



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
E RECURSOS PESQUEIROS



**DIGESTIBILIDADE, PERFIL HEMATOLÓGICO E BIOQUÍMICO DE
POEDEIRAS ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO ÓLEO DO RESÍDUO
DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

PABLO GARCIA DIAS

Manaus - Amazonas

Maio, 2025

PABLO GARCIA DIAS

**DIGESTIBILIDADE, PERFIL HEMATOLÓGICO E BIOQUÍMICO DE
POEDEIRAS ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO ÓLEO DO RESÍDUO
DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros - PPGCARP da Universidade Federal do Amazonas - UFAM como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração: Produção Animal.

Área de concentração: Produção Animal

Linha de pesquisa: Nutrição e Produção de Monogástricos e Ruminantes

Orientador: Noedson de Jesus Beltrão Machado

Coorientador: João Paulo Ferreira Rufino

Coorientadora: Suelen Miranda dos Santos

Manaus - Amazonas

Maio, 2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

-
- D541d Dias, Pablo Garcia
Digestibilidade, perfil hematológico e bioquímico de poedeiras alimentadas com dietas contendo óleo do resíduo de Tambaqui (*Colossoma macropomum*). / Pablo Garcia Dias. - 2025.
62 f. : il., p&b. ; 31 cm.
- Orientador(a): Noedson de Jesus Beltrão Machado.
Coorientador(a): João Paulo Ferreira Rufino.
Coorientador(a): Suelen Miranda dos Santos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Manaus, 2025.
1. Amazônia. 2. Avicultura. 3. *Colossoma macropomum*. 4. Nutrição Animal. 5. Subprodutos. I. Machado, Noedson de Jesus Beltrão. II. Rufino, João Paulo Ferreira. III. Suelen Miranda dos Santos. IV. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros. V. Título
-

PABLO GARCIA DIAS

**DIGESTIBILIDADE, PERFIL HEMATOLÓGICO E BIOQUÍMICO DE
POEDEIRAS ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO ÓLEO DO RESÍDUO
DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros - PPGCARP da Universidade Federal do Amazonas - UFAM como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração: Produção Animal.

Manaus, 13 de maio de 2025.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Noedson de Jesus Beltrão (Orientador/ Presidente)

Prof. Dr. Tiago Viana da Costa (Membro/UFAM)

Prof. Dr. Bernardo Berenchtein (Membro/UFFS)

DEDICATÓRIA

A Deus, fonte de sabedoria e força, que guiou meus passos em cada desafio, iluminou minha mente nas horas de incerteza e sustentou meu coração quando a jornada parecia longa: Que este trabalho seja um testemunho da tua fidelidade e uma expressão do meu eterno agradecimento. *Gratias agimus tibi, Deus, pro omnibus beneficiis tuis.*

A Suelen, minha esposa amada, meu porto seguro e minha maior força: Obrigado por ser minha luz nos momentos de escuridão, por sustentar meus sonhos com paciência e amor, e por transformar cada desafio em uma conquista compartilhada. Esta vitória é nossa.

Aos meus tesouros, Maria Victória, Juan Pablo e Giancarlo: Que vocês cresçam sabendo que nada é impossível quando se tem fé e determinação. Cada linha desta dissertação foi escrita com o desejo de inspirá-los a perseguirem seus próprios caminhos com coragem e sabedoria.

E ao meu querido pai, Adão Martirene Dias (*In memoriam*), cujo legado de resiliência e bondade permanece vivo em meu coração: Sei que, de onde estás, continuas a me guiar. Esta conquista carrega seu nome e seu orgulho, pois foi sobre os alicerces que construístes que eu pude chegar até aqui.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Noedson de Jesus Beltrão, Prof. Dr. João Paulo Ferreira Rufino, Prof.^a Dra. Suelen Miranda dos Santos: Minha profunda gratidão por suas orientações incansáveis, paciência generosa e sabedoria compartilhada ao longo desta jornada acadêmica. Cada crítica, cada sugestão valiosa e cada palavra de incentivo foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Que esta dissertação, fruto de nossa colaboração, honre o tempo e o conhecimento que tão gentilmente investiram em meu crescimento.

Aos meus companheiros de pesquisa, verdadeiros guerreiros das longas horas no laboratório e no aviário, dos prazos apertados e das discussões acaloradas (Thiago, Kaisa, Laiane, Maria Fernanda, Maico, Letícia, Jenifer, Wilson, Matheus, Raul, Tainá, Alisson, Sophia, Lorena, Gustavo, Claudio, Beatriz, Emilily... (me perdoem se eu esquecer de alguém)): Que nossos caminhos continuem a se cruzar, seja nas páginas de artigos futuros ou nas mesas de bar onde, afinal, as melhores hipóteses sempre surgem.

Aos que me apoiam, aos que me inspiram e aos que, mesmo partidos, seguem sendo minha motivação:

Obrigado.

Com amor e gratidão,
Pablo Garcia Dias

RESUMO

A presente dissertação avaliou os efeitos da inclusão de óleo de resíduo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em dietas de poedeiras comerciais sobre parâmetros digestivos, hematológicos e bioquímicos. Realizou-se um ensaio de digestibilidade com 72 poedeiras Hisex Brown (40 semanas) distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. O óleo foi obtido das vísceras de tambaqui e submetido a processos de extração e caracterização. O valor energético obtido foi de 8.345,38 kcal/kg de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), evidenciando seu potencial como fonte lipídica. Os resultados mostraram que o óleo de resíduo de tambaqui influenciou significativamente parâmetros hematológicos, como hemoglobina e eritrócitos, que apresentaram redução inicial seguida de aumento em níveis mais elevados de inclusão. Além disso, observou-se aumento linear do colesterol sérico e modulação na contagem de leucócitos (heterófilos, eosinófilos e linfócitos), indicando possíveis efeitos imunomodulatórios. Essas variações podem refletir ajustes no metabolismo lipídico, proteico e na resposta inflamatória das aves. Assim, o óleo de resíduo de tambaqui demonstrou ser uma alternativa viável para a formulação de dietas de poedeiras comerciais, contribuindo para o aproveitamento sustentável de resíduos da indústria do pescado e promovendo alternativas de menor custo para a nutrição animal. Estudos adicionais são recomendados para otimizar os níveis de inclusão e avaliar os efeitos em longo prazo na saúde e produtividade das aves.

Palavras-chave: Amazônia, avicultura, *Colossoma macropomum*, nutrição animal, subprodutos.

ABSTRACT

The present master's thesis evaluated the effects of including tambaqui (*Colossoma macropomum*) residue oil in commercial hen diets on digestive, hematological, and biochemical parameters. A digestibility trial was conducted with 72 Hisex Brown hens (40 weeks old) distributed in a completely randomized design with six replicates. The oil was obtained from tambaqui viscera and subjected to extraction and characterization processes. The obtained energy value was 8,345.38 kcal/kg of apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEn), demonstrating its potential as a lipid source. The results showed that tambaqui residue oil significantly influenced hematological parameters, such as hemoglobin and erythrocytes, which showed an initial reduction followed by an increase at higher inclusion levels. Additionally, a linear increase in serum cholesterol and modulation in leukocyte count (heterophils, eosinophils, and lymphocytes) were observed, indicating possible immunomodulatory effects. These variations may reflect adjustments in lipid and protein metabolism and the inflammatory response of the birds. Thus, tambaqui residue oil proved to be a viable alternative for formulating commercial hen diets, contributing to the sustainable use of fish industry residues and promoting lower-cost alternatives for animal nutrition. Further studies are recommended to optimize inclusion levels and evaluate the long-term effects on the health and productivity of the birds.

Keywords: Amazon, animal nutrition, by-products, *Colossoma macropomum*, poultry farming.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: Percepções inovadoras sobre o uso de óleos em dietas de aves: uma revisão sistemática.

Figura 1. Prisma ilustra o fluxo do processo de seleção	30
Figura 2. Ocorrência de artigos sobre o uso de óleos na dieta de aves considerando o período de 2013-2014 em todo o mundo.....	31
Figura 3. Distribuição temporal das publicações no período avaliado (2013-2024).....	32
Figura 4. Gráfico circular mostrando a distribuição dos tipos de óleo usados em estudos avícolas com base na Tabela 1.....	33

CAPÍTULO II: Digestibilidade e parâmetros fisiológicos de poedeiras alimentadas com dietas contendo óleo de resíduo de tambaqui

Figura 1. Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia (ICSEZ).....	34
Figura 2. Laboratório de Nutrição Animal do ICSEZ.....	34

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: Percepções inovadoras sobre o uso de óleos em dietas de aves: uma revisão sistemática

Tabela 1. Aspectos influenciados e principais descobertas do uso de diferentes óleos em dietas de aves.....27

CAPÍTULO II: Digestibilidade e parâmetros fisiológicos de poedeiras alimentadas com dietas contendo óleo de resíduo de tabaqui

Tabela 1. Dietas experimentais com níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui.....36

Tabela 2. Parâmetros hematológicos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui.....40

Tabela 3. Parâmetros bioquímicos plasmáticos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui.....42

Tabela 4. Contagem diferencial de leucócitos (série branca) de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui.....44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Nutrição de poedeiras e a importância dos parâmetros hematológicos e bioquímicos.	3
2.2. Uso de óleo na nutrição de poedeiras.....	4
2.3. Utilização de resíduos oriundos da indústria do pescado	6
3. Objetivos	8
3.1. Objetivo geral	8
3.2. Objetivos específicos.....	8
CAPITULO 1: Percepções inovadoras sobre o uso de óleos em dietas de aves: uma revisão sistemática	9
4. INTRODUÇÃO	9
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
6. RESULTADOS.....	11
6.1. Pesquisa bibliográfica	11
6.2. Principais descobertas.....	12
7. DISCUSSÃO	15
8. CONCLUSÃO	19
CAPITULO 2: Digestibilidade e fisiologia de poedeiras alimentadas com dietas contendo óleo de resíduo de tabaqui.....	34
9. INTRODUÇÃO	34
10. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
10.1. Local de desenvolvimento do estudo.....	35
10.2. Aquisição e caracterização do óleo do resíduo do tabaqui.....	35
10.3. Ensaio de digestibilidade.....	36
10.4. Instalações, aves, dietas e desenho experimental.....	37
10.5. Análises de série vermelha (hematológicas) e série branca (imunológicas)	38
10.6. Parâmetros bioquímicos plasmáticos	39
10.7. Análise estatística	39
11. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
12. CONCLUSÃO	45
13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUÇÃO

A produção de ovos de galinhas para o consumo humano, também chamada de ovos de mesa, representa um importante segmento do agronegócio brasileiro. Dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2024), mostram que a produção brasileira ultrapassou a marca de 52,4 bilhões de unidades, impulsionado pelo aumento do consumo per capita, que ficou em 242 ovos. Nesse cenário nacional, o estado do Amazonas é a 25ª unidade da federação que mais produz ovos, sendo registrado em 2022 o quantitativo de 9,3 milhões de dúzias (IBGE, 2022), colocando o estado como o 4º maior produtor da região norte.

Entretanto, mesmo diante do crescente dos números produtivos, diversas dificuldades são relatadas pelos produtores. Para tanto, é preciso antes destacar o funcionamento da cadeia produtiva de ovos, que de maneira geral, compreende: produção de insumos; produção de aves e ovos; o processamento pela indústria; os mercados atacadistas, varejistas e indústria de ovos e finalmente o consumidor final (Pizzuti et al. 2014). Isso permite visualizar que a aquisição e utilização dos insumos compreende um elo primário da cadeia e que eventuais oscilações de precificação dos mesmos, desencadeará reflexo em toda cadeia até chegar ao consumidor final.

Um entrave para a maximização da produção de ovos no estado do Amazonas é o alto custo dos insumos. Isso se deve pelo fato de que as dietas para poedeiras comerciais são majoritariamente à base de milho e farelo de soja, ingredientes esses que são provenientes de outros estados, o qual apresenta dificuldade logística no transporte, acondicionamento e disponibilidade para os locais de fabricação de ração, resultando em maior preço pago pelo produtor de ovos. Não obstante, esses ingredientes estão constantemente sujeitos às oscilações de preços, seja por fatores produtivos em razão de condições climáticas até a exploração de commodities.

Nesse sentido, muitas abordagens foram estudadas para fornecer alternativas ao uso desses ingredientes na alimentação de poedeiras, como a utilização de resíduos das agroindústrias, destacando-se a do pescado, pois o processamento de diferentes espécies de pescado pode gerar muitos resíduos, causando perdas econômicas e contaminação ambiental (De Souza Sanches et al., 2023). Esses resíduos podem chegar a gerar 40% como no caso do tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816), em que muitas vezes não são adequadamente destinados e podem trazer riscos ambientais (Kurniawan, et al. 2025).

Além do interesse econômico e por ser muito apreciado pela culinária e amplamente produzido no Brasil (Embrapa, 2020), por outro lado, tais resíduos são ricos em nutrientes como ácidos graxos poli-insaturados com alto teor de ácido oleico (C18:1), ácido palmítico (C16:0) e ácido linoleico (C18:0) (Borghesi. et al., 2017), sendo que esta composição pode vir a potencializar a utilização desses resíduos em dietas para aves de postura, especialmente quando fornecidos na forma de óleos, favorecendo o enriquecimento do conteúdo dos ovos e minimizando os impactos negativos na fisiologia da digestão aviária quando de alimentos fibrosos.

Diversos trabalhos estudaram o efeito de óleos no perfil bioquímico/hematológico de aves (Braz, 2015; Brelaz, 2019), os quais apresentam divergências quanto ao impacto da utilização desses ingredientes nos padrões fisiológicos, ou seja, a utilização de óleos de peixes, apesar de reconhecidamente serem potencialmente fonte enriquecedoras em ovos de poedeiras, a sua inclusão não deve impactar negativamente os parâmetros bioquímicos e hematológicos, sob pena de menor produção e problemas na saúde da ave.

Tendo em vista estes diversos aspectos sobre o uso de óleo de resíduo de pescado na alimentação de poedeiras este trabalho visa estudar estes efeitos e avaliar alguns padrões fisiológicos sobre as poedeiras o que pode trazer diversas respostas e/ou medidas a serem tomadas visando mitigar a utilização desses resíduos para a extração de biomoléculas de interesse industrial com aplicação biotecnológica e para a geração de capital bioeconômico (FAO, 2023).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Nutrição de poedeiras e a importância dos parâmetros hematológicos e bioquímicos.

A produção de ovos, sobretudo em poedeiras comerciais, é um processo complexo e multifatorial que está relacionado diretamente a fatores como nutrição, manejo e sanidade destes animais. Os fatores nutricionais são observados, principalmente através dos parâmetros bioquímicos e hematológicos das aves e quando alterados refletem estado geral do organismo que indicam possíveis problemas e este que quando associadas a falta de nutrientes como proteínas, vitaminas e minerais podem impactar na saúde e na produtividade das poedeiras (Fontenele-Neto, 2012).

A nutrição desempenha um papel crucial na saúde, produtividade e bem-estar das poedeiras e alterações nos parâmetros bioquímicos, hematológicos aliados aos parâmetros histológicos podem revelar deficiências nutricionais, doenças ou outros fatores.

Os parâmetros hematológicos fornecem informações sobre a qualidade do sangue, incluindo o número de células sanguíneas, como glóbulos vermelhos, glóbulos brancos e plaquetas, por exemplo, a contagem de leucócitos fornece informações importantes sobre o sistema imunológico das aves, pois o aumento neste parâmetro pode indicar infecções, inflamações ou estresse e a redução do parâmetro pode indicar imunossupressão, aumentando a suscetibilidade a doenças (Kokosharov, T. 1998).

Alterações em alguns dos parâmetros hematológicos podem indicar infecções, anemia, inflamações, deficiências nutricionais ou problemas de coagulação sanguínea (Franzini, et al. 2022). Por exemplo, poedeiras com deficiência de ferro e de vitamina B12 sugerem um quadro de anemia, além de indicar uma possível presença de parasitas intestinais ou doenças infecciosas. A detecção precoce da anemia, através da análise de hemoglobina e hematócrito, permite a implementação de medidas corretivas, como a suplementação alimentar, para evitar a redução na produção de ovos e o comprometimento da saúde das aves (Voigt, 2003; Rebar, 2003; González; Santos, 2005).

Outra análise importante são os parâmetros bioquímicos sanguíneos que indicam a concentração de diferentes substâncias como proteínas, enzimas, glicose, eletrólitos e lipídios, assim fornecendo informações sobre o funcionamento de órgãos como fígado, rins, pâncreas e coração, além de refletir o estado nutricional das aves (Rezende, M. S. et al., 2019). O fígado também é um órgão crucial para o metabolismo dos nutrientes e a desintoxicação do organismo. A análise histológica do fígado pode revelar alterações como

esteatose hepática, fibrose ou inflamação, que podem ser causadas por dietas desbalanceadas, excesso de gordura ou infecções bacterianas. (Silva, et al.2012).

Outros parâmetros que podem ser observados é a concentração de proteínas no sangue que é um indicador importante do estado nutricional e da saúde das aves, pois em baixos níveis podem indicar deficiência nutricional, perda de proteína por doenças ou parasitas, ou ainda, problemas hepáticos (Diaz Gonzalez; Silva, 2017). Enquanto que o parâmetro enzima AST (aspartato aminotransferase) indica possíveis danos hepáticos e seu aumento pode indicar problemas como hepatite, esteatose hepática ou intoxicação por micotoxinas (Diaz Gonzalez; Silva, 2017).

A glicose sanguínea é um indicador do metabolismo de carboidratos e pode ser afetada por fatores como dieta, estresse e doenças, onde em níveis elevados indicam resistência à insulina, diabetes ou doenças infecciosas (Diaz Gonzalez; Silva, 2017). E, outros parâmetros são a creatinina e a uréia que são marcadores da função renal que em níveis elevados podem indicar insuficiência renal e desidratação (Diaz Gonzalez; Silva, 2017). O monitoramento regular dos parâmetros hematológicos e bioquímicos em poedeiras é essencial para a detecção precoce de problemas de saúde, permitindo a tomada de medidas corretivas e a manutenção da produtividade e do bem-estar das aves.

A bioquímica sanguínea complementa a análise histológica, fornecendo informações sobre a concentração de diferentes substâncias no sangue, como proteínas, enzimas, glicose, eletrólitos e lipídios. Esses parâmetros refletem o estado nutricional das aves e o funcionamento de órgãos como fígado, rins, pâncreas e coração (ROTAVA, Rui et al., 2008), por exemplo, a análise histológica do ovário pode indicar a qualidade dos folículos ovarianos, o que é crucial para a produção de ovos de qualidade (Altamirano et al., 2009) enquanto que a deficiência de vitamina D (parâmetro bioquímico) pode indicar uma má absorção de cálcio que indicam possível fragilidade óssea e como consequência afeta a qualidade da casca dos ovos (Bretas; Tomazelli, 2018).

2.2.Uso de óleo na nutrição de poedeiras

Na avicultura contemporânea, é comum incluir óleos na dieta de poedeiras para melhorar o desempenho das aves, a qualidade dos ovos e a saúde do plantel. Para atender às necessidades energéticas das poedeiras, aumentar a absorção de vitaminas lipossolúveis e melhorar a qualidade das gemas dos ovos, é essencial incluir lipídeos em sua dieta.

Diversos estudos têm analisado os efeitos de vários tipos de óleo na nutrição das poedeiras, esses estudos se concentraram principalmente em como eles afetam a produção

de ovos, a qualidade da casca, o peso das aves e a composição dos ovos. Cedro, et al. (2010) conduziram um estudo que examinou o impacto do óleo de peixe na qualidade da casca e na produção de ovos. Os resultados mostraram que adicionar óleo de peixe à dieta das poedeiras aumentou a produção e a qualidade dos ovos, além de aumentar a quantidade de ácidos graxos ômega-3 nos mesmos.

Oliveira et al. (2010) conduziram um estudo que examinou o impacto da adição de óleo de girassol à dieta de poedeiras sobre o desempenho e a qualidade dos ovos produzidos. Os resultados mostraram que não houveram alterações significativas ao adicionar óleo de girassol à dieta das poedeiras, exceto pela variação no peso dos ovos de poedeiras jovens, que tende a aumentar com a inclusão de óleos vegetais.

Na alimentação de aves, o uso de óleos vegetais, como o óleo de soja, aumenta a energia das rações, melhora a palatabilidade e melhora a digestão dos nutrientes (Costa, et al. 2008).

O óleo de canola, rico em ácido oleico, é um exemplo de outro tipo de óleo que os pesquisadores têm estudado para usar na dieta de poedeiras. O estudo de Santos, et al. (2019) examinou os efeitos da inclusão do óleo de canola na dieta de poedeiras em relação à qualidade dos ovos. Os efeitos dessa experimentação mostraram que a inclusão de óleo de canola na dieta das poedeiras incrementou a concentração de ácidos graxos poli-insaturados ω -3 na gema dos ovos. Além disso, pesquisas sobre o uso de óleos essenciais como aditivos naturais na nutrição de poedeiras foram realizadas, concentrando-se em como eles beneficiam a saúde das aves e a qualidade dos ovos. Um estudo realizado por Florou-Paneri, et al. (2005) examinou como os extratos etanólicos de orégano, que são conhecidos como antioxidantes, afetam a dieta de poedeiras. Segundo o autor, os componentes antioxidantes presentes no óleo essencial de orégano foram transferidos através da alimentação para a gema que está em processo de formação, conferindo ao ovo propriedades antioxidantes.

A dieta de poedeiras usa gordura animal além dos óleos vegetais e essenciais. Um estudo realizado por Martins et al. (2017) examinou os efeitos da inclusão de gordura animal na dieta de poedeiras e descobriu que, embora a gordura animal seja uma fonte de energia eficaz, o desempenho produtivo e a qualidade física dos ovos de poedeiras semipesadas criadas em clima quente, não foram afetados pela inclusão do sebo bovino na ração. Por fim, adicionar óleo à dieta de poedeiras pode aumentar a produção de ovos, melhorar a qualidade da casca e melhorar a digestão dos nutrientes. Mas, considerando o

tipo de óleo, a quantidade a ser adicionada e as necessidades específicas do plantel, é essencial fazer um planejamento nutricional adequado.

2.3.Utilização de resíduos oriundos da indústria do pescado

A indústria do pescado gera uma grande quantidade de resíduos, como ossos, escamas, vísceras e pele, que podem ser considerados um problema ambiental se descartados de forma inadequada. No entanto, esses resíduos possuem um grande potencial para serem reaproveitados, contribuindo para a sustentabilidade da indústria e para a redução do impacto ambiental.

Várias pesquisas têm investigado o aproveitamento de resíduos da indústria do pescado, com foco em sua utilização na produção de alimentos, rações, fertilizantes, biocombustíveis e outros produtos de valor agregado. Um estudo realizado por Eyng et al. (2011) avaliou a utilização de ossos de peixe na produção de farinha de peixe, um ingrediente rico em proteínas e cálcio, que pode ser utilizado na alimentação de animais. Os dados da pesquisa mostraram que a farinha de peixe produzida a partir de ossos de peixe apresentou boa qualidade nutricional e pode ser uma alternativa viável para a produção de rações.

Outro estudo, conduzido por Laso et al., (2016) investigou o potencial de utilização de escamas de peixe na produção de bioplásticos. Os estudos apontaram que as escamas de peixe podem ser utilizadas como matéria-prima para a produção de bioplásticos biodegradáveis, contribuindo para a redução do uso de plásticos derivados do petróleo.

A utilização de resíduos de pescado na produção de fertilizantes também tem sido explorada, com foco em seus benefícios para o desenvolvimento das plantas. Um estudo realizado por De Oliveira et al. (2012) avaliou o efeito do uso de compostos orgânicos produzidos a partir de resíduos de pescado na produção de fertilizantes. O estudo demonstrou que é possível usar adequadamente os resíduos de pescados como um fertilizante orgânico alternativo a partir da reciclagem e produzir um adubo com nutrientes. Isso sugere uma solução ecologicamente sustentável para os resíduos orgânicos e oferece aos agricultores uma alternativa ao uso de insumos químicos que causam danos ao homem e ao meio ambiente. Além disso, diminuindo os efeitos nos aterros sanitários e prolongando sua vida útil.

A indústria do pescado também tem explorado a utilização de resíduos para a produção de biocombustíveis, como o biodiesel. A pesquisa realizada por Kara et al. (2018)

evidenciou a produção de biodiesel a partir de óleo de peixe. O óleo de peixe residual com alto teor de ácidos graxos livres pode ser usado para produzir biodiesel, de acordo com este estudo. O método desenvolvido incluiu uma técnica de purificação rápida, um pré-tratamento de esterificação ácida e, em seguida, uma transesterificação básica.

Além das aplicações mencionadas, os resíduos da indústria do pescado também podem ser utilizados na produção de outros produtos, como colágeno, gelatina, quitina e outros compostos de valor agregado. Um estudo realizado por Oliveira, et. al. (2017) analisou a produção de colágeno a partir de pele de peixe. Os dados mensuram que o colágeno extraído do resíduo de peixe tem várias vantagens em sua aplicação como: ausência de transmissão de patógenos, preocupação das fontes atuais (bovinos, suínos, entre outros), ausência de citotoxicidade e abundância. Além de propriedades antimicrobianas, antioxidantes, anti-hipertensivas, antiproliferativas, antidiabéticas, antitrombóticas, agonistas de opióides, anticancerígena e anticoagulante.

Em resumo, a utilização de resíduos da indústria do pescado oferece uma oportunidade para a criação de produtos de valor agregado e para a redução do impacto ambiental. A pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias para o aproveitamento desses resíduos são essenciais para a sustentabilidade da indústria do pescado e para a preservação do meio ambiente.

3. Objetivos

3.1. Objetivo geral

Avaliar os parâmetros bioquímicos e hematológicos de poedeiras alimentados com dietas contendo do óleo do resíduo do tabaqui.

3.2. Objetivos específicos

- Avaliar a digestibilidade do óleo do resíduo de tabaqui em dietas de poedeiras comerciais;
- Examinar os efeitos da inclusão do óleo do resíduo do tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais sobre os parâmetros hematológicos;
- Mensurar os parâmetros bioquímicos plasmáticos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo óleo do resíduo do tabaqui;
- Indicar o nível ideal de inclusão do óleo do resíduo do tabaqui em dietas para poedeiras comerciais com base nos parâmetros bioquímicos e hematológicos.

CAPITULO 1: Percepções inovadoras sobre o uso de óleos em dietas de aves: uma revisão sistemática

Os resultados deste capítulo foram submetidos na forma de artigo científico para o periódico *World's Journal of Poultry Science*.

4. INTRODUÇÃO

A indústria avícola desempenha um papel crucial no fornecimento de alimentos de alta qualidade para o consumo humano, principalmente carne e ovos, tornando-se um dos principais setores do agronegócio global. Este segmento tem alcançado avanços tecnológicos significativos e crescimento de produtividade ano após ano (Constantini et al., 2021; Attia et al., 2022). Vários fatores contribuíram para o aprimoramento desse sistema de produção, destacando-se o melhoramento genético, a aplicação de protocolos e tecnologias para manter a saúde e o bem-estar nos ambientes de produção, e o estudo das exigências nutricionais e de ingredientes com maior potencial (Andretta et al., 2021; Attia et al., 2022).

No contexto atual do mercado, há uma tendência crescente de diversificação da gama de produtos oferecidos pela indústria avícola, impulsionada pelas mudanças nas demandas dos consumidores por alimentos mais saudáveis, sustentáveis e de maior valor agregado (Barbut e Leishman, 2022; Cartoni et al., 2022). Isso inclui a produção de ovos enriquecidos com ácidos graxos essenciais, vitaminas e minerais, bem como o desenvolvimento de produtos avícolas alinhados com princípios de sustentabilidade ambiental e bem-estar animal (Andretta et al., 2021; Attia et al., 2022).

Alinhado a isso, há um foco cada vez maior na exploração de subprodutos agroindustriais e aditivos funcionais. Diversas fontes de suplementação são constantemente investigadas para serem integradas às dietas avícolas, visando melhorar simultaneamente a relação custo-benefício e enriquecer os produtos avícolas (Ekine et al., 2020; Brelaz et al., 2019; 2021; Cartoni et al., 2022; Oketch et al., 2023). Entre essas fontes, os óleos são frequentemente testados em dietas para aves devido à sua capacidade de aumentar a densidade energética da dieta e aprimorar os produtos avícolas, uma vez que são ricos em ácidos graxos poli-insaturados e outros componentes benéficos que variam

conforme sua origem (Kimura et al., 1984; Engberg e Børsting, 1994; Engberg et al., 1996; Saleh, 2013; Movahedi et al., 2024).

Outro aspecto relevante do uso de óleos na alimentação avícola é seu impacto na fisiologia das aves (Mousavi et al., 2017; Ekine et al., 2020; Brelaz et al., 2019; 2021). Dependendo da composição do óleo utilizado, podem ocorrer efeitos positivos ou negativos na fisiologia das aves, influenciando diretamente processos metabólicos como digestão, absorção de nutrientes e metabolismo energético (Ravindran et al., 2016; Brelaz et al., 2021; Mech et al., 2021; Oketch et al., 2023). No entanto, esses mesmos óleos estão mais suscetíveis à oxidação lipídica, que pode gerar compostos tóxicos capazes de causar danos celulares, especialmente nos níveis intestinal e hepático, resultando em redução da eficiência alimentar e comprometimento da saúde das aves (Wickramasuriya et al., 2022; Oketch et al., 2023).

Apesar dos avanços recentes, persistem importantes lacunas de conhecimento. Há uma escassez de estudos comparativos que avaliem os efeitos do óleo em diferentes espécies de aves, bem como dados limitados sobre níveis ótimos de inclusão com base no desempenho e na qualidade do produto. Pesquisas sobre fontes lipídicas emergentes e sobre subprodutos industriais permanecem escassas. Além disso, a maioria dos estudos não avalia os efeitos fisiológicos de longo prazo nem integra tecnologias inovadoras em ensaios práticos de alimentação. Essas lacunas destacam a necessidade de pesquisas mais amplas e integrativas para otimizar o uso de óleos dietéticos na produção avícola. Portanto, esta revisão sistemática tem como objetivo resumir os insights recentes sobre o uso de óleos de origem animal e vegetal em dietas avícolas, considerando sua relevância para melhorar a produtividade avícola e o enriquecimento nutricional de produtos avícolas.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta revisão sistemática foi conduzida seguindo a abordagem de Siddaway et al. (2018), abrangendo a formulação de um problema de pesquisa norteador, a seleção de aspectos relevantes na literatura, a filtragem de dados e a interpretação crítica dos resultados. A questão central da pesquisa, "Quais são os efeitos do uso de diferentes tipos de óleos na dieta de aves?", foi formulada utilizando a estrutura PICOC (População, Intervenção, Comparação, Resultados e Contexto), orientando a extração de informações

relacionadas ao tipo de óleo, impacto na qualidade do produto, perfil de ácidos graxos, valor nutricional e efeitos na saúde e no desempenho das aves.

A busca bibliográfica foi realizada em outubro de 2024 nas bases de dados ScienceDirect, Scielo, Scopus e Web of Science. Operadores booleanos combinaram os seguintes componentes de busca:

- SC1: “Alimento alternativo” OU “Ração alternativa” OU “Fontes de gordura” OU “Ácidos graxos”
- SC2: “Aves” OU “Galinhas” OU “Dieta para aves”
- SC3: “Óleo animal” OU “Óleo vegetal”

A busca foi restrita a artigos em inglês publicados entre 2013 e 2024. Editoriais, cartas, revisões, mini-revisões e teses foram excluídos. Estudos foram incluídos se abordassem especificamente o uso de óleos em dietas de aves. Os critérios de exclusão foram artigos que abordassem nutrição ou uso de óleos sem foco direto em dietas de aves.

O protocolo PRISMA (Page et al., 2021) orientou o processo de seleção. Os artigos foram triados por títulos e resumos, seguidos de análise de texto completo. Os dados relevantes foram extraídos para uma planilha do Microsoft Excel para síntese. Isso subsidiou a geração de figuras e o mapeamento conceitual utilizados na discussão. Possíveis fontes de viés incluem seleção de banco de dados, período de publicação, restrições de idioma e tipos de artigos considerados nesta revisão.

6. RESULTADOS

6.1. Pesquisa bibliográfica

O processo de seleção dos estudos foi conduzido seguindo os critérios estabelecidos na metodologia, resultando na inclusão de 39 artigos para análise detalhada. A busca inicial identificou um total de 110 artigos nas bases de dados ScienceDirect, Scielo, Scopus e Web of Science. Após a remoção de duplicatas e a aplicação dos critérios de exclusão, 39 estudos foram considerados elegíveis para leitura completa. A distribuição final dos artigos revisados é apresentada na Tabela 1, enquanto o diagrama PRISMA ilustra o fluxo do processo de seleção (Figura 1).

Os estudos incluídos abrangem uma ampla gama de países, com Polônia, China, Paquistão e Canadá se destacando como os locais com maior número de publicações sobre o uso de óleos em dietas de aves. Entre estes, a Polônia lidera com nove estudos, seguida pela China (quatro) e Paquistão e Canadá (três cada). Notavelmente, há um forte foco nos

estudos poloneses sobre o uso de óleo de semente de romã e óleo de semente de uva em dietas de aves, estudos canadenses sobre óleo de cânhamo e estudos chineses sobre óleo de semente de seringueira (*Hevea brasiliensis*). A Figura 2 apresenta uma distribuição gráfica do número de estudos por país, destacando as regiões com maior produção científica.

A análise temporal revelou um aumento gradual no número de publicações ao longo do período avaliado (2013-2024), com picos de produção científica em 2021, 2017 e 2014, nos quais foram publicados sete, quatro e quatro artigos, respectivamente. Essa tendência indica um crescente interesse em pesquisas sobre opções alternativas de alimentação para aves, refletindo a importância das fontes lipídicas na dieta de aves. A Figura 3 apresenta a distribuição das publicações durante o período avaliado.

Em relação à ocorrência de trabalhos sobre a determinação de Hg e MeHg em pisciculturas em sete países, foram observados resultados na Ásia (66,8%), América do Sul (20,0%), América do Norte (6,6%) e Europa (6,6%), nos quais a China apresentou o percentual mais expressivo de trabalhos (47,0%) (Figura 2).

6.2. Principais descobertas

Os resultados resumidos na Tabela 1 destacam os diversos impactos de diferentes óleos em dietas avícolas em várias regiões, espécies e sistemas de produção. Os estudos demonstram uma variação significativa nos efeitos dos óleos, dependendo do tipo, do sistema de produção alvo e da espécie avícola específica. Por exemplo, óleos como os de girassol, linhaça e canola foram frequentemente estudados por seus benefícios na qualidade dos ovos e da carne, enquanto óleos de origem animal, como a banha, também foram testados quanto aos seus efeitos em parâmetros produtivos. Entre as espécies avaliadas, codornas e frangos foram as mais estudadas, com diferenças notáveis observadas na forma como os óleos influenciaram seus parâmetros sanguíneos, qualidade dos ovos e qualidade da carne. Um estudo na África do Sul, por exemplo, constatou que o óleo de canola melhorou significativamente os parâmetros sanguíneos e a qualidade da carne em codornas.

Regionalmente, pesquisas polonesas se destacaram com foco em óleos como os de semente de romã e de uva, que demonstraram melhorar a qualidade dos ovos e a saúde hepática. Da mesma forma, estudos no Canadá destacaram o uso de óleo de cânhamo, que melhorou tanto a qualidade da carne quanto a dos ovos em frangos, especialmente em sistemas de produção free-range. Enquanto isso, Arábia Saudita e Argélia demonstraram os efeitos positivos dos óleos de linhaça e girassol na qualidade dos ovos e nos parâmetros sanguíneos de codornas e frangos mantidos em sistemas convencionais.

O gráfico de pizza (Figura 4) ilustra a distribuição dos tipos de óleos utilizados nos estudos avícolas resumidos na Tabela 1. Entre os óleos analisados, os de soja e linhaça surgiram como os mais frequentemente estudados, aparecendo em seis estudos cada, refletindo sua ampla aplicação e versatilidade na nutrição avícola. O óleo de canola e o óleo de semente de romã também foram proeminentes, sendo utilizados em cinco estudos cada, mostrando seus benefícios reconhecidos na melhoria da qualidade da carne e dos ovos. Óleo de palma, óleo de girassol e óleo de linhaça apareceram em seguida, com quatro ocorrências cada, destacando seu potencial como fontes alternativas de gordura na dieta. Outros óleos, como os de semente de uva, canola e coco, apresentaram uso moderado, com frequências variando de dois a três estudos, indicando aplicações mais específicas, embora menos universais, na melhoria de métricas produtivas ou parâmetros fisiológicos. Óleos como o azeite de oliva extravirgem, óleo de quinoa e óleo de gérmen de trigo apareceram com menor frequência, cada um presente em apenas um estudo, sugerindo uso experimental ou em nichos.

Sistemas de alojamento foram predominantes na maioria dos estudos, mas sistemas free-range em países como Canadá e Itália forneceram insights adicionais sobre os benefícios de certos óleos em manejos menos intensivos. No geral, os resultados sugerem que o uso estratégico de óleos em dietas avícolas não apenas otimiza métricas-chave de desempenho, como qualidade dos ovos e eficiência alimentar, mas também contribui para objetivos mais amplos de sustentabilidade e viabilidade econômica nos sistemas de produção avícola.

A tabela 2 apresenta uma síntese detalhada de estudos que investigam os efeitos de diferentes óleos dietéticos no desempenho produtivo, qualidade dos ovos, composição da carne e perfis de ácidos graxos em aves. Os resultados revelam grande variação nos resultados, dependendo do tipo de óleo, espécie-alvo, nível de inclusão e sistema de produção. Por exemplo, o óleo de linhaça (2–4%) mostrou consistentemente benefícios no enriquecimento de ovos e carne com ácidos graxos n-3, enquanto o óleo de semente de romã se mostrou eficaz na incorporação de compostos bioativos nos produtos, especialmente em galinhas alojadas em sistemas intensivos.

Além disso, óleos como os de peixe e cânhamo também demonstraram potencial antioxidante, reduzindo a peroxidação lipídica e aumentando a deposição de AGPI (ácidos graxos poli-insaturados) nos tecidos. O uso de óleos derivados de subprodutos agroindustriais, como soja, girassol ou palma, destaca seu impacto econômico e ambiental. No entanto, o número de estudos focados em biomoléculas ou subprodutos refinados, como

destilados de ácidos graxos e óleos essenciais, ainda é limitado, apontando para uma lacuna a ser explorada. Outra questão importante é a ausência de pesquisas envolvendo óleos derivados de insetos, uma alternativa emergente e de crescente interesse devido à sua sustentabilidade e alto teor de ácido láurico, que não apareceram nos estudos selecionados, sugerindo uma oportunidade relevante para futuras pesquisas.

Além dos próprios óleos, alguns estudos relataram efeitos indiretos mediados por aditivos ou sinergias, como o uso combinado de óleos e antioxidantes naturais, ou por meio de emulsificantes e agentes que facilitam a digestão lipídica. No entanto, a maioria dos estudos não forneceu detalhes sobre os mecanismos fisiológicos de digestão e absorção de lipídios, nem sobre interações com aditivos, limitando a compreensão da real eficiência digestiva desses óleos em diferentes contextos.

Apesar da predominância de efeitos positivos, a análise cruzada dos estudos revela variabilidade considerável nos resultados de desempenho e qualidade dos produtos, especialmente em relação à espécie estudada, níveis de inclusão e tipos de óleo. Por exemplo, o óleo de linhaça foi mais eficaz na melhoria da qualidade dos ovos em codornas, enquanto em frangos de corte, os resultados estiveram principalmente relacionados à modulação da composição lipídica da carne. Por outro lado, níveis mais altos de inclusão (8–10%) mostraram efeitos adversos em parâmetros fisiológicos e oxidativos em algumas espécies, exigindo cautela na formulação das dietas.

Embora alguns estudos tenham abordado os benefícios ambientais do uso de óleos alternativos (ex.: subprodutos da soja), poucos incluíram análises de custo-benefício ou avaliações quantitativas do impacto ambiental. O uso de subprodutos de refinaria e resíduos agroindustriais representa uma estratégia promissora para reduzir custos de formulação e promover a circularidade na cadeia produtiva avícola. No entanto, o risco de oxidação lipídica permanece um grande desafio técnico, principalmente para óleos poli-insaturados. A falta de estratégias claras para mitigar esse problema, como o uso sistemático de antioxidantes ou encapsulação, é uma limitação recorrente na literatura. Essas discrepâncias podem estar relacionadas não apenas ao metabolismo específico da espécie, mas também aos sistemas de alojamento e condições ambientais. Além disso, poucos estudos testaram diferentes níveis de inclusão para o mesmo óleo de forma comparativa, o que dificulta a determinação de níveis ótimos.

7. DISCUSSÃO

A discussão sobre o uso de óleos em dietas avícolas destaca seus benefícios multifacetados, mas também aponta desafios significativos, particularmente em relação à digestão lipídica, variabilidade de resposta, riscos de oxidação e sustentabilidade. A escolha do tipo de óleo, seu nível de inclusão e a espécie avícola são fatores cruciais para o desempenho produtivo (Donaldson et al., 2015; Ravindran et al., 2016; Shoaib et al., 2021). Estudos envolvendo dietas com alto teor de gordura contendo óleos como soja e girassol demonstraram melhorias na taxa de crescimento e eficiência alimentar, especialmente em codornas e frangos de corte (Donaldson et al., 2015; Yaseen et al., 2021), uma vez que esses ingredientes atendem à alta demanda energética dessas aves (Magubane et al., 2013; Abdulla et al., 2015).

De modo geral, a incorporação de subprodutos lipídicos agroindustriais, como óleos residuais de soja, palma e girassol, demonstrou viabilidade produtiva e econômica, além de benefícios ambientais (Bavaresco et al., 2019; Shoaib et al., 2021). Essas estratégias não apenas contribuem para a redução de resíduos, mas também apoiam práticas de produção sustentáveis, reforçando o potencial dos óleos dietéticos na promoção de modelos de economia circular nos sistemas avícolas (Andretta et al., 2021; Oketch et al., 2023). No entanto, a maioria dos estudos revisados carece de avaliações abrangentes do ciclo de vida, quantificações de emissões e análises de custo-benefício, o que limita significativamente a extrapolação desses achados para aplicações em escala comercial (Mousavi et al., 2017; Lai et al., 2021).

Além disso, o uso de óleos alternativos não convencionais, como lipídios derivados de insetos, não foi incluído entre os estudos revisados (Heuel et al., 2022; Kierończyk et al., 2022; Kim et al., 2022; Schäfer et al., 2023). Esses ingredientes emergem como fontes promissoras de ácido láurico, com alta produtividade e baixo impacto ambiental, tornando-os particularmente relevantes para sistemas sustentáveis (Benzertiha et al., 2019; Jimenez-Moya et al., 2021; Patterson et al., 2021; Heuel et al., 2022; Kierończyk et al., 2022; Kim et al., 2022; Schäfer et al., 2023). A ausência desses óleos na base de estudos analisada reforça a necessidade de ampliar o escopo das pesquisas.

Adicionalmente, a perspectiva do uso de nanoformulações lipídicas, embora ainda incipiente e de natureza especulativa, também surge como uma alternativa promissora para melhorar a estabilidade oxidativa, a absorção intestinal e a biodisponibilidade de compostos bioativos (Movahedi et al., 2024). No entanto, os estudos atuais ainda não

incorporaram essas tecnologias em experimentações práticas na avicultura, o que limita suas implicações imediatas (Rajendran et al., 2022; Movahedi et al., 2024).

One of the most notable benefits of oil supplementation lies in its impact on egg quality (Bavaresco et al., 2019; Altaçlı et al., 2022; Gharagozloo et al., 2023). Specific oils, such as linseed and sunflower, consistently improved egg metrics, including shell strength, yolk color, and fatty acid composition (Saleh, 2013; Altaçlı et al., 2022). Linseed oil, for instance, significantly increased n-3 PUFA deposition, aligning with consumer demands for functional eggs enriched with omega-3 fatty acids (Kralik et al., 2020; Gharagozloo et al., 2023). This demonstrates the potential of oil supplementation to enhance the nutritional value of poultry products, contributing to healthier options for consumers (Franczyk-Żarów et al., 2019; Altaçlı et al., 2022).

Melhorias notáveis na qualidade da carne também foram relatadas após a inclusão de óleos específicos na dieta, como óleo de peixe e óleo de semente de romã, que enriqueceram o perfil de ácidos graxos ao aumentar a proporção de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) benéficos e, simultaneamente, reduzir o teor de gordura saturada (Abdulla et al., 2015; Arshad et al., 2013; Banaszkiwicz et al., 2018; Białek et al., 2017). Essas mudanças estão alinhadas com a crescente demanda dos consumidores por produtos animais mais saudáveis e têm implicações para a saúde cardiovascular quando incorporadas à dieta humana. Além disso, óleos como os de cânhamo e linhaça demonstraram efeitos antioxidantes, reduzindo significativamente a peroxidação lipídica na carne de aves (Jing et al., 2017; Mech et al., 2021). Isso é particularmente relevante para a estabilidade pós-abate do produto, uma vez que a deterioração oxidativa compromete o sabor, a vida útil e a aceitação sensorial geral da carne (Dinh et al., 2021). Portanto, a integração desses óleos nas dietas avícolas cumpre uma função dupla: melhorar o valor nutricional e apoiar a qualidade tecnológica e organoléptica, reforçando seu papel em estratégias voltadas tanto para mercados de alimentos funcionais quanto para a satisfação do consumidor (Dinh et al., 2021; Prates, 2025).

Por outro lado, os efeitos imunomoduladores do uso de óleos em dietas avícolas também merecem atenção, com óleos de semente de seringueira e canola demonstrando ação anti-inflamatória em condições de estresse (Liu et al., 2022; Abo Egila et al., 2023). Esse papel duplo – no enriquecimento nutricional e na resistência a doenças – reforça a importância de estratégias nutricionais como ferramenta para aumentar a resiliência produtiva, desde a seleção de óleos como aditivos (Wen et al., 2019; Gharagozloo et al., 2023). Óleos como os de semente de romã e semente de uva mostraram-se particularmente

eficazes na modulação do estresse oxidativo e de marcadores inflamatórios, contribuindo para melhorar a saúde intestinal e a imunidade sistêmica, além de serem altamente eficazes no enriquecimento de tecidos e ovos com ácidos graxos bioativos (Kostogrys et al., 2017; Banaszkiewicz et al., 2018), resultando em perfis lipídicos mais saudáveis em produtos avícolas (Franczyk-Żarów et al., 2019; Altaçlı et al., 2022).

Nesse sentido, um aspecto pouco explorado, mas relevante, diz respeito à própria digestão lipídica. A absorção de ácidos graxos e, conseqüentemente, seus efeitos na qualidade dos ovos e da carne dependem não apenas da estrutura química do óleo, mas também da atividade enzimática e da emulsificação adequada no trato gastrointestinal (Ravindran et al., 2016; Oketch et al., 2023). Embora revisões recentes tenham destacado o papel de emulsificantes exógenos em dietas para frangos de corte (Shahid et al., 2021; Oketch et al., 2023), poucos estudos analisados nesta revisão detalharam os mecanismos digestivos associados aos óleos testados, nem avaliaram sinergias com aditivos como lecitinas ou enzimas lipolíticas (Yi et al., 2014; Tan et al., 2022; Oketch et al., 2023).

Considerando a origem dos estudos analisados, variações regionais nas prioridades de pesquisa foram evidentes, refletindo diferenças nas práticas alimentares locais, disponibilidade de recursos e objetivos de produção. Por exemplo, estudos poloneses concentraram-se principalmente nos óleos de semente de romã e semente de uva, enquanto pesquisas canadenses enfatizaram o uso de óleo de cânhamo. Esses padrões destacam a importância de adaptar a seleção de óleos à disponibilidade regional e às demandas do mercado, garantindo compatibilidade com os sistemas locais de produção e as preferências dos consumidores (Jing et al., 2017; Białek et al., 2018).

Esses estudos revisados também revelaram respostas marcadamente específicas por espécie à suplementação com óleos, enfatizando a importância da nutrição de precisão em estratégias de alimentação avícola. Óleos como os de linhaça e semente de romã apresentaram resultados distintos dependendo da espécie de ave, com efeitos variando desde a melhoria da qualidade dos ovos em codornas até a composição melhorada de ácidos graxos na carne de frangos (Mech et al., 2021; Gharagozloo et al., 2023). Essa divergência é atribuída a diferenças nas taxas metabólicas, fisiologia gastrointestinal e potencial genético para o metabolismo lipídico entre as espécies avícolas (Krishan & Narang, 2014; Pliego et al., 2020; Oketch et al., 2023). Conseqüentemente, as formulações não devem adotar uma abordagem única, mas sim considerar idiosincrasias fisiológicas para otimizar a utilização de nutrientes, respostas imunes e qualidade do produto (Al-Khalaifah & Al-Nasser, 2020; Movahedi et al., 2024).

Além disso, a eficácia da suplementação com óleos está intimamente ligada aos níveis de inclusão, com a maioria dos efeitos benéficos observados entre 2% e 4%, especialmente para óleos ricos em PUFA (Jing et al., 2017; Kralik et al., 2020; Mech et al., 2021; Altaçlı et al., 2022; Abo Egila et al., 2023; Gharagozloo et al., 2023). Taxas de inclusão mais altas, particularmente acima de 8%, foram associadas a maior suscetibilidade à oxidação lipídica, deterioração da estabilidade da ração e redução da palatabilidade, potencialmente comprometendo o consumo e o desempenho (Ravindran et al., 2016; Shoaib et al., 2021). No entanto, uma limitação crítica é a escassez de estudos dose-resposta que avaliem sistematicamente múltiplos níveis de inclusão entre espécies e tipos de óleos.

Também é importante mencionar que óleos ricos em PUFA, como os de linhaça, peixe e cânhamo, são altamente suscetíveis à oxidação, o que pode comprometer a integridade tecidual e reduzir a eficiência alimentar (Wickramasuriya et al., 2022; Lai et al., 2021). Embora alguns estudos tenham indicado benefícios com o uso de antioxidantes naturais (Mousavi et al., 2017; Mech et al., 2021), estratégias sistemáticas para prevenir a oxidação – como encapsulação lipídica, uso de antioxidantes sintéticos ou armazenamento em atmosfera modificada – raramente foram abordadas. A ausência de tais controles pode explicar os resultados conflitantes observados em níveis mais altos de inclusão lipídica (Donaldson et al., 2015; Brelaz et al., 2021).

Essas variações não se limitam ao tipo de óleo e à espécie; estendem-se significativamente aos sistemas de produção nos quais as aves são criadas. Sistemas alternativos, particularmente os baseados em modelos free-range, pastoreio ou semi-intensivos, demonstraram resultados superiores em termos de utilização de óleos e incorporação de compostos bioativos em ovos e carne (Laudadio et al., 2015; Jing et al., 2017). Aves criadas nesses sistemas tendem a exibir maior flexibilidade metabólica, metabolismo lipídico mais eficiente e capacidade antioxidante aprimorada, fatores que contribuem para melhor assimilação de PUFA e expressão de efeitos fisiológicos benéficos provenientes dos óleos dietéticos (Seidavi et al., 2022; Palomar et al., 2023).

Esse melhor desempenho provavelmente está associado a maiores níveis de atividade física, menor estresse crônico e maior exposição à luz natural, fatores que modulam vias metabólicas e regulação hormonal, especialmente em relação à digestão lipídica e competência imune (Laudadio et al., 2015; Jing et al., 2017; Liu et al., 2022; Abo Egila et al., 2023). Além disso, a composição da microbiota intestinal em aves criadas soltas tende a ser mais diversificada, potencialmente melhorando a absorção de nutrientes e reduzindo

respostas inflamatórias que podem interferir na assimilação lipídica (Magubane et al., 2013; Abo Egila et al., 2023).

Em contraste, sistemas convencionais de confinamento podem limitar a expressão total desses benefícios devido à mobilidade restrita, estresse basal elevado e monotonia de estímulos ambientais, o que pode prejudicar tanto a eficiência da digestão lipídica quanto a deposição hepática de ácidos graxos bioativos (Magubane et al., 2013; Abo Egila et al., 2023). Aves nesses ambientes também podem ser mais suscetíveis ao estresse oxidativo, tornando-as menos responsivas a melhorias dietéticas, a menos que estratégias de mitigação, como suplementação antioxidante, sejam implementadas (Mousavi et al., 2017; Mech et al., 2021). Além disso, limitações metabólicas em sistemas intensivos podem restringir a conversão e deposição tecidual de ácidos graxos essenciais, como EPA e DHA, mesmo com suprimento dietético adequado (Batkowska et al., 2021; Kralik et al., 2021).

E por fim, pesquisas futuras devem focar em formulações avançadas, como óleos nanoemulsionados, para melhorar a biodisponibilidade e estabilidade. Essas inovações podem superar as limitações atuais, incluindo oxidação e eficácia inconsistente entre espécies, abrindo caminho para um uso mais eficiente e sustentável de óleos em dietas avícolas. Os resultados reafirmam o papel significativo dos óleos na melhoria da produção avícola e da qualidade dos produtos, destacando a necessidade de uma consideração cuidadosa quanto ao tipo de óleo, níveis de inclusão e sistemas de produção. Ao adotar estratégias sustentáveis e inovadoras, a indústria avícola pode atender às demandas em evolução por produtos funcionais e de alta qualidade, promovendo ao mesmo tempo a sustentabilidade econômica e ambiental.

8. CONCLUSÃO

Esta revisão sistemática demonstra que os óleos dietéticos, quando selecionados estrategicamente e dosados adequadamente, desempenham um papel multifacetado na produção avícola, melhorando o desempenho de crescimento, a qualidade da carne e dos ovos e o perfil nutricional dos produtos finais. A análise atualizada incorporou uma variedade mais ampla de fontes de óleos, incluindo opções emergentes, como lipídios derivados de insetos e subprodutos agroindustriais, reforçando sua relevância para práticas de economia circular e estratégias sustentáveis de alimentação. Aspectos fisiológicos-chave, como os mecanismos de digestão de lipídios e o papel de emulsificantes e aditivos, foram explorados de forma crítica, destacando sua importância para otimizar a utilização de óleos em diferentes espécies avícolas.

Os desafios relacionados à oxidação lipídica, limites de inclusão e respostas específicas por espécie foram abordados por meio de uma interpretação integrada das evidências atuais, enfatizando a complexa interação entre o tipo de óleo, o sistema de produção e o metabolismo animal. Inconsistências entre os estudos foram contextualizadas, e direções futuras, como nanoformulações, foram discutidas à luz de seu potencial tecnológico e das limitações experimentais atuais.

Tabela 1. Aspectos influenciados e principais descobertas do uso de diferentes óleos em dietas de aves.

Country	Species	Production system	Ability	Oil	The aspect most influenced by the use of oil in the diet	Reference
South Africa	Quail	Housing	Meat	Coconut, lard, palm, soybean and sunflower	Blood parameters	Donaldson et al. (2015)
	Quail	Housing	Meat	Canola	Blood parameters, liver, and breast and drumstick meat	Magubane et al. (2013)
Algeria	Quail	Housing	Egg	Sunflower	Egg quality	Mohamed et al. (2024)
Saudi Arabia	Quail	Housing	Egg	Linseed and canola	Egg quality and blood parameters	Egila et al. (2023)
Australia	Chicken	Housing	Meat	Canola	Heart and gizzard	Gregory et al. (2014)
	Chicken	Housing	Egg	Macadamia, canola and flaxseed	Egg quality	Kartikasari et al. (2024)
Austria	Chicken	Housing	Egg	Rapeseed and sunflower	Digestibility	Wanzenböck et al. (2018)
Belgium	Chicken	Housing	Egg	Flaxseed and <i>Riciodendron heudelotii</i> and <i>Punica granatum</i> seed oil	Egg quality	Njembe et al. (2021)
Brazil	Quail	Housing	Egg	Soybean	Egg quality	Bavaresco et al. (2019)
	Chicken	Housing	Egg	Linseed, canola and soybean	Egg quality	Faitarone et al. (2016)
Canada	Chicken	Free-range	Meat and Egg	Hemp	Egg and meat quality	Jing et al. (2017)
	Chicken	Housing	Egg	Hemp	Egg quality, liver and blood parameters	Neijat et al. (2016)
	Chicken	Housing	Meat	Soybean	Breast and drumstick meat	Lai et al. (2021)

China	Chicken	Housing	Egg	Rubber (<i>Hevea brasiliensis</i>) seed oil	Egg quality, blood parameters, liver and ileum	Liu et al. (2022)
	Chicken	Housing	Egg	Soybean	Egg quality and liver	Zhang et al. (2021)
	Chicken	Housing	Meat	Linseed and palm	Blood parameters, digestibility and tibia bone	Zhong et al. (2014)
	Chicken	Housing	Egg	Rubber (<i>Hevea brasiliensis</i>) seed oil	Egg quality	Wen et al. (2019)
Croatia	Chicken	Housing	Meat	Linseed and sunflower	Breast meat	Mašek et al. (2014)
	Chicken	Housing	Egg	Flaxseed, rapeseed and fish oil	Egg quality	Kralik et al. (2020)
Egypt	Chicken	Housing	Egg	Fish oil	Egg quality	Saleh (2013)
India	Chicken	Housing	Meat	Linseed	Breast and blood parameters	Mech et al. (2021)
Iran	Chicken	Housing	Egg	Pomegranate seed oil	Egg quality and blood parameters	Gharagozloo et al. (2023)
Iraq	Chicken	Housing	Meat	Soybean	Meat quality and composition	Qasim et al. (2017)
Italy	Chicken	Free-range	Egg	Extra-virgin olive oil	Egg quality and blood parameters	Laudadio et al. (2015)
Malaysia	Chicken	Housing	Meat	Palm, soybean and linseed	Breast meat	Abdulla et al. (2015)
Pakistan	Chicken	Housing	Meat	Sunflower	Meat quality, blood parameters and intestine structure	Yaseen et al. (2021)
	Chicken	Housing	Meat	Canola, palm, fish and poultry	Digestibility and performance	Shoaib et al. (2021)
	Chicken	Housing	Meat	Wheat germ oil	Blood parameters, and breast and drumstick meat	Arshad et al. (2013)
Peru	Chicken	Housing	Meat	Quinoa and fish	Liver and jejunum structure	Zorrilla et al. (2023)
Poland	Chicken	Housing	Meat	Pomegranate seed oil	Abdominal fat, liver and heart	Białek et al. (2021)

	Chicken	Housing	Meat	Pomegranate seed oil and grapeseed oil	Liver	Bialek et al. (2017)
	Chicken	Housing	Egg	Pomegranate seed oil	Egg quality	Kostogrys et al. (2017)
	Chicken	Housing	Meat	Soybean, palm, rapeseed and coconut	Crop, ileum and cecum structures	Józefiak et al. (2014)
	Chicken	Housing	Egg	Camelina oil	Egg quality	Orczewska-Dudek et al. (2020)
	Chicken	Housing	Meat	Pomegranate seed oil and grapeseed oil	Breast and drumstick meat	Banaszkiewicz et al. (2018)
	Chicken	Housing	Meat	Pomegranate seed oil and linseed oil	Blood parameters, liver and abdominal fat	Manterys et al. (2016)
	Chicken	Housing	Egg	Olive and rapeseed	Egg quality	Franczyk-Żarów et al. (2019)
	Chicken	Housing	Meat	Pomegranate seed oil and grapeseed oil	Abdominal fat, liver, heart, and breast and drumstick meat	Białek et al. (2018)
Turkey	Chicken	Housing	Egg	Flaxseed and Sunflower	Egg quality	Altaçlı et al. (2022)

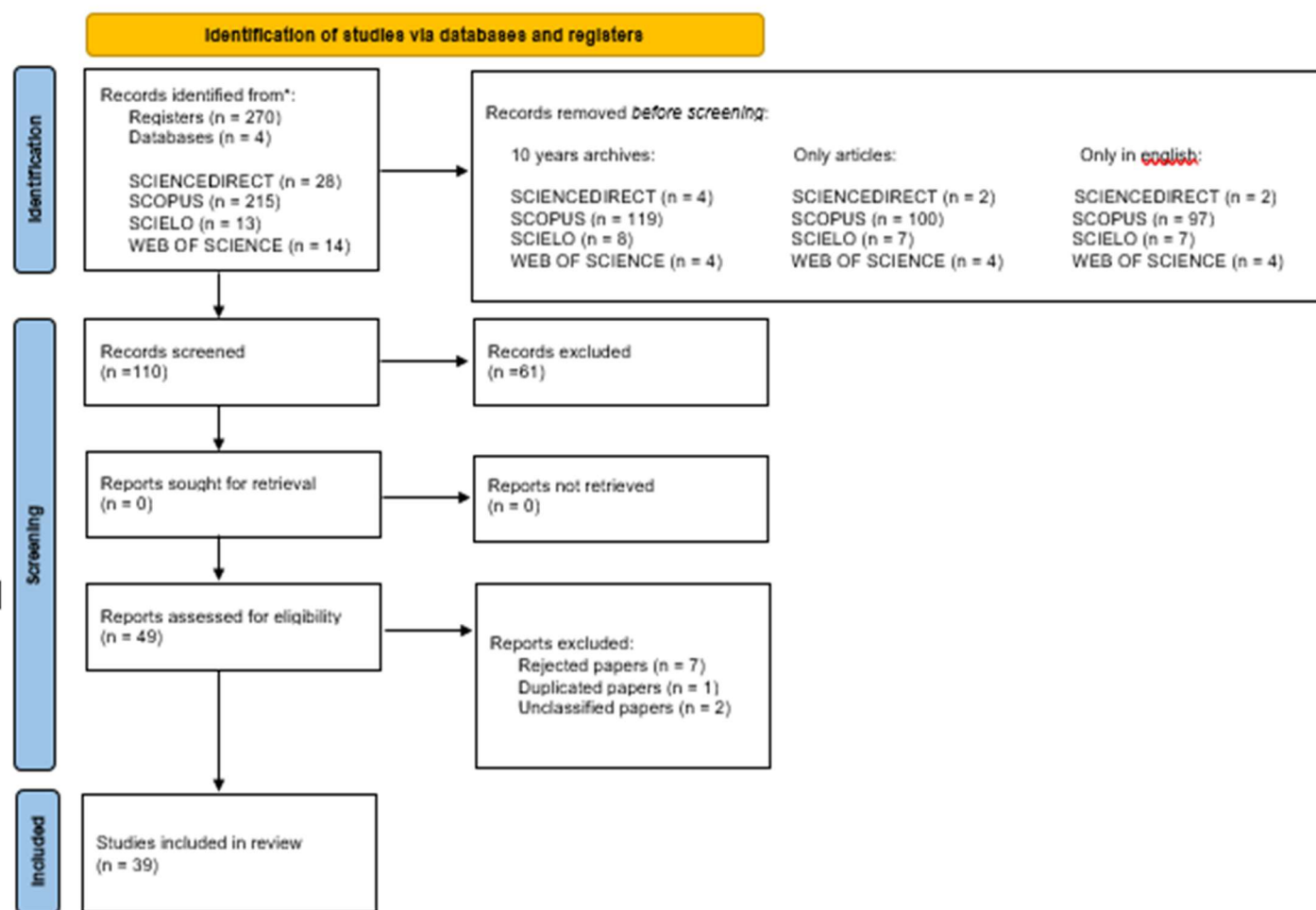


Figura 1. Prisma ilustra o fluxo do processo de seleção.

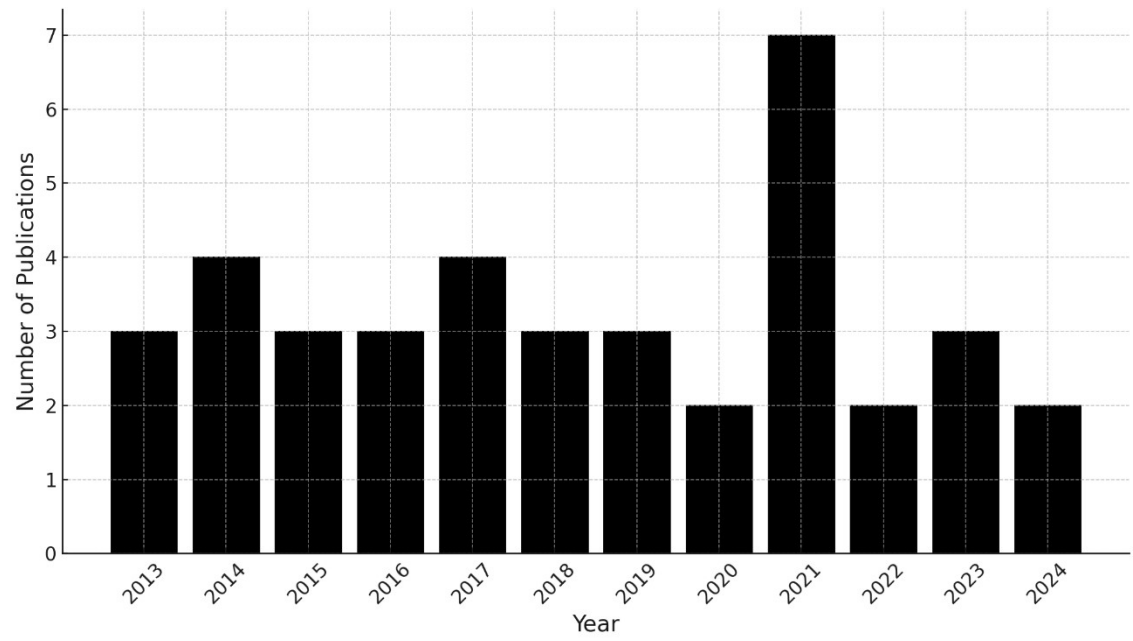


Figura 3. Distribuição temporal das publicações no período avaliado (2013-2024).

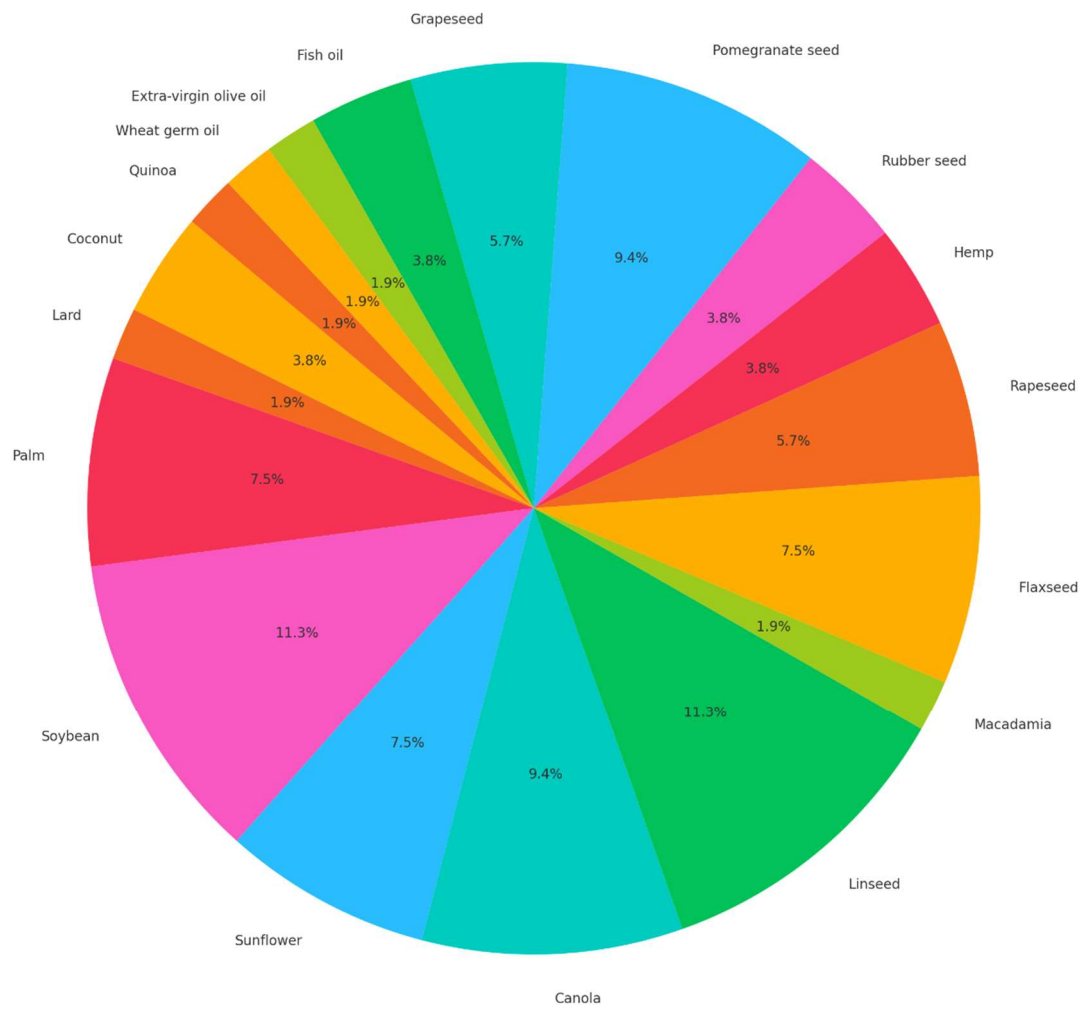


Figura 4. Gráfico circular mostrando a distribuição dos tipos de óleo usados em estudos avícolas com base na Tabela 1.

CAPITULO 2: Digestibilidade e fisiologia de poedeiras alimentadas com dietas contendo óleo de resíduo de tambaqui

Os resultados deste capítulo foram submetidos na forma de artigo científico para o periódico *Tropical Animal and Health Production*. O texto encontra-se formatado conforme as normas da revista.

9. INTRODUÇÃO

A busca por fontes alternativas de nutrientes na alimentação animal tem ganhado destaque, impulsionada pela necessidade de sustentabilidade e redução de custos na produção avícola. Nesse contexto, os resíduos da cadeia produtiva do pescado, como o óleo extraído das vísceras de tambaqui (*Colossoma macropomum*), emergem como uma opção promissora devido ao seu elevado teor de ácidos graxos insaturados e potencial energético. A utilização desse subproduto não apenas agrega valor a um resíduo que seria descartado, mas também contribui para a economia circular na aquicultura e na avicultura.

Estudos prévios, como os de Crexi et al. (2009), já demonstraram a viabilidade técnica da extração e utilização de óleos de peixe em rações animais. No entanto, é essencial avaliar os efeitos desses ingredientes sobre parâmetros produtivos, metabólicos e fisiológicos das aves, especialmente em poedeiras comerciais, cuja demanda nutricional é crítica para a manutenção da produção e qualidade dos ovos. Além disso, a inclusão de lipídios de origem animal pode influenciar marcadores hematológicos, imunológicos e bioquímicos, refletindo possíveis adaptações ou estresses metabólicos.

Diante disso, este estudo teve como objetivos: (1) determinar o valor energético do óleo de resíduo de tambaqui por meio de ensaios de digestibilidade; (2) avaliar o impacto de diferentes níveis de inclusão desse óleo (0%, 1,5%, 3% e 4,5%) na dieta de poedeiras comerciais sobre parâmetros hematológicos, bioquímicos e imunológicos; e (3) discutir as implicações desses resultados para a nutrição avícola sustentável. Os achados podem subsidiar estratégias de formulação de rações que equilibrem desempenho, saúde animal e aproveitamento de recursos subutilizados, alinhando-se às demandas por eficiência e sustentabilidade na produção animal.

10. MATERIAL E MÉTODOS

10.1. Local de desenvolvimento do estudo

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), situada no Setor Sul do Campus Universitário, Manaus, Amazonas, Brasil. Este projeto está aprovado na Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Amazonas sob o número 23105.024246/2024-80.

10.2. Aquisição e caracterização do óleo do resíduo do tambaqui

O óleo do resíduo de tambaqui foi obtido no Laboratório de Nutrição Animal do Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia (ICSEZ) da Universidade Federal do Amazonas, localizado no município de Parintins-AM (Figuras 1 e 2) seguindo a metodologia utilizada no trabalho de Crexi et al. (2009). As vísceras de tambaqui foram obtidas das feiras de peixes comerciais do município de Parintins, e em seguida transportadas em recipientes plásticos, sendo imediatamente congeladas ao chegar no laboratório. Para iniciar o processo de extração do óleo de peixe, as vísceras foram descongeladas à temperatura ambiente e posteriormente picadas em um moedor de carne. A matéria-prima picada foi cozida a uma temperatura de 95-100°C por 30 minutos. Após o cozimento, a mistura foi peneirada em uma peneira Tyler nº 14 para remover as impurezas. As frações foram separadas por centrifugação, e as frações de óleo foram separadas e armazenadas em frascos âmbar a (-20°C) para análises posteriores.



Figura 1. Instituto de Ciências Sociais, **Figura 2.** Laboratório de Nutrição Animal do Educação e Zootecnia (ICSEZ). Fonte: ICSEZ. Fonte: Arquivo pessoal. Arquivo pessoal.

Uma amostra do óleo de resíduo de tambaqui foi armazenada em recipiente hermeticamente fechado, devidamente identificado, e encaminhada ao laboratório comercial de análise de alimentos CBO[®] (Campinas, SP, Brasil) para determinação das proporções de ácidos graxos. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

10.3. Ensaio de digestibilidade

Foi realizado um ensaio de digestibilidade preliminar com período de 10 dias, incluindo sete dias para adaptação das aves às dietas e instalações e três dias de coleta de excretas seguindo os métodos propostos por Sakomura e Rostagno (2016), para o método de coleta total de excretas. 72 poedeiras comerciais Hisex Brown com 40 semanas de idade foram alojadas em 12 gaiolas (1,0 x 0,45 x 0,45 m). As aves foram pesadas para padronizar as parcelas. O desenho experimental foi completamente ao acaso. Foi utilizada uma dieta referência à base de milho e farelo de soja e uma dieta experimental com inclusão 3,5% de óleo do resíduo do tambaqui em relação a ração referência. No arranjo experimental, foram utilizadas seis repetições de seis aves cada. A ração referência foi formulada através do programa computacional Supercrac (TD Software[®], Viçosa, Brasil) de acordo com as recomendações nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2024).

Sob cada gaiola foram colocadas bandejas revestidas com plástico para coleta das excretas. Para identificar as excretas provenientes das dietas em avaliação. Foram realizadas duas coletas por dia (início da manhã e final da tarde) com o cuidado de eliminar penas, resíduos de ração e outras possíveis fontes de contaminação das bandejas. As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificados por repetição e congeladas em freezer (-4 °C). Após o descongelamento em temperatura ambiente, as excretas foram pesadas e homogeneizadas, secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e moídas em moinho.

Das dietas e excretas foram analisados os conteúdos de matéria seca, proteína bruta, lipídios, fibra bruta e energia bruta de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2019). Os valores provenientes dessas determinações foram utilizados para os cálculos dos coeficientes de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) do óleo do resíduo de tambaqui por meio das seguintes equações descritas por Matterson et al. (1965).

10.4. Instalações, aves, dietas e desenho experimental

O aviário utilizado apresenta 17 metros de comprimento, 3,5 metros de largura e altura de teto de 3,25 m, com adaptações estruturais para melhor bem-estar das aves. A temperatura e a umidade relativa foram monitoradas usando um termohigrômetro digital. Durante todo o período experimental, as poedeiras também foram monitoradas quanto aos sinais de estresse térmico causado pelo ambiente.

O período experimental se deu em 63 dias, dividido em três períodos de 21 dias cada. Foram utilizadas 144 poedeiras comerciais da linhagem Hisex Brown com aproximadamente 65 semanas de idade, previamente submetidas a um período de adaptação de sete dias às dietas e instalações. As aves foram pesadas no início do período experimental para padronizar as parcelas, sendo alojadas em gaiolas de arame galvanizado (0,45 metros de altura, 0,40 metros de largura e 1,00 metro de comprimento), acomodando 6 aves cada, suspensas em uma única linha, com comedouros tipo calha e bebedouros tipo nipple. As aves receberam 16 horas de luz por dia (12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial) durante todo o período experimental. A coleta de ovos foi realizada em duas vezes ao dia (9 h e 15 h), com registro de cada ocorrência diária (mortalidade, nº de ovos, entre outros).

As poedeiras foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos de seis repetições com seis aves cada. Os tratamentos consistiram de dietas com diferentes inclusões de óleo do resíduo de tambaqui (0, 1,5, 3 e 4,5%). As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas para atender aos requisitos nutricionais das poedeiras através do programa computacional Supercrac (TD Software®, Viçosa, Brasil) utilizando os valores de referência descritos por Rostagno et al. (2024) e os valores obtidos para a composição do óleo do resíduo do tambaqui previamente.

Tabela 1. Dietas experimentais com níveis crescentes de óleo de resíduo de tambaqui.

Ingredientes	Níveis de óleo de resíduo de tambaqui (%)			
	0	1,50	3,00	4,50
Milho grão (7,88%)	66,67	62,22	58,06	53,97
Farelo de soja (46%)	20,98	23,99	26,51	28,79
Óleo de resíduo de tambaqui	0,00	1,50	3,00x	4,50
Calcário calcítico	9,64	9,63	9,37	9,36
Fosfato Bicálcico	1,66	1,65	2,03	2,34
Suplemento vitamínico-mineral*	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40
DL-Metionina	0,15	0,13	0,13	0,13
Total (em kg)	100,00	100,00	100,00	100,00

	Níveis nutricionais			
	2.950,00	2.950,00	2.950,00	2.950,00
Energia Metabolizável, kcal/kg	2.950,00	2.950,00	2.950,00	2.950,00
Proteína bruta, %	16,50	16,50	16,50	16,50
Cálcio, %	4,20	4,20	4,20	4,20
Fósforo disponível, %	0,47	0,47	0,47	0,47
Fibra bruta, %	2,54	2,63	2,72	2,76
Metionina + Cistina total, %	0,66	0,66	0,68	0,70
Metionina total, %	0,40	0,39	0,40	0,41
Lisina total, %	0,75	0,82	0,88	0,94
Treonina total, %	0,59	0,63	0,66	0,69
Triptofano total, %	0,18	0,19	0,21	0,22
Sódio, %	0,19	0,19	0,19	0,19
Preço, R\$/kg	2,64	2,76	2,89	3,01

* Níveis de garantia por quilograma do produto: Vitamina A 2.000.000 UI, Vitamina D3 400.000 UI, Vitamina E 2.400 mg, Vitamina K3 400 mg, Vitamina B1 100 mg, Vitamina B2 760 mg, Vitamina B6 100 mg, Vitamina B12 2.400 mcg, Niacina 5.000 mg, Pantotenato de Cálcio 2.000 mg, Ácido Fólico 50 mg, Coccidiostático 12.000 mg, Colina 50.000 mg, Cobre 1.200 mg, Ferro 6.000 mg, Manganês 14.000 mg, Zinco 10.000 mg, Iodo 100 mg, Selênio 40 mg. Veículo q.s.p. 1.000 g.

10.5. Análises de série vermelha (hematológicas) e série branca (imunológicas)

Foram selecionadas seis aves por tratamento para coleta de sangue e análise de parâmetros hematológicos e bioquímicos plasmáticos. Um mililitro de sangue foi coletado das aves diretamente da veia ulnar, utilizando seringas descartáveis contendo anticoagulante heparina (5.000 UI por amostra). Essas amostras serão imediatamente centrifugadas a 7.000 rpm por 10 minutos para separação das hemácias para avaliação dos parâmetros hematológicos e o plasma será utilizado para análise dos parâmetros bioquímicos plasmáticos.

As amostras serão identificadas e preservadas a -4 °C durante todo o processo para serem enviadas ao laboratório. Na análise dos parâmetros hematológicos, o sangue coletado foi utilizado para contagem de eritrócitos circulantes (M/mm³) em câmara de Neubauer após diluição em citrato-formaldeído e azul de toluidina e visualizado em microscópio óptico (Nikon Eclipse E-50i, DM3000, Tóquio, Japão) com lente objetiva de 40x. A concentração de hemoglobina (g/dL) será determinada pelo método da cianometemoglobina, enquanto o hematócrito (%) pelo método do microhematócrito (Goldenfarb et al., 1971), com centrifugação de tubos microcapilares heparinizados a 12.000 rpm por 5 minutos (Aride et al., 2018). Por meio dessas análises, foram calculados

o volume corpuscular médio (VCM, μm^3), a hemoglobina corpuscular média (HCM, pg/célula) e a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM, g/dL) de acordo com Buttarello e Plebani (2008).

A diferenciação leucocitária foi realizada em microscópio óptico (Nikon Eclipse E-50i, DM3000, Tóquio, Japão) com lente objetiva de imersão em óleo de 100x. Um total de 100 leucócitos por esfregaço foram contados e classificados em heterófilos, eosinófilos, basófilos, linfócitos típicos, linfócitos atípicos e monócitos de acordo com Buttarello e Plebani (2008).

10.6. Parâmetros bioquímicos plasmáticos

Na análise dos parâmetros bioquímicos plasmáticos, as demais amostras de plasma após centrifugação foram submetidas a kits comerciais de ensaios enzimático-colorimétricos conforme recomendações específicas do fabricante, e as leituras serão realizadas em espectrofotômetro de massas (modelo K37-UVVIS, Kasvi©, São José dos Pinhais, Brasil) em um comprimento de onda específico para cada ensaio. Os parâmetros bioquímicos analisados foram as concentrações de proteínas totais, triglicerídeos, glicose, colesterol e albumina.

10.7. Análise estatística

O modelo estatístico adotado será o seguinte:

$$Y_{ik} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ik}$$

onde:

Y_{ik} = Valor observado para a variável em estudo

μ = Média geral do experimento;

α_i = Efeito dos níveis de óleo do resíduo do tabaqui;

ϵ_{ik} = Erro experimental.

Todos os dados serão analisados por ANOVA one-way usando o software R (2021). Todos os comandos serão executados de acordo com os comandos de Logan (2010).

Os resultados das variáveis serão submetidos à análise de regressão polinomial para analisar a influência da variável independente sobre as variáveis dependentes (Chatterjee, 2006; Logan, 2010). O modelo matemático, linear ($Y = a + bx$) ou quadrático ($Y = c + bx + ax^2$), será escolhido de acordo com a influência de cada variável independente sobre a variável dependente analisada (Dormann et al., 2013). Valores de R^2 também serão

considerados como um fator para indicar o melhor modelo (Chatterjee, 2006; Dormann et al., 2013).

11. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do ensaio de digestibilidade preliminar conduzido com o objetivo de determinar o valor energético do óleo do resíduo de tambaqui, obteve-se um valor de 8.345,38 kcal/kg de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn). Este resultado evidencia o elevado potencial energético do óleo extraído dos resíduos do processamento do tambaqui, tornando-o uma fonte lipídica viável para formulações de dietas de poedeiras comerciais (Borghesi et al., 2017). O valor obtido encontra-se dentro da faixa relatada por outros estudos que avaliaram óleos de origem animal, destacando-se frente a algumas fontes vegetais em termos de densidade energética (Freitas, 2021). A elevada concentração de ácidos graxos, em especial os mono e poli-insaturados presentes neste óleo pode ter contribuído significativamente para o alto valor energético observado (Freitas, 2021).

A utilização desse valor na formulação das dietas experimentais permitiu uma estimativa mais precisa da contribuição energética do ingrediente, o que é essencial para assegurar o desempenho adequado das aves (Junqueira, et al. 2005). Além disso, a caracterização do óleo como ingrediente funcional reforça a importância de estudos voltados ao aproveitamento de resíduos da cadeia produtiva do pescado, promovendo alternativas sustentáveis e de menor custo para a nutrição animal (Feltes, et al. 2010). Os dados obtidos corroboram com autores como Crexi et al. (2009) e Feltes, et al. (2010), que destacam a viabilidade do uso de óleos residuais na alimentação animal, desde que devidamente caracterizados e inseridos em formulações nutricionalmente balanceadas.

A inclusão de óleo de resíduo de tambaqui na dieta das poedeiras comerciais demonstrou ter efeitos significativos sobre diversos parâmetros hematológicos, bioquímicos e imunológicos, conforme evidenciado pelos resultados deste estudo. Nos parâmetros hematológicos avaliados (Tabela 2), a análise dos dados revelou que a concentração de hemoglobina e o hematócrito apresentaram variações significativas ($p \leq 0,05$), com uma redução inicial seguida de um aumento em níveis mais elevados de inclusão de óleo de resíduo de tambaqui.

Esse padrão sugere que, embora a adição inicial de óleo de resíduo de tambaqui possa ter um efeito redutor sobre esses parâmetros, níveis mais altos de inclusão parecem estimular uma resposta compensatória, possivelmente relacionada a ajustes no

metabolismo das aves (Cherian, 2015). Estudos recentes, como o de Alagawany et al. (2021) e Brelaz (2021), corroboram esses achados, destacando que os ácidos graxos ômega-3 presentes no óleo de resíduo de tabaqui podem modular a síntese de hemoglobina e o metabolismo do ferro, influenciando diretamente esses parâmetros hematológicos.

A contagem de eritrócitos, por outro lado, diminuiu linearmente ($p \leq 0,05$) com o aumento da inclusão de óleo de resíduo de tabaqui, indicando uma possível redução na produção ou na sobrevivência dessas células. Em contraste, o volume corpuscular médio (VCM) aumentou de forma quadrática ($p \leq 0,05$), sugerindo que as células vermelhas restantes podem ter se tornado maiores, talvez como um mecanismo de adaptação para manter a capacidade de transporte de oxigênio (Melillo, 2013).

Entretanto, a hemoglobina corpuscular média (HCM) e a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) diminuíram significativamente ($p \leq 0,05$) com o aumento da inclusão de óleo de resíduo de tabaqui, o que pode indicar uma redução na eficiência da síntese de hemoglobina ou na disponibilidade de ferro para as células vermelhas (Andrews, 1999). Attia et al. (2020) observaram que a suplementação com óleo de peixe pode afetar a morfologia e a função dos eritrócitos, resultando em alterações no VCM e na HCM, o que está em consonância com os resultados deste estudo.

Tabela 2. Parâmetros hematológicos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tambaqui.

Variáveis ¹	Níveis de óleo de resíduo de tambaqui, %				p-valor ²	CV ³ , %	Modelo ⁴	R ²
	0	1,5	3,0	4,5				
Hemoglobina, g/dL	13,20	10,36	10,47	11,53	0,05	10,66	$Y = 13,1 - 2,2767x + 0,4333x^2$	0,96
Eritrócitos RBC, M/mm ³	2,81	1,89	1,69	1,09	<0,01	17,71	$Y = 2,674 - 0,3573x$	0,94
Hematócrito, %	32,16	29,83	29,90	34,33	0,05	11,84	$Y = 32,258 - 2,9413x + 0,7511x^2$	0,98
VCM, um ³	24,60	51,99	41,31	41,50	0,05	18,77	$Y = 27,047 + 16,268x - 3,0222x^2$	0,78
HCM, pg/cel	20,08	17,05	13,26	9,99	0,05	17,46	$Y = 20,204 - 2,2707x$	0,99
CHCM, g/dL	13,19	4,44	3,27	3,16	0,05	11,56	$Y = 12,864 - 6,404x + 0,96x^2$	0,97

¹VCM = Volume Corpuscular Médio. HCM = Hemoglobina Corpuscular Média. CHCM = Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média.

²Os tratamentos com médias na linha diferem ou não entre o teste de Tukey a 5%.

³CV - Coeficiente de variação.

⁴Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente.

Além dos parâmetros hematológicos, a inclusão de óleo de resíduo de tambaqui também impactou significativamente vários parâmetros bioquímicos plasmáticos (Tabela 3). Os níveis de proteína total e albumina diminuíram linearmente ($p \leq 0,05$) com o aumento da inclusão de óleo de resíduo de tambaqui, atingindo os valores mais baixos em aves que consumiram dietas contendo 4,5% de óleo de resíduo de tambaqui. Essa redução pode estar relacionada a uma interferência na síntese de proteínas ou na disponibilidade de aminoácidos, possivelmente devido à competição por recursos metabólicos ou a alterações na absorção de nutrientes (Diaz et al. 2018).

Por outro lado, os níveis de colesterol sérico aumentaram linearmente ($p \leq 0,05$) com a inclusão de óleo de resíduo de tambaqui, o que pode ser atribuído ao próprio perfil lipídico do óleo de resíduo de tambaqui, rico em ácidos graxos monoinsaturados. Esse aumento no colesterol pode refletir uma maior disponibilidade de lipídios para a síntese de hormônios esteroides ou para a formação de membranas celulares (Diaz et al. 2018). Nesse aspecto, Zhang et al. (2022) demonstraram que a inclusão de óleo de peixe em dietas para aves pode reduzir os níveis de proteína total e albumina, enquanto El-Katcha et al. (2021) observaram que o aumento do colesterol sérico está associado ao alto teor de ácidos graxos monoinsaturados presentes no óleo de peixe.

É importante também relatar que houve uma redução significativa ($p \leq 0,05$) nos níveis de triglicerídeos plasmáticos, que caíram de 39,07 mg/dL para 19,58 mg/dL na dieta com o maior nível de inclusão de óleo de resíduo de tambaqui. Esse resultado pode sugerir que os lipídios podem ter sido redirecionados para outros processos metabólicos, como a produção de energia ou a síntese de outras moléculas lipídicas (Moon, 2018).

A glicose sérica, por sua vez, seguiu uma tendência quadrática ($p \leq 0,05$), aumentando inicialmente na dieta com 1,5% de ORT (239,29 mg/dL) e diminuindo em níveis mais altos de inclusão (198,16 mg/dL com 4,5% de ORT). Esse padrão pode refletir ajustes no metabolismo energético das aves em resposta à inclusão de óleo de resíduo de tambaqui, com uma possível otimização da utilização de glicose em níveis moderados. Nesse aspecto, Surai et al. (2021) relataram que a suplementação com óleo de peixe pode reduzir os níveis de triglicerídeos plasmáticos em aves, enquanto Khan et al. (2020) sugeriram que a modulação da glicose sérica em resposta ao óleo de peixe pode estar relacionada a mudanças na sensibilidade à insulina e no metabolismo energético.

Tabela 3. Parâmetros bioquímicos plasmáticos de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui.

Variáveis	Níveis de óleo de resíduo de tabaqui, %				p-valor ¹	CV ² , %	Modelo ³	R ²
	0	1,5	3,0	4,5				
Proteínas totais, g/dL	1,87	0,53	0,60	0,59	0,05	14,91	$Y = 1,463 - 0,2513x$	0,76
Triglicerídeos, mg/dL	39,07	38,20	23,82	19,58	0,05	20,37	$Y = 41,095 - 4,8567x$	0,90
Glicose, mg/dL	214,72	239,29	211,51	198,16	0,05	12,75	$Y = 218,06 + 13,796x - 4,2133x^2$	0,74
Colesterol, mg/dL	28,71	28,82	37,66	78,64	0,05	17,31	$Y = 19,663 + 10,575x$	0,74
Albumina, g/dL	3,49	3,19	2,49	2,39	0,05	18,61	$Y = 3,49 - 0,2667x$	0,93

¹Tratamentos com médias na mesma linha apresentam diferenças significativas quando $p \leq 0,05$.

²CV - Coeficiente de variação.

³Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente.

No que tange os parâmetros imunológicos (Tabela 4), a inclusão de óleo de resíduo de tabaqui também apresentou efeitos significativos, indicando possíveis efeitos imunomodulatórios. A porcentagem de heterófilos diminuiu ($p \leq 0,05$) nas aves alimentadas com dietas contendo 1,5% e 3,0% de óleo de resíduo de tabaqui, mas aumentou novamente naquelas que consumiram dietas contendo 4,5% de óleo de resíduo de tabaqui. Essa variação pode estar relacionada a ajustes na resposta inflamatória das aves, com níveis moderados de óleo de resíduo de tabaqui exercendo um efeito supressor sobre a inflamação, enquanto níveis mais altos podem reverter esse efeito (Alagawany, et al. 2021).

Os eosinófilos, por sua vez, diminuíram linearmente ($p \leq 0,05$) com o aumento da inclusão de óleo de resíduo de tabaqui ($p \leq 0,05$), sugerindo uma possível redução na resposta imune a agentes parasitários e alérgenos (Klasing, 2007). Essa redução pode ser benéfica em contextos onde a resposta imune excessiva é prejudicial, mas também pode indicar uma supressão indesejada da imunidade (Kogut; Klasing, 2009). Nesse contexto, Abd El-Hack et al. (2022) observaram que a inclusão de óleo de peixe em dietas para aves pode modular a resposta inflamatória, reduzindo as porcentagens de heterófilos e eosinófilos, o que está alinhado com os resultados encontrados neste estudo.

Os linfócitos típicos seguiram um padrão quadrático ($p \leq 0,05$), aumentando em aves que consumiram dietas com 1,5% de óleo de resíduo de tabaqui e diminuindo naquelas que consumiram dietas com os níveis mais altos de inclusão de óleo de resíduo de tabaqui. Esse comportamento pode indicar uma regulação da resposta imune adaptativa (Klasing, 2007), com níveis moderados de óleo de resíduo de tabaqui estimulando a proliferação de linfócitos, enquanto níveis mais altos podem comprometer essa resposta. Por fim, as porcentagens de basófilos e monócitos não foram significativamente afetadas pelos tratamentos ($p > 0,05$), sugerindo que a inclusão de óleo de resíduo de tabaqui não alterou marcadamente esses componentes celulares da resposta imune.

Tabela 4. Contagem diferencial de leucócitos (série branca) de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tambaqui.

Variáveis	Níveis de óleo de resíduo de tambaqui, %				p-valor ¹	CV ² , %	Modelo ³	R ²
	0	1,5	3,0	4,5				
Heterófilos, %	62,88±10,48	52,52±8,63	56,22±10,74	58,38±8,20	0,05	17,14	$Y = 75,6 - 16,63x + 3,13x^2$	0,78
Eosinófilos, %	1,25±1,03	0,37±0,05	0,25±0,46	0,25±0,46	0,01	14,33	$Y = 1,31 - 0,312x$	0,70
Basófilos, %	5,25±1,90	4,62±1,92	5,00±4,37	5,75±4,24	0,96	8,22	-	-
Linfócitos típicos, %	28,75±10,80	40,62±7,26	37,12±12,05	33,75±7,59	0,05	19,23	$Y = 13,135 + 20,2x - 3,81x^2$	0,84
Linfócitos atípicos, %	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
Monócitos, %	1,87±1,12	1,87±1,12	1,41±0,70	1,87±1,18	0,70	7,27	-	-

¹Tratamentos com médias na mesma linha apresentam diferenças significativas quando $p \leq 0,05$.

²CV - Coeficiente de variação.

³Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente.

12. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que o óleo de resíduo de tabaqui apresenta elevado valor energético (8.345,38 kcal/kg EMAn), configurando-se como uma alternativa viável para a alimentação de poedeiras comerciais. No entanto, sua inclusão em diferentes níveis influenciou significativamente parâmetros hematológicos, bioquímicos e imunológicos, com efeitos variáveis conforme a dosagem. Observou-se redução nos níveis de hemoglobina, eritrócitos e proteínas totais, enquanto o colesterol sérico aumentou linearmente, sugerindo alterações no metabolismo lipídico e proteico. Além disso, a modulação na contagem de leucócitos (heterófilos, eosinófilos e linfócitos) indica possíveis efeitos imunomodulatórios, que podem ser benéficos ou prejudiciais dependendo da concentração utilizada. Esses achados reforçam a importância de um balanceamento adequado na formulação de dietas com óleo de pescado, visando maximizar seus benefícios energéticos e nutricionais sem comprometer a saúde e o desempenho das aves. Portanto, recomenda-se estudos adicionais para otimizar os níveis de inclusão e avaliar os efeitos em longo prazo, garantindo a sustentabilidade e eficiência dessa alternativa na avicultura.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD EL-HACK, M.E.; EL-SAADONY, M.T.; SWELUM, A.A. Omega-3 fatty acids and immune response in poultry. **Poultry Science**, v. 101, n. 2, p. 1-10, 2022.
- Abdulla NR, Loh TC, Akit H, Sazili AQ, Foo HL, Mohamad R, Abdul Rahim R, Ebrahimi M, Sabow AB. Fatty acid profile, cholesterol and oxidative status in broiler chicken breast muscle fed different dietary oil sources and calcium levels. *S Afr J Anim Sci*. 2015; 45(2): 153-163. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v45i2.6>
- Abo Egila NSH, Dosoky WM, Khisheerah NSM, Ahmed MH, Zahran SM, Almohmadi NH, Abusudah WF, Kamal M, Moustafa M, Tellez-Isaias G, Al-Shehri M, Abd El-Hack ME. Does dietary linseed or canola oil affect lipid metabolism, immunity, and n-3 polyunsaturated fatty acids content in quail eggs? *Poult Sci*. 2023; 102(12):103116. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103116>
- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal (2024). Produção e exportação da avicultura e da suinocultura devem registrar alta em 2024, projeta ABPA. Acessado dia 28 de maio de 2024. Link de acesso: <https://abpa-br.org/noticias/producao-e-exportacao-da-avicultura-e-da-suinocultura-devem-registrar-alta-em-2024-projeta-abpa/>
- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal (2024). Disponível em: <https://abpa-br.org/>. Acesso em: 25 de abril de 2024.
- ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal (2023). Produção de ovos no Brasil. Disponível em: <https://www.abpa-br.org.br/estatisticas/>
- Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Abd El-Hack, M. E., Barkat, R. A., Gabr, A. A., ... & Dhama, K. (2021). Potential role of important nutraceuticals in poultry performance and health-A comprehensive review. *Research in veterinary science*, 137, 9-29.
- ALAGAWANY, M.; ELNESR, S.S.; FARAG, M.R. The role of omega-3 fatty acids in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 77, n. 2, p. 1-15, 2021.
- Altaçlı S, Bingöl T, Deniz S, Bolat D, Kale Ç, Özkan F. Effects on performance, egg quality criteria and cholesterol level of adding different ratios flaxseed oil instead of sunflower oil to compound feed of laying hens. *J Agric Sci*. 2022; 28(1): 107-114. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.788824>
- ALTAMIRANO, E.I.; BULFON, M.; BEE DE SPERONI, N. Histología del ovario y ciclo reproductivo de columbina picui (Temminck, 1813) (Aves: Columbidae) en Córdoba, Argentina. *Revista peruana de Biología*, v. 16, n. 1, p. 61-66, 2009.

Andretta I, Hickmann FMW, Remus A, Franceschi CH, Mariani AB, Orso C, Kipper M, Létourneau-Montminy MP, Pomar C. Environmental impacts of pig and poultry production: insights from a systematic review. *Front Vet Sci.* 2021; 8:750733. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.750733>

ANDREWS, N.C. Disorders of iron metabolism. **New England Journal of Medicine**, v. 341, n. 26, p. 1986-1995, 1999.

ARIDE, P.H.R.; OLIVEIRA, A.M.; BATISTA, R.B.; FERREIRA, M.S.; PANTOJA-LIMA, J.; LADISLAU, D.S.; CASTRO, P.D.S.; OLIVEIRA, A.T. Changes on physiological parameters of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed with diets supplemented with Amazonian fruit Camu (*Myrciaria dubia*). **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 2, p. 360-367, 2018.

Arshad MS, Anjum FM, Khan MI, Shahid M. Wheat germ oil and α -lipoic acid predominantly improve the lipid profile of broiler meat. *J Agric Food Chem.* 2013; 61(46): 11158-11165. <https://doi.org/10.1021/jf4041029>

Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21^a ed. Rockville: AOAC, 2019.

Attia YA, Rahman MT, Hossain MJ, Basiouni S, Khafaga AF, Shehata AA, Hafez HM. Poultry production and sustainability in developing countries under the COVID-19 crisis: lessons learned. *Animals.* 2022; 12(6):644. <https://doi.org/10.3390/ani12050644>

ATTIA, Y.A.; AL-HARTHI, M.A.; ABOU-SHEHEMA, B.M. Effect of dietary fish oil on hematological and biochemical parameters in broiler chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n. 1, p. 1-10, 2020.

AWAD, W.A.; GHAREEB, K.; ABDEL-RAHEEM, S.; BÖHM, J. Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Science*, v. 88, n. 1, p. 428-434, 2009.

Banaszkiewicz T, Białek A, Tokarz A, Kaszperuk K. Effect of dietary grape and pomegranate seed oil on the post-slaughter value and physicochemical properties of muscles of broiler chickens. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2018; 17(3): 199-209. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.0563>

Barbut S, Leishman EM. Quality and processability of modern poultry meat. *Animals.* 2022; 12(20):2766. <https://doi.org/10.3390/ani12202766>

BATALHA, O.S.; ALFAIA, S.S.; CRUZ, F.G.G.; JESUS, R.S.; RUFINO, J.P.F.; COSTA, V.R. Digestibility and physico-chemical characteristics of acid silage meal made of

pirarucu waste in diets for commercial laying hens. *Acta Scientiarum-Animal Sciences*, v. 39, n. 3, p. 251-257, 2017.

BATALHA, O.S.; ALFAIA, S.S.; CRUZ, F.G.G.; JESUS, R.S.; RUFINO, J.P.F.; SILVA, A.F. Pirarucu by-product acid silage meal in diets for commercial laying hens. *Braz. J. Poultry Science*, v. 20, p. 371-376, 2018.

Bavaresco C, Roll AAP, Stefanello TB, Lopes DCN, Xavier EG, Roll VFB. Organoleptic characteristics of eggs produced by Japanese quails fed with levels of by-products from the soybean oil industry. *Med Vet (UFRPE)*. 2020; 13(4): 604-612. <https://doi.org/10.26605/medvet-v13n4-3671>

Bialek A, Bialek M, Czerwonka M, Lepionka T, Tytz N, Kucharczyk K, Tober E, Kaszperuk K, Banaszkiewicz T. GIBLETS and abdominal fat of pomegranate seed oil fed chickens as a source of bioactive fatty acids. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2021; 105(3): 520-534. <https://doi.org/10.1111/jpn.13464>

Bialek A, Bialek M, Lepionka T, Kaszperuk K, Banaszkiewicz T, Tokarz A. The effect of pomegranate seed oil and grapeseed oil on cis-9, trans-11 CLA (rumenic acid), n-3 and n-6 fatty acids deposition in selected tissues of chickens. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2018; 102(4): 962-976. <https://doi.org/10.1111/jpn.12902>

Bialek A, Czerwonka M, Bialek M, Lepionka T, Kaszperuk K, Banaszkiewicz T, Tokarz A. Influence of pomegranate seed oil and grape seed oil on cholesterol content and fatty acids profile in livers of chickens. *Acta Pol Pharm*. 2017; 74(2): 624-632.

BORGHESI, R.; LIMA, L.K.F.; SANTOS, V.R.V.; LUIZ, D.B. Caracterização de resíduos gerados no beneficiamento industrial do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do Surubim (*Pseudoplatystoma* sp.). Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. 33p.

BORGHESI, R.; LIMA, L.K.F.; SANTOS, V.R.V.; LUIZ, D.B. Caracterização de resíduos gerados no beneficiamento industrial do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do Surubim (*Pseudoplatystoma* sp.). Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. 33p.

BRAZ, N.M. Líquido da castanha de caju como fonte de ácido anacárdico na alimentação de poedeiras comerciais. 2015. 93 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2015.

Brelaz KCBTR, Cruz FGG, Brasil RJM, Silva AF, Rufino JPF, Costa VR, Viana Filho GB. Fish waste oil in laying hens' diets. *Braz J Poult Sci*. 2019; 21:1-10. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1069>

Brelaz KCBTR, Cruz FGG, Rufino JPF, Brasil RJM, Silva AF, Santos ANA. Serum biochemistry profile of laying hens fed diets with fish waste oil. *Arq Bras Med Vet Zootec*. 2021; 73:223-230. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11704>

BRELAZ, K.C.B.T.R. Bioeficácia da inclusão do óleo de resíduo de pescado em rações de poedeiras comerciais. 2019. 99 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal - BIONORTE) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2019.

BRELAZ, K.C.B.T.R.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; BRASIL, R.J.M.; SILVA, A.F.; SANTOS, A.N.A. Serum biochemistry profile of laying hens fed diets with fish waste oil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 73, p. 223-230, 2021.

BRELAZ, K.C.B.T.R.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; BRASIL, R.J.M.; SILVA, A.F.; SANTOS, A.N.A. Serum biochemistry profile of laying hens fed diets with fish waste oil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 73, p. 223-230, 2021.

BRETAS, A.A.; TOMAZELLI, V. A importância da granulometria do calcário na produção e qualidade externa do ovo de aves de reposição: revisão. *Brazilian Journal of Development*, v. 4, n. 4, p. 1435-1448, 2018.

BUTTARELLO, Mauro; PLEBANI, Mario. Automated blood cell counts: state of the art. *American journal of clinical pathology*, v. 130, n. 1, p. 104-116, 2008.

CAMPBELL, T.W. Clinical Chemistry of Birds. In: Thrall, M.A. *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry*. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2004.

CÂNDIDO, R.S.; WATANABE, P.H.; OLIVEIRA, P.J.D.; ANGELIM, A.L.; DE FREITAS SIQUEIRA, A.; XIMENE, J.C.M.; FREITAS, E.R. Meat quality and performance of pigs fed diets with fish silage meal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 10, p. 905-913, 2017.

Cartoni Mancinelli A, Mattioli S, Twining C, Dal Bosco A, Donoghue AM, Arsi K, Angelucci E, Chiattelli D, Castellini C. Poultry meat and eggs as an alternative source of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids for human nutrition. *Nutrients*. 2022; 14(9):1969. <https://doi.org/10.3390/nu14091969>

Cedro, T. M. M., Calixto, L. F. L., Gaspar, A., & Hora, A. S. (2010). Teores de ácidos graxos em ovos comerciais convencionais e modificados com ômega-3. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1733-1739.

CHATTERJEE, S.; HADI, A.S. *Regression Analysis by Example*. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., 2006.

- CHERIAN, G. Nutrition and metabolism in poultry: role of lipids in early diet. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, v. 6, p. 28, 2015.
- Constantini M, Ferrante V, Guarino M, Bacenetti J. Environmental sustainability assessment of poultry productions through life cycle approaches: a critical review. *Trends Food Sci Technol*. 2021; 110:201-212. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.086>
- Costa, F. G. P., Souza, C. J. D., Goulart, C. D. C., Lima Neto, R. D. C., Costa, J. S. D., & Pereira, W. E. (2008). Performance and eggs quality in laying hens fed diets with soybean and canola oils. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1412-1418.
- CREXI, Valéria T.; SOUZA-SOARES, Leonor A.; PINTO, Luiz AA. Carp (*Cyprinus carpio*) oils obtained by fishmeal and ensilage processes: characteristics and lipid profiles. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 44, n. 8, p. 1642-1648, 2009.
- CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F. Formulação e fabricação de rações (aves, suínos e peixes). Manaus, Brasil: EDUA, 2017.
- DE OLIVEIRA, A.L.T.; SALES, R.O.; FREITAS, J.B.S.; LOPES, J.E.L. Alternativa sustentável para descarte de resíduos de pescado em Fortaleza. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. 6, n. 2, p. 1-16, 2012.
- DE SOUZA SANCHES, D.; KIEFER, C.; DE MORAES GARCIA, E.R. Dietas alternativas para aves e suínos: uma breve revisão. *Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica*, v. 2, n. 1, 2023.
- DIAZ GONZALEZ, F.H.; SCHEFFER, J.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. Doze leituras em bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre: LACVet, 2018.
- DIAZ GONZALEZ, F.H.; SILVA, S.C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2017. 541p.
- Donaldson J, Pillay K, Madziva MT, Erlwanger KH. The effect of different high-fat diets on erythrocyte osmotic fragility, growth performance and serum lipid concentrations in male, Japanese quail (*Coturnix japonica*). *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2015; 99(2):281-9. <https://doi.org/10.1111/jpn.12250>
- DORMANN, C.F.; ELITH, J.; BACHER, S.; BUCHMANN, C.; CARL, G.; CARRÉ, G.; MARQUÉZ, J.R.G.; GRUBER, B.; LAFOURCADE, B.; LEITÃO, P.J.; MÜNKEMÜLLER, T.; MCCLEAN, C.; OSBORNE, P.E.; REINEKING, B.; SCHRÖDER, B.; SKIDMORE, A.K.; ZURELL, D.; LAUTENBACH, S. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, v. 36, p. 27-46, 2013

- DUKE, G.E. Fisiologia aviária e nutrição. Boca Raton, FL: CRC Press, 1997.
- DZIEDZIC, E. Cultural services as a factor of competitiveness of a tourist offer of a city – conceptualization and possibilities of measuring. **Research Papers of Wrocław University of Economics**, v. 379, p. 210-217, 2015.
- Ekine OA, Dick TS, George OS. Effect of varying levels of soybean oil on performance, hematology, and serum biochemical indices of laying hens. *Niger J Anim Sci.* 2020; 22(2):235-239.
- El-Katcha, M. I., Soltan, M. A., El-Banoby, M., & El-Naggar, K. (2021). Essential oils and sodium butyrate supplementation in broilers: effect on growth, nutrients digestibility, intestinal morphology, and blood biochemistry.
- EL-KATCHA, M.I.; SOLTAN, M.A.; EL-BADRY, M. Impact of dietary fish oil on lipid metabolism in broiler chickens. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2021.
- EL-SABROUT, K.; KHALIFAH, A.; ABD EL-HACK, M.E. Immunomodulatory effects of omega-3 fatty acids in poultry. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 105, n. 1, p. 1-12, 2021.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2020). Tambaqui: Benefícios econômicos com a adoção do tambapplus parentesco. Comunicado técnico nº04. Palmas (TO): EMBRAPA, 2020. 18p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Avicultura de postura no Brasil: desafios e perspectivas**, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/avicultura-de-postura-no-brasil-desafios-e-perspectivas/>
- Engberg RM, Børsting CF. Inclusion of oxidized fish oil in mink diets. 2. The influence on performance and health considering histopathological, clinical-chemical, and hematological indices. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 1994; 72:146-157. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1994.tb00381.x>
- Engberg RM, Lauridsen C, Jensen SK, Jakobsen K. Inclusion of oxidized vegetable oil in broiler diets: its influence on nutrient balance and on the antioxidative status of broilers. *Poult Sci.* 1996; 75:1003-1011. <https://doi.org/10.3382/ps.0751003>
- Eyng, C., Nunes, C. G. V., Nunes, R. V., Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Vieites, F. M., & Pozza, P. C. (2011). Chemical composition, energy values and true digestibility of amino acids of meat and bone meal and fish meal for poultry. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 575-580.FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

(2023). Consumo de ovos per capita. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

FAEA - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Amazonas. **Avicultura de postura cresce no Amazonas**, 2023. Disponível em: <https://www.faea.org.br/noticias/avicultura-de-postura-cresce-no-amazonas/>

Faitarone A, Garcia E, Roça R, Andrade E, Vercese F, Pelícia K. Yolk color and lipid oxidation of the eggs of commercial white layers fed diets supplemented with vegetable oils. *Braz J Poult Sci*. 2016; 18(1): 09-16. <https://doi.org/10.1590/1516-635X1801009-016>

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (2023). **Consumo de ovos per capita**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

FAO. (2018). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the Sustainable Development Goals**. Rome: FAO.

Feltes, M.M.C.; Correia, J.F.G.; Beirão, L.H.; Block, J.M.; Ninow, J.L.; Spiller, V.R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 669-677, 2010.

FERREIRA, C.S.M.; DA SILVA, E.C.; DE SOUSA GASPAR, F.D.; VENEZA, I.B. Buriti pie (*Mauritia flexuosa*) as an alternative ingredient in rations for juveniles of Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e24510817345, 2021.

FLOROU-PANERI, P.; NIKOLAKAKIS, I.; GIANNEAS, I.; KOIDIS, A.; BOTSOGLOU, E.; DOTAS, V.; MITSOPOULOS, I. Hen performance and egg quality as affected by dietary oregano essential oil and alpha-tocopheryl acetate supplementation. *International Journal of Poultry Science*, v. 4, n. 7, p. 449-454, 2005.

FONTENELE-NETO, J.D. Morfofisiologia da reprodução das aves: desenvolvimento embrionário, anatomia e histologia do sistema reprodutor. *Acta Veterinaria Brasilica*, v. 6, n. 3, p. 165-176, 2012.

Franczyk-Żarów M, Szymczyk B, Kostogrys RB. Effects of dietary conjugated linoleic acid and selected vegetable oils or vitamin E on fatty acid composition of hen egg yolks. *Ann Anim Sci*. 2019; 19(1): 173-188. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0052>

FRANZINI, B.D.; CRUZ, L.C.F.; SAMPAIO, S.A.; BORGES, K.F.; BARRO, S H.S.S.; SANTANA, F.X.C.; GOUVEIA, A.B.V.S.; PAULO, L.M.; MINAFRA, C.S. Indicadores sanguíneos hematológicos e hormonais do estresse na avicultura. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 3, p. e16111326303-e16111326303, 2022.

FREITAS, B.K.M. **Consumo de ração, conversão alimentar e ganho de peso em frangos de corte alimentados com óleos ácidos: revisão sistemática e meta-análise em rede**. 2021. 75 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

Gatlin, D.M.; Barrows, F.T.; Brown, P.; Dabrowski, K.; Gaylord, T.G.; Hardy, R.W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, A.; NELSON, R.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E.J.; STONE, D.; WILSON, R.; WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 6, p. 551-579, 2007.

GAVIRIA G, Y.S.; LONDOÑO F, L.F.; ZAPATA M, J.E. Effects of chemical silage of red tilapia viscera (*Oreochromis* spp.) as a source of protein on the productive and hematological parameters in isa-brown laying hens (*Gallus domesticus*), **Heliyon**, v. 6, n. 12, p. e05831, 2020.

Gharagozloo A, Kheiri F, Nasr J, Faghani M. Effect of pomegranate seed oil on egg production, egg quality and yolk fatty acid deposition in laying hen. *Vet Med Sci*. 2023; 9(6): 2755-2762. <https://doi.org/10.1002/vms3.1296>

GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.; BROSIUS, E. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 56, p. 35-39, 1971.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SANTOS, A. P. Patologia Clínica Veterinária. In: II Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil, 2005, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre, 91 p. 2005.

Gregory MK, Geier MS, Gibson RA, James MJ. Effect of dietary canola oil on long-chain omega-3 fatty acid content in broiler hearts. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*. 2014; 98(2):235-8. <https://doi.org/10.1111/jpn.12072>

GUTIÉRREZ-CASTRO, L.L.; CORREDOR-MATUS, J.R. Evaluation of blood parameters and immune response in broilers fed with probiotics. **La Revista Veterinaria y Zootecnia**, v. 11, n. 2, p. 81-92, 2017.

HANNA, A.C.S.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; TANAKA, E.S.; CHAGAS, E.O.; MELO, J.B.S. Bioefficacy of the copaiba oil (*Copaifera* sp.) in diets of laying hens in the second production cycle in humid tropical climate. **International Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 11, p. 647-652, 2013.

- IDAM - Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (2023). **Avicultura de postura no Amazonas**. Disponível em: <https://www.idam.am.gov.br/noticias/avicultura-de-postura-no-amazonas/>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>. Acesso em: 26 de março de 2025.
- JIANG, Z.; AHN, D.; SIM, J.S.D. Effect of feeding flax and two types sunflower seeds on fatty acid compositions of yolk lipid classes. *Poultry Science*, v. 70, p. 2467-2475, 1991.
- Jing M, Zhao S, House JD. Performance and tissue fatty acid profile of broiler chickens and laying hens fed hemp oil and HempOmega™. *Poult Sci*. 2017; 96(6): 1809-1819. <https://doi.org/10.3382/ps/pew476>
- Józefiak D, Kierończyk B, Rawski M, Hejdysz M, Rutkowski A, Engberg RM, Højberg O. Clostridium perfringens challenge and dietary fat type affect broiler chicken performance and fermentation in the gastrointestinal tract. *Animal*. 2014; 8(6): 912-22. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000536>
- Junqueira, O. M., Andreotti, M. D. O., Araújo, L. F., Duarte, K. F., Cancherini, L. C., & Rodrigues, E. A. (2005). Energetic value of some fat sources determined for broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 2335-2339.
- KARA, K.; OUANJI, F.; LOTFI, E.M.; MAHI, M.E.; KACIMI, M.; ZIYAD, M. Biodiesel production from waste fish oil with high free fatty acid content from Moroccan fish-processing industries. *Egyptian Journal of Petroleum*, v. 27, n. 2, p. 249-255, 2018.
- Kartikasari L, Geier M, Hughes R, Bastian S, Gibson R. Assessment of omega-3 and omega-6 fatty acid profiles and ratio of omega-6/omega-3 of white eggs produced by laying hens fed diets enriched with omega-3 rich vegetable oil. *Open Agriculture*. 2024; 9(1), 20220274. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0274>
- KHAN, R.U.; NAZ, S.; DHAMA, K. The role of omega-3 fatty acids in poultry metabolism. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n. 1, p. 1-10, 2020.
- Kimura T, Linda K, Takei Y. Mechanism of adverse effect of air-oxidized soybean oil-feeding in rats. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 1984; 30:125-133. <https://doi.org/10.3177/jnsv.30.125>
- KLASING, K.C. Comparative Avian Nutrition. CABI Publishing, 1998.
- KLASING, K.C. Nutrition and the immune system. **British Poultry Science**, v. 48, n. 5, p. 525-537, 2007.

- KOGUT, M.H.; KLASING, K. An immunologist's perspective on nutrition, immunity, and infectious diseases: Introduction and overview. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, n. 1, p. 103-110, 2009.
- KOKOSHAROV, T. Changes in the white blood cells and specific phagocytosis in chicken with experimental acute fowl typhoid. *Veterinarski arhiv*, v. 68, n. 1, p. 33-38, 1998.
- Kostogrys RB, Filipiak-Florkiewicz A, Dereń K, Drahun A, Czyżyńska-Cichoń I, Cieślik E, Szymczyk B, Franczyk-Żarów M. Effect of dietary pomegranate seed oil on laying hen performance and physicochemical properties of eggs. *Food Chem.* 2017; 221: 1096-1103. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.051>
- Kralik G, Kralik Z, Hanžek D. The effect of vegetable oils and the fish oil on the fatty acid profile in egg yolks. *Poljoprivreda.* 2020; 26: 79-87. <https://doi.org/10.18047/poljo.26.2.10>
- KUANA, S.; SANTOS, L.; RODRIGUES, L.; BORSOI, A.; MORAES, H.; SALLE, C.; NASCIMENTO, V. Risk factors and likelihood of *Campylobacter* colonization in broiler flocks. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 9, n. 3, p. 201-204, 2007
- KURNIAWAN, S.B.; AHMAD, A.; IMRON, M.F.; ABDULLAH, S.R.S.; OTHMAN, A.R.; HASAN, H.A. Achieving a biocircular economy in the aquaculture sector through waste valorization. *Toxics*, v. 13, n. 2, p. 131, 2025.
- Lai MMC, Zhang HA, Kitts DD. Ginseng prong added to broiler diets reduces lipid peroxidation in refrigerated and frozen stored poultry meats. *Molecules.* 2021; 26(13): 4033. <https://doi.org/10.3390/molecules26134033>
- LASO, J.; MARGALLO, M.; CELAYA, J.; FULLANA, P.; BALA, A.; GAZULLA, C.; IRABIEN, A.; ALDACO, R. Waste management under a life cycle approach as a tool for a circular economy in the canned anchovy industry. *Waste Management and Research*, v. 34, n. 8, p. 724-733, 2016.
- Laudadio V, Ceci E, Lastella NM, Tufarelli V. Dietary high-polyphenols extra-virgin olive oil is effective in reducing cholesterol content in eggs. *Lipids Health Dis.* 2015; 14: 5. <https://doi.org/10.1186/s12944-015-0001-x>
- Liu J, Zhao L, Zhao Z, Wu Y, Cao J, Cai H, Yang P, Wen Z. Rubber (*Hevea brasiliensis*) seed oil supplementation attenuates immunological stress and inflammatory response in lipopolysaccharide-challenged laying hens. *Poult Sci.* 2022; 101(9): 102040. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102040>
- LOGAN, M. Biostatistical design and analysis using R: a practical guide. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., 2010.

- Magubane MM, Lembede BW, Erlwanger KH, Chivandi E, Donaldson J. Fat absorption and deposition in Japanese quail (*Coturnix japonica*) fed a high fat diet. *J S Afr Vet Assoc.* 2013; 84(1):E1-7. <https://doi.org/10.4102/jsava.v84i1.384>
- Manterys A, Franczyk-Zarow M, Czyzynska-Cichon I, Drahun A, Kus E, Szymczyk B, Kostogrys RB. Haematological parameters, serum lipid profile, liver function and fatty acid profile of broiler chickens fed on diets supplemented with pomegranate seed oil and linseed oil. *Br Poult Sci.* 2016; 57(6): 771-779. <https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1219977>
- MARTINS, R.A.; ASSUNÇÃO, A.S.A.; LIMA, H.J.D.; MARTINS, A.C.S.; SOUZA, L.A.Z. Óleo de soja e sebo bovino na ração de poedeiras semipesadas criadas em regiões de clima quente. *Boletim da Indústria Animal*, v, 74, n. 1, p. 51-57, 2017.
- Mašek T, Starčević K, Filipović N, Stojević Z, Brozić D, Gottstein Z, Severin K. Tissue fatty acid composition and estimated Δ desaturase activity after castration in chicken broilers fed with linseed or sunflower oil. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2014; 98(2): 384-92. <https://doi.org/10.1111/jpn.12114>
- MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W. The metabolizable feed ingredients for chickens. Connecticut: University of Connecticut, 1965.
- Mech A, Suganthi U, Rao NBS, Sejian V, Soren M, David C, Awachat V, Kadakol V. Effect of dietary supplementation of linseed oil and natural antioxidants on production performance, fatty acid profile, and meat lipid peroxidation in broilers. *Asian J Dairy Food Res.* 2021; 40(1):62-68. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1592>
- MELILLO, A. Applications of serum proteinelectrophoresis in exotic pet medicine. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, v. 16, p. 211-225, 2013.
- MIELE, M.; ALMEIDA, M.M.T.B. **Caracterização da avicultura no Brasil a partir do Censo Agropecuário 2017 do IBGE**. Documentos 241. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 2023. 48p.
- Mohamed G, Raouf KS, Abdelkader B. Effect of dietary sunflower oil incorporation on laying performances and egg quality of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Adv Anim Vet Sci.* 2024; 12(7): 1281-1285. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2024/12.7.1281.1285>
- MOON, Y.S. Lipid metabolism and fatty liver in poultry. **Korean Journal of Poultry Science**, v. 45, n. 2, p. 109-118, 2018.
- Mousavi A, Mahdavi AH, Riasi A, Soltani-Ghombavani M. Synergistic effects of essential oils mixture improved egg quality traits, oxidative stability, and liver health indices in

- laying hens fed fish oil. *Anim Feed Sci Technol.* 2017; 234:162-172. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.001>
- Movahedi F, Nirmal N, Wang P, Jin H, Grondahl L, Li L. Recent advances in essential oils and their nanoformulations for poultry feed. *J Anim Sci Biotechnol.* 2024; 15(110):1-10. <https://doi.org/10.1186/s40104-024-01067-8>
- Neijat M, Suh M, Neufeld J, House JD. Increasing levels of dietary hempseed products leads to differential responses in the fatty acid profiles of egg yolk, liver and plasma of laying hens. *Lipids.* 2016; 51(5): 615-33. <https://doi.org/10.1007/s11745-016-4146-9>
- Njembe MTN, Dormal E, Gardin C, Mignolet E, Debier C, Larondelle Y. Effect of the dietary combination of flaxseed and *Ricinus communis* seed oil or *Punica granatum* seed oil on the fatty acid profile of eggs. *Food Chem.* 2021; 344:128668. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128668>
- NRC-National Research Council. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp.** Washington, DC: The National Academies Press, 2011.
- NRC-National Research Council. **Nutrient requirements of poultry.** 9th rev. ed. Washington, DC: National Academy Press, 1994.
- Oketch EO, Wickramasuriya SS, Oh S, Choi JS, Heo JM. Physiology of lipid digestion and absorption in poultry: an updated review on the supplementation of exogenous emulsifiers in broiler diets. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 2023; 107:1429-1443. <https://doi.org/10.1111/jpn.13859>
- OLIVEIRA FILHO, P.A.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; SILVA, E.M.; VIANA FILHO, G.B.; SILVA, F.M.F. Requirement of digestible methionine + cystine to molted laying hens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, p. 1-8, 2019.
- Oliveira, D. D., Baião, N. C., Cançado, S. V., Figueiredo, T. C., Lara, L. J. C., & Lana, A. M. Q. (2010). Lipids sources on layer hen diet: performance and egg quality. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62, 718-724.
- REBAR, A.H. *Guia de Hematologia para cães e gatos.* São Paulo: Editora Roca Ltda, 2003.
- Orczewska-Dudek S, Pietras M, Puchala M, Nowak J. Oil and camelina cake as sources of polyunsaturated fatty acids in the diets of laying hens: effect on hen performance, fatty acid profile of yolk lipids, and egg sensory quality. *Ann Anim Sci.* 2020; 20(4): 1365-1377. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0047>
- Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, Shamseer L, Tetzlaff JM, Aki EA, Brennan SE, Chou R, Glanville J, Grimshaw JM, Hrobjartsson A, Lalu MM, Li T, Loder EW, Mayo-Wilson E, McDonald S, McGuinness LA, Moher D. The

- PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021; 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Qasim AA, Bandr LK, Alkhilani FM. Effect of adding dietary conjugated linoleic acid to broiler diets on production performance and fatty acid content in meat. *Pak J Nutr*. 2017; 16(7): 497-501. <https://doi.org/10.3923/pjn.2017.497.501>
- Ravindran V, Tanchaoenrat P, Zaefarian F, Ravindran G. Fats in poultry nutrition: digestive physiology and factors influencing their utilisation. *Anim Feed Sci Technol*. 2016; 213:1-21. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.01.012>
- REZENDE, M.S.; SILVA, P.L.; GUIMARÃES, E.C.; LELLIS, C.G.; MUNDIM, A.V. Variações fisiológicas, influência da idade e sexo no perfil bioquímico sanguíneo de aves da linhagem pesada de frango de corte na fase de recria. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 71, n. 05, p. 1649-1658, 2019.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; CALDERANO, A.A.; HANNAS, M.I.; SAKOMURA, N.K.; COSTA, F.G.P.; ROCHA, G.C.; SARAIVA, A.; ABREU, M.L.T.; GENOVA, J.L.; TAVERNARI, F.C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição dos alimentos e exigências nutricionais**. 5ª ed. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2024.
- ROTAVA, R. ZANELLA, I.; KARKOW, A.K.; DULLIUS, A.P.; SILVA, L.P.; DENARDIN, C.C. Bioquímica sanguínea de frangos de corte alimentados com subprodutos da uva. *Agrarian*, v. 1, n. 1, p. 91-104, 2008.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2016.
- Saleh AA. Effects of fish oil on the production performances, polyunsaturated fatty acids, and cholesterol levels of yolk in hens. *Emirates J Food Agric*. 2013; 25(8):605. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i8.14005>
- SANTOS, V.L.; RODRIGUES, T.A.; ANCIUTI, M.A.; RUTZ, F. Ácidos graxos poli-insaturados na dieta de poedeiras: impactos sobre a qualidade dos ovos e saúde humana. *Medicina Veterinária*, v. 13, n. 3, p. 406-415, 2019.
- SCHMIDT, E.; LOCATELLI -DITTRICH, R.; SANTIN, E.; PAULILLO, A. Clinical pathology in poultry – A tool to improve poultry health – a review. *Archives of Veterinary Science*, v. 12, n. 3. p. 9-20, 2007.
- Shafey, T.M.; Al-Batshan, H.A.; Farhan, A.M.S. The effect of dietary flaxseed meal on liver and egg yolk fatty acid profiles, immune response and antioxidant status of laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, v. 14, n. 3.

- Shoaib M, Bhatti SA, Nawaz H, Saif-ur-Rehman M. Effect of different fat sources and energy levels on growth performance, nutrient digestibility and meat quality in broiler chicks. *JAPS*. 2021; 31(5): 1252-1262. <https://doi.org/10.36899/JAPS.2021.5.0325>
- Siddaway AP, Wood AM, Hedges LV. How to do a systematic review: a best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. *Annu Rev Psychol*. 2018; 70(1). <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>
- SILVA, I.M.M.; BALIZA, M.; SANTOS, M.P.; REBOUÇAS, L.T.; ROCHA, E.V.S.; SANTOS, V.A.; SILVA, R.M.; EVÊNCIO-NETO, J. Presença de *Escherichia coli* em fígados de frangos provenientes de matadouros avícolas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 13, p. 694-700, 2012.
- SURAI, P.F.; KOCHISH, I.I.; FISININ, V.I. Omega-3 fatty acids in poultry nutrition: A review. ***Animals (Basel)***, v. 11, n. 3, p. 1-15, 2021.
- SWENSON, M; O'REECE, W. Dukes. *Fisiologia dos animais domésticos*. Cornell University Press, 1996.
- VOIGT, G.L. *Conceptos y Técnicas Hematológicas para Técnicos Veterinários*. Zaragoza: Acribia, 2003. 144p.
- Wanzenböck E, Schreiner M, Zitz U, Figl S, Kneifel W, Schedle K. Digestibility and nutrient retention of a wheat bran-containing diet containing two vegetable oil sources applied to laying hens with emphasis on prefeeding period. *Die Bodenkultur: J Land Manag Food Environ*. 2018; 69(4): 239-247. <https://doi.org/10.2478/boku-2018-0020>
- Wen Z, Wu Y, Qi Z, Li X, Li F, Wu X, Yang P. Rubber seed oil supplementation enriches n-3 polyunsaturated fatty acids and reduces cholesterol contents of egg yolks in laying hens. *Food Chem*. 2019; 301:125198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125198>
- Wickramasuriya SS, Park I, Lee K, Lee Y, Kim WH, Nam H, Lillehoj HS. Role of physiology, immunity, microbiota, and infectious diseases in the gut health of poultry. *Vaccines*. 2022; 10(2):172. <https://doi.org/10.3390/vaccines10020172>
- YANG, A.; ZHANG, C.; ZHANG, B.; WANG, Z.; ZHU, L.; MU, Y.; WANG, S.; QI, D. Effects of dietary cottonseed oil and cottonseed meal supplementation on liver lipid content, fatty acid profile and hepatic function in laying hens. *Animals (Basel)*, v. 11, n. 1, p. 78, 2021.
- Yaseen G, Sarfraz MA, Naveed S, Ahmad F, Bibi F, Irshad I, Asif M, Pasha TN, Qaisrani SN. Effects of thermally oxidized vegetable oil on growth performance and carcass characteristics, gut morphology, nutrients utilization, serum cholesterol and meat fatty acid profile in broilers. *Catalysts*. 2021; 11(12): 1528. <https://doi.org/10.3390/catal11121528>

- Zhang J, Chen J, Yang J, Gong S, Zheng J, Xu G. Effects of lard and vegetable oils supplementation quality and concentration on laying performance, egg quality and liver antioxidant genes expression in hy-line brown. *Animals (Basel)*. 2021; 11(3): 769. <https://doi.org/10.3390/ani11030769>
- ZHANG, C.; LI, J.; WANG, T. Effects of fish oil supplementation on serum biochemical parameters in poultry. *Poultry Science*, v. 101, n. 3, p. 1-8, 2022.
- ZHANG, Z.F.; KIM, I.H. Effects of dietary olive oil on egg quality, serum cholesterol characteristics, and yolk fatty acid concentrations in laying hens. **Journal of Applied Animal Research**, v. 42, n. 2, p. 233-237, 2013.
- Zhong X, Gao S, Wang JJ, Dong L, Huang J, Zhang LL, Wang T. Effects of linseed oil and palm oil on growth performance, tibia fatty acid and biomarkers of bone metabolism in broilers. *Br Poult Sci*. 2014; 55(3): 335-42. <https://doi.org/10.1080/00071668.2014.891097>
- Zorrilla IMG, Bernuy-Osorio ND, Zea Mendoza O, Yabar Villanueva EF, Vélchez-Perales C. Effects of fat sources on liver characteristics and intestinal morphometry in an early-life animal model. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2023; 40(4): 459-465. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2023.404>