. T. BUZOLLO, H.; SANDRE, L. C. G. de.; NEIRA, L. M.; ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Apparent digestibility coefficients for amino acids of feed ingredients in tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 49:e20190032, 2020b. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/FxWCJLMTDbPGBXpKcZkmnCQ/?format=pdf>>. Acesso em: 03 jun de 2023.

NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington: National Academy of Science, 376 p, 2011.

NUNES, E. S. S.; CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.139-143, 2006.

OSTRENSKI, A.; BOERGER, W. **Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo**. Guaíba: Liv. Editora Agropecuária Ltda, 1998.

PASTORE, S. C. G.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S.; NUNES, A. J. P. **Formulação de Rações e Boas Práticas de Fabricação**, in: FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. NUTRIAQUA: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. 1ª edição ampliada, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 375 p. 2013.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário PEIXE BR da Piscicultura 2023**. São Paulo (SP): Edição Texto Comunicação Corporativa; 126 p. 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2023-03/anuarioPEIXE BR2023.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2023.

PEZZATO, L. E. MIRANDA, E. C., BARROS, M. M.; QUINTERO PINTO, L. G.; FURUYA, W. B.; PEZZATO, A. C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/xH4hz5tBT7ws67FwFWn6stz/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 12 abr. 2023.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C., BARROS, M. M.; FURUYA, W. M.; QUINTERO PINTO, L. G. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela Tilápia do Nilo (*O. niloticus*). **Acta Scientiarum**. v. 26, n. 3, p. 329-337, 2004. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/1798/1177>>. Acesso em: 07 maio 2023.

PEZZATO, A. C.; NARVÁEZ-SOLARTE, W. V.; PEZZATO, L. E. Avaliação nutricional, em tilápias-do-nilo, de farinhas de sangue bovino obtidas por três métodos de processamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.3, p.491-500, 2012.

QUINTERO-PINTO, L. G.; PARDO-GAMBOA, B. S.; QUINTERO-PARDO, A. M. C.; PEZZATO, L. E. Exigências e disponibilidade de fontes de fósforo para tilápias. **Veterinária e Zootecnia**, n.5, v.2, p.30-43, 2011. Disponível em: <<http://190.15.17.25/vetzootec/downloads/v5n2a03.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2023.

REIS NETO, J. R.; REIS, G. P.; VASCONCELOS, V. C.; GUIMARÃES, I. M. SANTOS, E. L. Morfologia comparativa do trato digestório de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em sistema semi-intensivo vs da pesca artesanal. **Jornal Interdisciplinar de Biociências**, v. 3, n. 2, p. 19-24, 2018.

ROCHA, T. C. da; SILVA, B. A. N. Utilização da farinha de pena na alimentação de animais monogástricos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n°1, p.35-43, julho/agosto de 2004. Disponível em: <<https://nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Artigo-005.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2023.

ROSTAGNO, R. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARIAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T. BRITO, C. O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos – composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 488 p., 2017.

ROTTA, M. A. Aspectos Gerais da Fisiologia e Estrutura do Sistema Digestivo dos Peixes Relacionados à Piscicultura. Corumbá: **Embrapa Pantanal**, 48 p. – Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1973; 53, 2003.

SEIXAS FILHO, J. T. de.; BRÁS, J. de M.; GOMIDE, A. T. de M.; OLIVEIRA, M. G. de A.; DONZELE, J. L.; MENIN, E. Anatomia funcional e morfometria dos intestinos e dos cecos pilóricos do teleostei (Pisces) de água doce *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29(2):313-324, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/7bs9dnFSzYqgKKNydWyXnNM/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

SENA, M. F. **Digestibilidade aparente de alimentos para o tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO: UFG. 56 f. 2012. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/893/1/Dissertacao%20Monaliza%20Sena.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2023.

SILVA, M. F. O. da.; ROMANELI, R. DE S.; MUSSOI, L. F.; MASAGOUNDER, K.; FRACALLOSSI, D. M. Impact of reference diet composition on apparent digestibility coefficients of two protein-rich ingredients in Nile tilapia. **Scientia Agricola**, v. 80, p. 1-9. e20220189, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/4TdCkZL7ywLJBF3H8mcmNWx/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

SOARES, K. J. A.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S. Valor nutricional de alimentos alternativos para o tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v.66, n.256, p. 491-497, 2017. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/495/49553571004.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2023.

TEIXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; RIBEIRO, M. C. T.; LOPES, J. B.; FERREIRA, V. P. A.; VITTI, D. M. S. S.; MOREIRA, J. A.; PENA, S. M. Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos de suínos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 4, p. 502–509, ago. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/8WrNcxzwQHJMWWctQr6WYcf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 set. 2023.

VIEIRA, A. R.; RABELL, C. B.; LUDKE, M. do C. M. M.; DUTRA JÚNIOR, W. M.; TORRES, D. M.; LOPES, J. B. Efeito de diferentes níveis de inclusão de farelo de arroz em dietas suplementadas com fitase para frangos de corte. **Revista Acta Scientiae Animal Science**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 267- 275, 2007. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3031/303126488001.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2023.

XAVIER, T. O. **Digestibilidade e desempenho de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando farinha de penas submetida a diferentes tecnologias de produção.** Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PA. 74 f. 2015. Disponível em: <<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/1532/1/000220502.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2023.

ANEXO ÚNICO



CERTIFICADO*

Certificamos que a proposta intitulada: “**COMPOSIÇÃO E DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVOS PARA TAMBAQUI E TILÁPIA DO NILO**”, **Processo n. 23115.012035/2018-37**, sob a responsabilidade do **Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim**, que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi considerado **APROVADO** pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - UFMA) da Universidade Federal do Maranhão, na reunião realizada em 30/04/2018.

We certify that the proposal: "**COMPOSITION AND DIGESTIBILITY OF CONVENTIONAL AND ALTERNATIVE FOODS FOR TAMBAQUI AND TILAPIA DO NILO**", **Process n. 23115.012035/2018-37**, under the responsibility of **Prof. Dr. Marcos Antonio Delmondes Bomfim**, which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, sub phylum Vertebrata (except humans beings) for scientific research purposes (or teaching) - is in accordance with Law No. 11,794, of October 8, 2008, Decree No. 6.899, of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **APPROVED** by the Ethics Committee on Animals Use of the Federal University of Maranhão (CEUA - UFMA), in meeting of 04/30/2018.

Finalidade da Proposta: Pesquisa **Área: Nutrição Animal**

***Vigência da Proposta: 01/011/2018 à 31/08/2021**

***Alteração de vigência**

Origem* PROAQ – Projeto de Aquicultura – LTDA
CNPJ: 02.271.878/0001-97

Rafaela de Melo e Alvim de Jesus Tavares – ME -Fazenda Serra Negra
CNPJ: 12.183.768/0001-27

				Amostra
Espécie	Peixes	Sexo	Machos e Fêmeas	
	<i>Colossoma macropomum</i>	Idade	Fase Crescimento	500
		Peso	100g	

Linhagem/Raça: Tambaqui

Espécie	Peixes	Sexo	Machos e Fêmeas	
	<i>Oreochromis niloticus</i>	Idade	Fase Crescimento	500
		Peso	100g	

Linhagem/Raça: Tilápia do Nilo



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA
CIAEP: 02.0341.2019



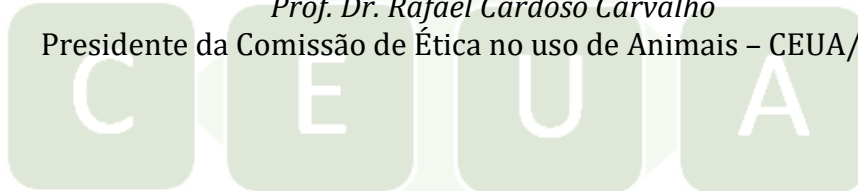
Comissão de Ética no Uso de Animais

Local do experimento: Laboratório de Nutrição de Peixes do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão.

***Não aplicável a Biotério**

São Luís, 21 de setembro de 2020.

Prof. Dr. Rafael Cardoso Carvalho
Presidente da Comissão de Ética no uso de Animais – CEUA/UFMA



Comissão de Ética no Uso de Animais